



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

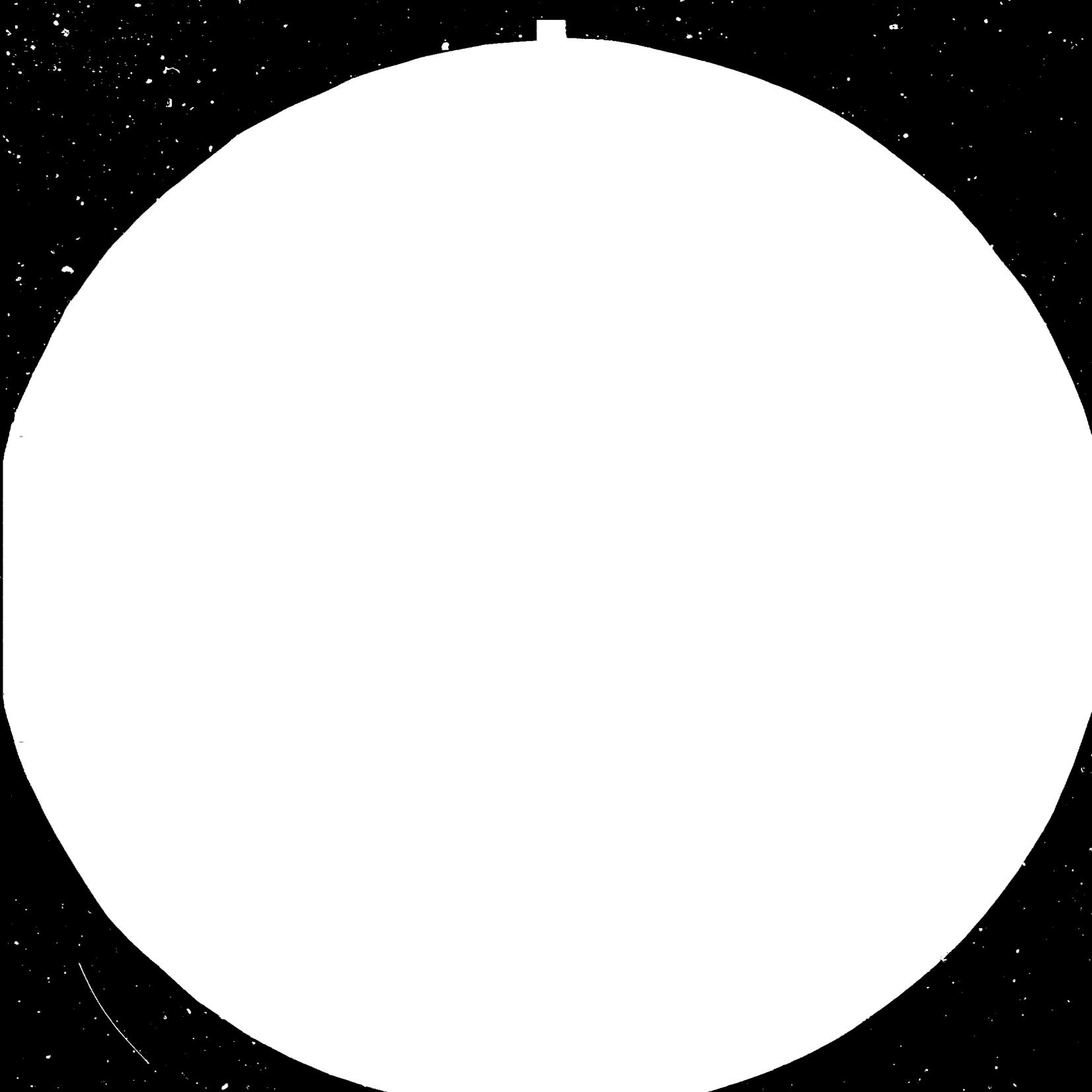
## FAIR USE POLICY

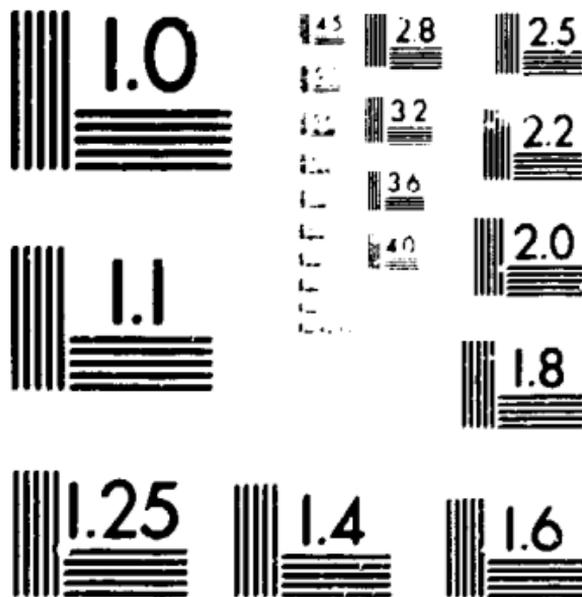
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
 STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a  
 (ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

11766 - S

Serie "Desarrollo y transferencia de tecnología"

Núm. **16**

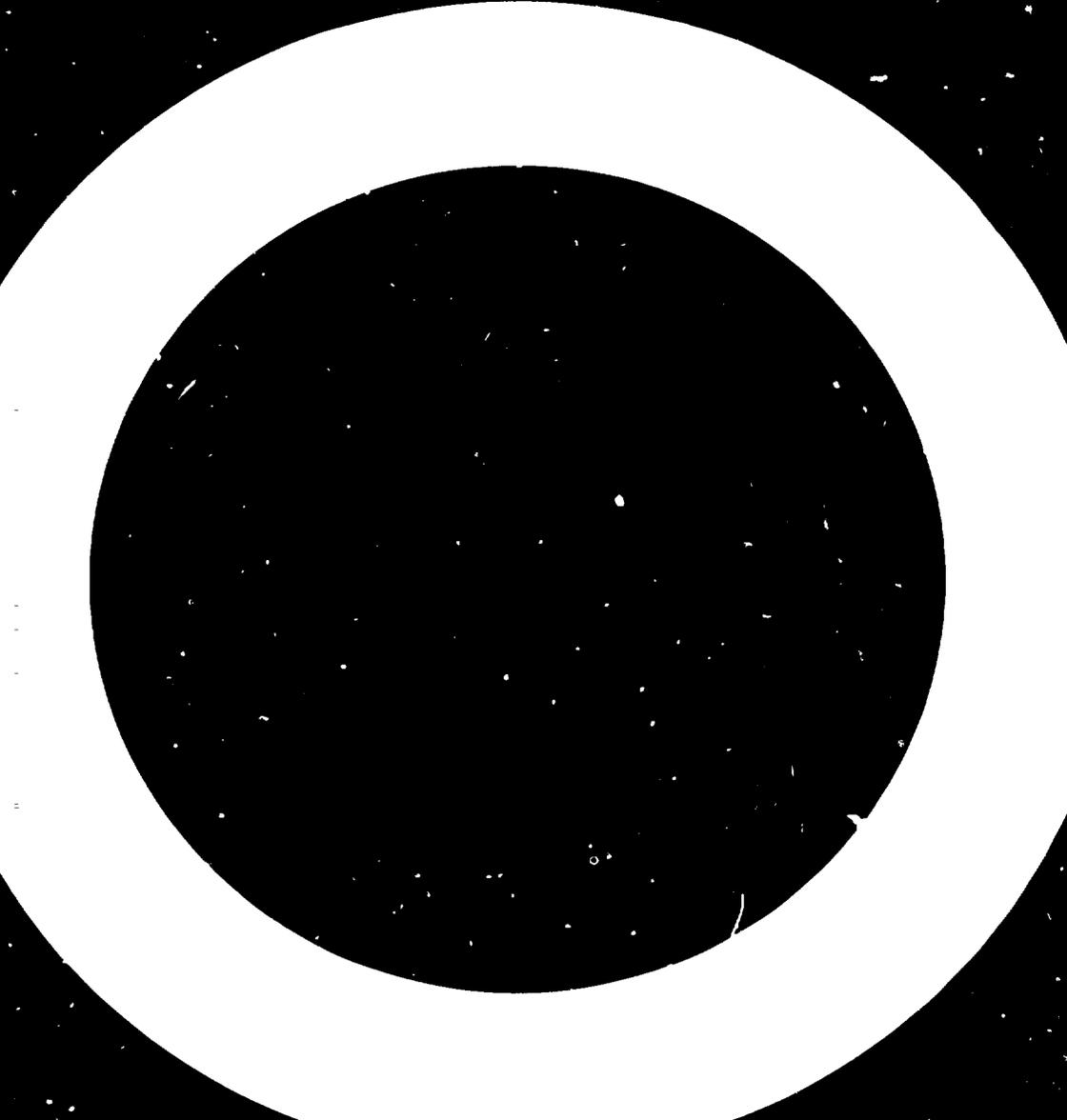
**PLANTAS  
DE DESARROLLO  
DE PRODUCCION  
METALURGICA**

11/271

1984



**PLANTAS DE DESARROLLO DE PRODUCCION METALURGICA**





**ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL**

**Viena**

**Serie "Desarrollo y transferencia de tecnología", núm. 16**

**PLANTAS DE DESARROLLO  
DE  
PRODUCCION METALURGICA**



**NACIONES UNIDAS**  
**Nueva York, 1984**

Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

El material que aparece en esta publicación se podrá citar o reproducir con entera libertad, pero se agradecería que se mencionase su origen y que se enviase un ejemplar de la publicación en que figure la cita o la reproducción.

La mención de empresas en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de la ONUDI.

## Prefacio

El fortalecimiento de la industria metalúrgica en los países en desarrollo es fundamental para apoyar sus esfuerzos de desarrollo industrial. Sin ella es difícil imaginar una independencia tecnológica viable de los países en desarrollo frente a los países industrializados.

Para ofrecer a los países en desarrollo la posibilidad de crear y fortalecer esta industria, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) ha ideado, con el apoyo financiero del Gobierno de Italia, una instalación prototipo denominada planta de desarrollo de producción metalúrgica (PDPM). Los trabajos fueron realizados por la ONUDI y la FIAT Engineering S.A., Turín, Italia. Los objetivos principales de la PDPM son;

- a) Crear la capacidad de producir, así como adaptar y eventualmente sustituir productos metálicos, componentes y piezas de repuesto que son objeto de importación;
- b) Proporcionar herramientas y moldes para las operaciones de transformación del metal que se realizan en el país;
- c) Ayudar en la creación de los materiales necesarios para la fabricación de maquinaria para la metalurgia;
- d) Ser la base de una industria fundamental.

La finalidad de la PDPM es reducir el nivel de economía de escala en la fabricación de productos metálicos, componentes y piezas de repuesto con objeto de satisfacer las necesidades del país. Se destina tanto a las técnicas tradicionales como modernas de la transformación de metales, con la flexibilidad suficiente para tomar en consideración las necesidades específicas del país, como las fuerzas de trabajo disponibles, el tamaño del mercado y la orientación de la demanda. Las PDPM son plantas modulares que cuentan con instalaciones de forja, fundición, conformación de metales y maquinaria. Además, disponen de los servicios necesarios para la capacitación de cuadros de ingenieros, técnicos especializados y semiespecializados, y operarios para el sector industrial de transformación de metales.

Deberían utilizar esta publicación en primer lugar los planificadores y los encargados de la adopción de decisiones para evaluar la prioridad que debe concederse a los proyectos de PDPM en sus planes de desarrollo nacionales. El paso siguiente sería la preparación de un plan técnico de ejecución basado en un estudio técnico del mercado, que adaptaría el proyecto a los planes, las necesidades y las posibilidades financieras específicas del país. Seguidamente se elaboraría el plan de forma flexible para que pudiera responder a las necesidades del futuro. En otras palabras, la PDPM debería promoverse a una escala modesta, no demasiado ambiciosa y habría de funcionar como una especie de polo de desarrollo del sector de transformación del metal, especialmente en zonas alejadas donde con frecuencia es difícil obtener los servicios de una planta centralizada de mayores dimensiones.

Las personas interesadas en examinar con más detalle las posibilidades de diseño e instalación de una PDPM en el sector de transformación del metal de su país pueden ponerse en contacto con el Jefe de la Subdivisión de Desarrollo y Transferencia de Tecnología, Programa de Tecnología, Centro Internacional de Viena, P.O. Box 300, A-1400 Viena, Austria, directamente o a través del representante residente local del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

## NOTA EXPLICATIVA

Siempre que no se indique otra cosa, los costos son los estimados para septiembre de 1979.

La palabra "dólares" o el símbolo (\$) se refieren a dólares de los Estados Unidos.

El guión (-) puesto entre cifras que expresen años (por ejemplo, 1960-1965) indica que se considera el período completo, ambos años inclusive.

La palabra "tonelada" se refiere a la tonelada métrica, salvo indicación en contrario.

En los cuadros se emplean los siguientes signos:

Los puntos ( . . . ) indican que los datos faltan o no constan por separado.

La raya (—) indica que la cantidad es nula o despreciable.

Un espacio en blanco indica que el concepto de que se trata no es aplicable.

Es posible que los totales no representen una suma exacta, por haberse redondeado los números.

Además de las abreviaturas, símbolos y términos comunes y los aceptados por el Sistema Internacional de Unidades (SI), se emplean los siguientes:

### *Símbolos técnicos*

CO<sub>2</sub> anhídrido carbónico

O<sub>2</sub> oxígeno

SiO<sub>2</sub> sílice

### *Organización*

CEE Comunidad Económica Europea

### *Otra abreviatura*

PDPM planta de desarrollo de producción metalúrgica

## INDICE

| <i>Capítulo</i>   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| <b>I. EL CONCEPTO DE PLANTAS DE DESARROLLO DE PRODUCCION METALURGICA (PDPM)</b> .....   | 1             |
| <b>A. Necesidad de una infraestructura industrial</b> .....   | 1             |
| Procesos básicos .....  | 1             |
| Tecnología aplicada .....   | 1             |
| El efecto multiplicador .....   | 2             |
| Enfoque modular de las PDPM .....   | 2             |
| La producción de piezas .....   | 2             |
| <b>B. Justificación de la ayuda técnica para capacitación y ejecución</b> .....   | 3             |
| Actividades y producción .....  | 4             |
| Insumos .....   | 4             |
| <b>C. Plan de trabajo</b> .....   | 4             |
| Participación efectiva de la industria .....  | 5             |
| Organización .....  | 5             |
| <b>D. Necesidades financieras y de otra índole</b> .....  | 6             |
| Inversiones de capital .....  | 6             |
| Asistencia técnica .....  | 6             |
| Primer análisis de viabilidad .....   | 6             |
| <i>Apéndice. Vista general del mercado</i> .....  | 7             |
| <br>  |               |
| <b>II. CONFORMACION DE METALES</b> .....  | 10            |
| <b>A. Consideraciones generales sobre herramientas, matrices y plantas de prensado de metales para los países en desarrollo</b> ..... | 10            |
| <b>B. Tecnologías básicas de conformación</b> .....   | 10            |
| Conformación de chapas en frío .....  | 10            |
| Tecnología del estampado .....  | 11            |
| Forja .....   | 11            |
| <b>C. Productos</b> .....   | 14            |
| <b>D. Criterios generales para el diseño</b> .....  | 14            |
| La planta de producción .....   | 14            |
| Características de la planta .....  | 14            |
| El departamento de herramientas y matrices .....  | 14            |
| Departamento de prensado en caliente .....  | 14            |
| <b>E. La planta de producción</b> .....   | 14            |
| Edificios e instalaciones .....   | 15            |
| Superficie de los departamentos .....   | 15            |
| Personal .....  | 15            |
| <b>F. Maquinaria</b> .....  | 15            |
| Máquinas para trabajar la chapa .....   | 20            |
| Máquinas para herramientas y matrices .....   | 20            |
| Máquinas para el departamento de forja en caliente .....  | 21            |
| <b>G. Inversiones</b> .....   | 21            |
| <b>H. Capacitación</b> .....  | 22            |

| <i>Capítulo</i>  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| I. Plan preliminar de viabilidad .....   | 22            |
| Proyecciones financieras para el departamento de proyecto de chapa .....   | 22            |
| Proyecciones financieras para el departamento de herramientas .....  | 23            |
| Proyecciones financieras para el departamento de forjado en caliente .....   | 23            |
| <i>Apéndice I.</i> Tipos de matrices y productos relacionados con matrices .....                                   | 25            |
| <i>Apéndice II.</i> Detalles del equipo y de la superficie necesarios para la unidad de prensado de las PDPM ..... | 25            |
| <i>Apéndice III.</i> Detalle de los costos de capacitación .....   | 30            |
| <i>Apéndice IV.</i> Personal y costos de personal .....  | 32            |
| <i>Apéndice V.</i> Inversión y depreciación .....  | 33            |
| <br>   |               |
| III. FUNDICION .....   | 34            |
| A. Descripción de la planta de fundición propuesta .....   | 34            |
| Tecnología de la fundición .....   | 34            |
| Tipos de productos .....   | 34            |
| Planta y equipo .....  | 35            |
| Estimaciones en materia de inversiones .....   | 36            |
| Capacitación general .....   | 36            |
| Funcionamiento general .....   | 36            |
| Ingresos por concepto de servicios .....   | 37            |
| B. Adaptación a los países en desarrollo de los procesos de fundición .....  | 37            |
| Programa de producción .....   | 37            |
| Selección de métodos de fabricación y modelos .....  | 38            |
| Selección del equipo de producción de moldes de arena .....  | 38            |
| Métodos de producción en macho de arena .....  | 47            |
| Selección del equipo de fundición .....  | 47            |
| Selección de métodos de recuperación de arena .....  | 50            |
| Operaciones de limpieza .....  | 56            |
| Fundición de metales no ferrosos .....   | 64            |
| <i>Apéndice I.</i> Costos de instalación estimados de la fundición .....   | 65            |
| <i>Apéndice II.</i> Costos de capacitación y asistencia técnica de la fundición .....                              | 67            |
| <i>Apéndice III.</i> Producción y personal de la fundición .....   | 70            |
| <i>Apéndice IV.</i> Gastos e ingresos de la fundición .....  | 72            |

### Cuadros

#### *Capítulo I*

|   |   |
|---|---|
| 1. Capacitación necesaria para las PDPM .....                 | 3 |
| 2. Planificación de las actividades de las PDPM .....         | 5 |
| 3. Necesidades de capital para dependencias de las PDPM ..... | 6 |

#### *Capítulo II*

|   |    |
|---|----|
| 4. Operaciones requeridas para la fabricación de matrices .....                                     | 12 |
| 5. Superficie de diversos departamentos de la planta de conformación de metales de las PDPM .....   | 20 |
| 6. Distribución del personal en el quinto año de producción .....                                   | 20 |
| 7. Instalación de máquinas por año .....  | 20 |
| 8. Calendario para la instalación de maquinaria en el departamento de herramientas y matrices ..... | 20 |
| 9. Inversiones totales necesarias en las PDPM .....   | 21 |
| 10. Inversión en talleres y oficinas .....  | 21 |
| 11. Costos de instalación del equipo .....  | 21 |
| 12. Costos de la maquinaria de las PDPM .....   | 21 |
| 13. Resumen de los costos de capacitación .....   | 22 |

|   | <i>Página</i> |
|---|---------------|
| 14. Departamento de prensado de láminas de metal: costos de explotación .....             | 23            |
| 15. Departamento de prensado de láminas de metal: ganancias y pérdidas .....              | 23            |
| 16. Departamento de herramientas y matrices: costos de explotación .....                  | 23            |
| 17. Departamento de herramientas y matrices: ganancias y pérdidas .....                   | 24            |
| 18. Departamento de forjado en caliente: costos de explotación .....                      | 24            |
| 19. Departamento de forjado en caliente: ganancias y pérdidas .....                       | 24            |
| 20. Necesidades de la unidad de prensado en materia de superficie y energía .....         | 25            |
| 21. Necesidades de superficie y energía del departamento de instrumentos y matrices ..... | 27            |
| 22. Necesidades de superficie y energía del departamento de prensado en caliente .....    | 29            |
| 23. Costos de capacitación no local .....   | 30            |
| 24. Programa de asistencia técnica para el departamento de chapa de las PDPM .....        | 31            |
| 25. Costos de capacitación local del departamento de chapa .....                          | 31            |
| 26. Costos de capacitación local del departamento de instrumentos y matrices .....        | 31            |
| 27. Resumen de los costos de capacitación .....   | 32            |
| 28. Personal para el departamento de prensado de chapa .....                              | 32            |
| 29. Personal para el departamento de instrumentos y matrices .....                        | 32            |
| 30. Costos de personal para el departamento de prensado de chapa .....                    | 32            |
| 31. Costos de personal para el departamento de instrumentos y matrices .....              | 33            |
| 32. Inversión y amortización (departamento de prensado de chapa) .....                    | 33            |
| 33. Inversión y amortización (departamento de instrumentos y matrices) .....              | 33            |

### *Capítulo III*

|   |    |
|---|----|
| 34. Resumen de los costos de capital estimados de la fundición .....  | 36 |
| 35. Resumen de los costos de capacitación estimados de la fundición .....   | 37 |
| 36. Ganancias y pérdidas de la unidad de fundición .....  | 38 |
| 37. Producción de la fundición .....  | 38 |
| 38. Características de diversas técnicas de fabricación de modelos .....  | 39 |
| 39. Características de los métodos de moldeo .....  | 40 |
| 40. Características de los métodos de moldeo de machos en arena .....   | 46 |
| 41. Características de las mezclas utilizadas para moldes y machos .....  | 51 |
| 42. Características de los hornos de fusión caldeados con fueloil .....   | 52 |
| 43. Características de los hornos de fusión eléctricos .....  | 54 |
| 44. Maquinaria para las operaciones de recuperación de la arena y sus características .....                                 | 61 |
| 45. Características de las operaciones de limpieza .....  | 62 |
| 46. Costos de instalación totales estimados de la fundición .....   | 67 |
| 47. Programa de asistencia técnica para la fundición .....  | 67 |
| 48. Programa de capacitación local para la fundición .....  | 69 |
| 49. Costos totales de capacitación de la fundición, por años .....  | 70 |
| 50. Producción de piezas brutas de fundición, por años .....  | 70 |
| 51. Número de empleados en la producción de fundición, por años .....   | 70 |
| 52. Número y tipo de personal de la fundición en plena producción .....   | 70 |
| 53. Salarios y sueldos por empleado de la fundición, por años .....   | 71 |
| 54. Total de salarios y sueldos del personal de producción de piezas brutas de fundición, por años .....                    | 71 |
| 55. Sueldos, salarios y gastos fijos por concepto de los servicios de talleres y de ingeniería de fundición, por años ..... | 71 |
| 56. Costos de los materiales .....  | 72 |
| 57. Costos de producción de la fundición, por años .....  | 72 |
| 58. Ingresos por concepto de venta de servicios de talleres y de ingeniería, por años .....                                 | 72 |
| 59. Inversión y amortización, por años .....  | 73 |

### **Figuras**

|  |    |
|--|----|
| 1. Instrumento para la embutición de metales .....   | 10 |
| 2. Fases en las operaciones de chapas .....          | 11 |
| 3. Esquema de un conjunto del troquel .....          | 12 |
| 4. Fases en la fabricación de matrices .....         | 13 |
| 5. Fases en la formación con matriz de grabado ..... | 13 |

|  | <i>Página</i> |
|--|---------------|
| 6. Plano general de una planta de conformación de metales .....  | 16            |
| 7. Plano de un taller de conformación de metales .....   | 18            |
| 8. Vista seccional de una matriz de cortar .....   | 25            |
| 9. Vista seccional de una matriz de doblar .....   | 25            |
| 10. Vista seccional de una matriz de embutir .....   | 25            |
| 11. Secuencia de las principales fases de la fundición .....   | 35            |
| 12. Plano general de la fundición .....  | 36            |
| 13. Moldeo tradicional a mano con modelo en dos mitades .....  | 42            |
| 14. Moldeo a mano sin utilización de caja con machos internos .....  | 42            |
| 15. Moldeo en fosa con media caja superior .....   | 43            |
| 16. Máquina con extracción del molde por sacudidas .....   | 43            |
| 17. Máquina de moldeo semiautomático .....   | 44            |
| 18. Sistema del proceso de moldeo sin cocido .....   | 44            |
| 19. Máquina de moldeo en cáscara .....   | 45            |
| 20. Moldeo automatizado típico por un método que no utiliza caja .....   | 45            |
| 21. Caja de machos .....   | 48            |
| 22. Moldeo al torno con plantilla .....  | 48            |
| 23. Moldeo en armazón de un macho .....  | 49            |
| 24. Caja de machos para la tapa del cilindro de un motor diesel marino .....   | 49            |
| 25. Calentador de machos desmontable .....   | 50            |
| 26. Cubilote clásico de aire frío .....  | 56            |
| 27. Etapas de la regeneración de la arena de moldeo .....  | 57            |
| 28. Sistema de regeneración de arenas para arenas ligadas químicamente .....   | 58            |
| 29. Equipo para la recuperación de la arena .....  | 59            |
| 30. Mezcladoras de arena .....   | 60            |
| 31. Esquema conceptual de la recuperación, la mezcla con arena nueva y el amasado-mezclado de arenas usadas en una secuencia de procesos ..... | 60            |
| 32. Limpieza manual de las piezas fundidas .....   | 63            |
| 33. Limpieza mecanizada de las piezas fundidas .....   | 63            |
| 34. Equipo de limpieza de las piezas fundidas .....  | 64            |

# I. El concepto de plantas de desarrollo de producción metalúrgica (PDPM)

## A. Necesidad de una infraestructura industrial

La industria metalúrgica es la pieza central de todo intento de industrialización avanzada ya que suministra todas las herramientas y todos los sistemas de herramientas a toda la industria manufacturera. Al mismo tiempo, la industria metalúrgica proporciona en general bienes de consumo duraderos y bienes de capital que son esenciales.

Para que la industria metalúrgica sirva de soporte a la infraestructura industrial, son necesarios:

- a) Institutos tecnológicos especializados;
- b) Fábricas de herramientas, matrices y moldes;
- c) Ingenieros industriales y de productos;
- d) Fabricantes de piezas para usuarios industriales. Estos necesitan instalaciones tales como fundición o forja;
- e) Existencias de piezas para la producción así como de herramientas y equipos;
- f) Servicios a la industria, incluidos reparación de máquinas herramientas y servicios de capacitación complementaria de trabajadores especializados.

Aunque se han dedicado grandes esfuerzos al desarrollo de la industria metalúrgica en los países en desarrollo, la esencia del problema del desarrollo, es decir la necesidad de las instalaciones mencionadas, la mayoría de las veces sólo ha sido abordada de forma superficial mediante la creación de talleres y fundiciones elementales que sólo satisfacen necesidades comunes de mantenimiento y no pueden proporcionar un servicio cualificado a la industria manufacturera. El resultado ha sido en la mayor parte de los casos que la ingeniería se importa junto con las piezas. Aun en el caso de que algunas piezas se fabriquen en el país, se suelen importar las herramientas.

El propósito del programa de PDPM es superar estos defectos mediante la creación de plantas metalúrgicas que sirvan de base a una industria nacional de piezas y componentes y ayude a la creación de nuevas industrias, de

nuevas líneas de productos y de fábricas de herramientas. Además, las PDPM proporcionará a la industria manufacturera un complejo servicio de mantenimiento y reparación. Así pues, en mayor o menor grado, las PDPM pueden suministrar a largo plazo y en diversos sectores una gran parte de la infraestructura industrial necesaria para la industria metalúrgica.

## Procesos básicos

La fundición y la conformación de metales son los procesos básicos de las PDPM. En estos dos procesos básicos se fabrican todos los componentes y piezas de configuración especial a partir de los productos de fundición de hierro y metales no ferrosos, que se trabajan en los talleres de estampación y laminación de metales, los talleres de fabricación de acero y los talleres de forja, estampado en caliente y los talleres mecánicos. Las herramientas, los moldes, las matrices y los modelos que dan forma a los componentes individuales son comunes a estos talleres. Se requiere una ingeniería con mucha experiencia para crear diseños para los modelos y matrices. Para hacer las herramientas, se necesita una técnica más depurada, que es la de los troquelistas y modelistas.

## Tecnología aplicada

Los adelantos tecnológicos pueden incrementar la calidad de los productos y reducir el consumo de trabajo mediante la mecanización y automatización. Estos adelantos pueden reducir la necesidad de una mayor cualificación en la producción en masa. Sin embargo, esto requiere a menudo inversiones muy grandes de capital.

Para los países en desarrollo es esencial producir con pocas inversiones de capital. También es normalmente necesario fabricar productos que se puedan adaptar a las condiciones locales. Por esto, con frecuencia no puede justificarse un alto nivel de mecanización o automatización para las cantidades relativamente reducidas que son usuales en los países en desarrollo.

Para conseguir una buena calidad con volúmenes reducidos es necesario disponer de aptitudes técnicas y de capacidad para diseñar y hacer las herramientas y matrices básicas, dada la dificultad de encargar en el extranjero la fabricación de herramientas adaptadas a las necesidades de los países en desarrollo. Normalmente tienen que ser objeto de una adaptación especial y pueden necesitar reajustes, afilados, etc. La fabricación de estas herramientas requiere un coeficiente muy alto de mano de obra y por tanto puede conseguirse que sea competitiva en los países en desarrollo. Además, es frecuente que se puedan volver a diseñar los productos para adaptarlos a una producción con mucho menos coeficiente de capital. Por tanto, es esencial prestar la debida atención al desarrollo en profundidad de las aptitudes técnicas y a la ingeniería, y a no pensar simplemente en términos de capacitación de operarios.

#### *El efecto multiplicador*

La mayoría de las fábricas metalúrgicas establecidas en los países en desarrollo utilizan herramientas y diseños de productos comprados en los países desarrollados. Normalmente, las fábricas empiezan haciendo productos sencillos que requieren poco tiempo de capacitación de los operarios. Esto es debido a que muchas piezas, si no todas, se han importado. Esta producción raras veces crea algún desarrollo industrial. Es decir, la producción existente aumenta en muy pocos casos al no existir desarrollo de la capacitación en profundidad de los trabajadores ni de la capacidad de ingeniería.

En los países desarrollados, los servicios de ingeniería y la fabricación de herramientas proceden de varias compañías especializadas. Las compañías transnacionales son autosuficientes. Para los países en desarrollo, en este sentido, rara vez está económicamente justificado que una compañía sea autosuficiente en estas esferas, ni tampoco que compañías especializadas proporcionen estos servicios. Por esta razón, el núcleo inicial de estos servicios puede ser una planta central, a la que se haya prestado asistencia técnica. La ayuda técnica desarrollará una especialización en ingeniería y fabricación de herramientas, y proveerá medios para esa capacitación. Al principio no es posible explotar plenamente las instalaciones, pero se puede crear una instalación que tenga un efecto multiplicador y sea capaz de ayudar a que las industrias existentes se desarrollen por sí mismas y a crear nuevas industrias y líneas de producción. Lo más importante es que la existencia de la PDPM creará una infraestructura y facilitará las inversiones extranjeras. La PDPM puede ayudar a los inversionistas y al gobierno a analizar y a adaptar propuestas. Estas propuestas deben utilizar tecnología apropiada a las condiciones nacionales.

#### *Enfoque modular de las PDPM*

La creación de todas las instalaciones básicas para el desarrollo de la metalurgia en una sola planta y de una sola vez sería muy costosa y no siempre necesaria al principio. Esto se debe a que pocos países pueden utilizar simultáneamente todas las instalaciones. Por esta razón, sólo se sugieren dos módulos básicos, a los que se pueden agregar facultativamente otros módulos. Los dos módulos básicos son la fundición de hierro y la planta de conformación de metales. Estos dos módulos sustancialmente distintos pueden por sí mismos servir de soporte a una operación viable. Cada uno de ellos debe tener un departamento especial de ingeniería y talleres de precisión para proporcionar herramientas y servir de apoyo a la operación principal. En el caso de la fundición, es necesario un taller mecánico para el mecanizado de las piezas de fundición y proporcionar un servicio completo de mantenimiento y reparación. En el caso de la fábrica de láminas de metal se necesita un taller de fabricación de herramientas y matrices con máquinas herramientas y equipo e instalaciones de conservación muy perfeccionados.

En ambos casos, estas plantas básicas apoyarán a la industria con una producción de piezas y componentes de calidad. Las plantas proporcionarán servicios esenciales de ingeniería industrial y de mantenimiento de instalaciones auxiliares. Esto mejorará la base económica de la PDPM. Una instalación de fundición de metal no ferroso y una planta de forja y estampado en caliente se pueden añadir a las plantas de fundición y de conformación de metal, respectivamente. Más tarde se puede añadir la fundición de acero a la planta de fundición. Estas instalaciones adicionales son difíciles de justificar por sí solas (sin las otras PDPM) en los países en desarrollo, excepto en casos especiales<sup>1</sup>.

#### *La producción de piezas*

La producción principal debe ser de piezas fundidas o estampadas destinadas a otros fabricantes, para no competir con productos ensamblados. Las piezas pueden ser para los grupos de productos siguientes:

- Aperos agrícolas (arados, carretas)
- Componentes de construcción (ventanas, bisagras, cerraduras, persianas)
- Ollas, cacerolas, cocinas, calentadores
- Plantas de elaboración de alimentos y otras (bebidas, carne)
- Accesorios de drenaje, alcantarilla y caminos (señales, cercas, postes)

<sup>1</sup>En el contexto de este documento no se incluye entre los países en desarrollo a los países parcialmente industrializados.

Equipo de ferrocarril, camiones y montacargas  
Bombas, motores, artículos de metal (eventualmente máquinas herramientas)

#### B. Justificación de la ayuda técnica para capacitación y ejecución

La capacitación de troquelistas y de modelistas y el desarrollo de la capacidad de ingeniería industrial y de productos es extremadamente costosa. El desarrollo de estas cualificaciones y capacidades en el mundo desarrollado está a cargo de instituciones técnicas y de grandes compañías que capacitan a ingenieros y trabajadores de precisión con programas de formación en el trabajo. Esto es imposible en los países en desarrollo, pues no hay fábricas en las que los jóvenes ingenieros y trabajadores de precisión puedan ser capacitados por troquelistas e ingenieros superiores. Las instalaciones nuevas deben tener talleres equipados para capacitación y para la manufactura de herramientas y modelos. Debe disponerse de personal que puede proporcionar capacitación y orientaciones tanto para el taller como para el departamento de ingeniería. Los troquelistas o modelistas necesitan siete u ocho años de capacitación antes de poder trabajar sin supervisión. Un ingeniero industrial o de productos tiene que estar cinco años bajo supervisión superior para ser realmente valioso. Puede tomar más tiempo formar a un diseñador de herramientas. El

cuadro 1 indica la capacitación necesaria para la PDPM.

También es conveniente disponer de ingenieros, capataces y administradores nacionales seleccionados que puedan seguir varios meses de capacitación y familiarización en compañías de países desarrollados. En el caso de temas especializados como diseño de productos de hierro colado se puede realizar una capacitación de becarios en la fábrica de corta duración (cuatro a seis meses). Se debe proporcionar capacitación en profundidad a los trabajadores de precisión. Esto requerirá conocimientos técnicos y equipos, y ocasionará gastos en dietas para becarios e instructores de contraparte. Los mecánicos especializados no pueden convertirse fácilmente en trabajadores de precisión ya que la disciplina para el trabajo de precisión tiene que aprenderse al comienzo del proceso de capacitación.

Ya que la PDPM no tendrá al principio un mercado desarrollado, la producción de las plantas aumentará gradualmente. La comercialización y la ingeniería serán esenciales para crear demanda para la producción. Las herramientas y los modelos se deben diseñar y hacer durante el período inicial. Este período comprenderá capacitación, realización de la producción, y la apertura y el desarrollo de mercados. Se puede esperar que los gobiernos ayuden a financiar esta etapa. Estos costos son de una índole tal que pueden también justificar préstamos en condiciones concesionarias o subvenciones para inversiones.

CUADRO 1. CAPACITACION NECESARIA PARA LAS PDPM<sup>a</sup>

| Clases de capacitación | Años necesarios | Años acumulados | Observaciones  |
|------------------------|-----------------|-----------------|--|
| Básica                 | 2,25            |                 | Capacitación en trabajos de precisión durante 4 000 h. Los cursos comprenden 800 h de teoría y 2 000 h de estudio de máquinas herramientas.  |
| Básica especializada   | 1,25            | 3,50            | Se dividirá a los capacitandos en tres grupos. Los ajustadores de máquinas herramientas tendrán 2 200 h, incluidas 200 h de teoría; los mecánicos de precisión tendrán 2 200 h de manejo de máquinas herramientas, afilado y ajuste de herramientas, incluidas 200 h de teoría. Los troquelistas y modelistas tendrán 2 200 h de capacitación, incluidas 350 h de teoría.  |
| Superior especializada | 1,00            | 4,50            | Los capacitandos continuarán en tres grupos, los técnicos en producción saldrán de los ajustadores de máquinas herramientas; los diseñadores de herramientas y de matrices saldrán de los mecánicos de precisión; los troquelistas y modelistas superiores de los troquelistas y modelistas. Todos los grupos tendrán 1 800 h. Los modelistas tendrán 100 h de teoría. Los otros dos grupos tendrán 200 h de teoría. |
| Cualificada            | 1,50            | 6,00            |  |
| Supervisión            | 1,00            | 7,00            | El curso de supervisión comprenderá un día por semana de capacitación formal y cuatro días por semana de capacitación en el trabajo.   |

<sup>a</sup>Los capacitandos deberán tener conocimientos de grados medios de matemáticas o equivalente.

### *Actividades y producción*

#### *Comercialización e ingeniería industrial*

Los objetivos de la comercialización y de la ingeniería industrial son:

- a) Identificar las alternativas de producción para los componentes de fundición y para los componentes forjados o de chapa;
- b) Elaborar un análisis técnico y económico de las nuevas empresas industriales que puedan ser usuarios futuros de la producción de la PDPM. Esto comprende analizar propuestas de transferencia de tecnología, negociaciones de licencias, y realizar análisis de viabilidad;
- c) Diseñar herramientas y modelos según los necesiten las PDPM y los clientes industriales.

En el apéndice de este capítulo figura una vista de conjunto de alternativas de producción viables para las PDPM.

#### *Producción*

El objetivo de la producción es empezar a producir piezas y componentes para la industria en el segundo o tercer año de funcionamiento, para alcanzar la producción plena en un turno después de cuatro años.

#### *Capacitación*

El objetivo de la capacitación es capacitar a 15 trabajadores de precisión al año y de esta forma conseguir en cuatro o cinco años oficiales, troque- listas y modelistas. Se espera que de cada 15 becarios aceptados para capacitación se gradúen 10 al año. Algunos de estos graduados se pueden convertir después en capacitadores, técnicos y dibujantes de diseños.

También se proyecta capacitar a obreros de producción, operarios de máquinas herramientas, obreros de moldeado, fundición y fusión durante dos o tres años para que trabajen como trabajadores calificados. También se proyecta capacitar a capacitadores y capataces de contraparte. Todos los expertos que trabajen para el proyecto deberán capacitar al personal de contraparte. Otra característica es la capacitación en el trabajo de ingenieros para que, después de cinco años, puedan realizar por su cuenta algunas actividades. Los expertos en ingeniería pueden capacitar a ingenieros a razón de dos becarios por experto.

#### *Efecto multiplicador a largo plazo*

Los ingenieros y técnicos con mucha experiencia pueden llegar a ser directores de fábricas o jefes técnicos de otras compañías. Sobre la base de

estudios hechos por el departamento de ingeniería, se pueden establecer filiales con participación de la misma PDPM, así como de industrias privadas e inversionistas extranjeros que pueden también facilitar salidas a los mercados extranjeros y know-how.

#### *Insumos*

##### *Gastos de capital*

Los gastos de capital deben financiarse con:

- a) Fondos estatales o de instituciones locales para construcción de edificios;
- b) Préstamos en condiciones concesionarias (por lo menos para capacitación) o financiación comercial (de países proveedores de equipo, o de instituciones financieras nacionales).

##### *Ayuda a la capacitación*

Los gastos de capacitación nacional, en forma de dietas a capacitandos y de desembolsos por concepto de instructores, han de estar subvencionados por los gobiernos. Se puede financiar a los expertos no locales con fondos de las Naciones Unidas, de la CEE o con fondos bilaterales. Lo mismo puede decirse de la capacitación de becarios no locales.

##### *Gastos previos a la entrada en funcionamiento y capital de explotación*

El capital básico de explotación ha de financiarse con préstamos en condiciones concesionarias. Además, esos fondos también pueden necesitarse para sufragar los gastos iniciales anteriores a la entrada en funcionamiento. Se pueden conseguir estos fondos mediante la venta de acciones o por los gobiernos, con cargo a otras subvenciones.

##### *Costos de promoción*

Se puede necesitar inversión de capital en la promoción de los servicios de ingeniería locales de las PDPM. Esta promoción puede financiarse bien por los gobiernos o con cargo a otras subvenciones y se alentará a los pequeños empresarios a comprar a la PDPM servicios de ingeniería y no en el extranjero.

#### **C. Plan de trabajo**

En el cuadro 2 se reproduce un plan de trabajo de las dos PDPM básicas, fundición y conformación de metales. En él se exponen las actividades durante un período de cinco años. Para cada una de

CUADRO 2. PLANIFICACION DE LAS ACTIVIDADES DE LAS PDPM

| Trabajo o proyecto  | Año 0 | Año 1                        | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Proyecto preparatorio</b>                                    |       |                              |       |       |       |       |
| Financiación  | ===== |                              |       |       |       |       |
| Contratación de personal inicial                                | ===== |                              |       |       |       |       |
| Becas de introducción (10-12);                                  | ===== |                              |       |       |       |       |
| Anuncios de licitación para equipo                              | ===== |                              |       |       |       |       |
| Comienzo de la construcción de edificios                        | ===== |                              |       |       |       |       |
| Estudio de mercados y selección del lugar                       | ===== |                              |       |       |       |       |
| <b>Capacitación</b>   |       |                              |       |       |       |       |
| Capacitación para trabajadores de precisión                     |       | Inicio en<br>grupos de 10-15 | ===== | ===== | ===== | ===== |
| Capacitación de operarios                                       |       | =====                        | ===== | ===== |       |       |
| Capacitación de ingeniería en el trabajo                        |       | =====                        | ===== | ===== | ===== |       |
| Capacitación de capacitador/capataz de contraparte              |       | =====                        | ===== | ===== | ===== |       |
| Becas para ingeniería   |       |                              | ===== | ===== | ===== |       |
| Perfeccionamiento en el trabajo de capacitadores de contraparte |       |                              | ===== | ===== | ===== |       |
| <b>Ingeniería</b>   |       |                              |       |       |       |       |
| Estudio de mercados   |       | =====                        | ===== | ===== |       |       |
| Diseño de productos y de herramientas o modelos                 |       | =====                        | ===== | ===== | ===== |       |
| Diseño de la nueva planta de manufactura                        |       | =====                        | ===== | ===== | ===== |       |
| <b>Producción</b>   |       |                              |       |       |       |       |
| Piezas y componentes para la venta                              |       |                              |       | ===== | ===== | ===== |
| Herramientas y modelos iniciales para uso propio                |       |                              |       | ===== | ===== | ===== |
| Herramientas y modelos iniciales para la venta                  |       |                              |       | ===== | ===== | ===== |
| Servicio de reparaciones  |       |                              |       |       | ===== | ===== |

las PDPM se elaborará un plan de trabajo más detallado en el plan de ejecución técnica o en el documento de proyecto final.

**Participación efectiva de la industria**

Se espera que las PDPM lleguen a ser económicamente autosuficientes. Por ello, es esencial que las PDPM puedan vender sus servicios y productos a través de redes comerciales y de distribución. También será conveniente que las PDPM fabriquen productos con características aceptadas en los mercados que han de comprar los productos. Por tanto, es necesario que existan convenios o vínculos con los fabricantes del país.

Ya que uno de los aspectos esenciales de la ingeniería será la creación de una base para nuevas industrias, puede ser importante tener inversionistas del país y también participación extranjera. Esto puede proporcionar mercados o know-how técnico que las PDPM no puedan crear todavía por sí mismas.

**Organización**

Son posibles los métodos siguientes de organización:

- a) Una institución con fondos estatales;
- b) Una empresa completamente propiedad del Estado, que se explote como un negocio;
- c) Una empresa controlada por el Estado, con participación financiera de la industria. De preferencia, los participantes serán también futuros compradores de productos y servicios;
- d) Separación en dos partes desde el punto de vista de la organización. Una institucional que lleva a cabo la capacitación básica inicial. La otra comercial que se puede explotar como b) o c) *supra*;
- e) Una cooperativa.

La experiencia muestra que en este tipo de explotación las instituciones con fondos gubernamentales tienen bajo rendimiento. Estas instituciones están sujetas a normas gubernamentales que

a veces no permiten contratar al personal idóneo o establecen, por ejemplo, menos horas de trabajo que de costumbre, y dificultan un desarrollo eficiente.

La alternativa *c) supra* (una empresa privada controlada por el Estado con participación de la industria) parece ser la mejor solución, puesto que en cuanto empresa privada podría conseguir algunos ingresos en el futuro de la venta de acciones particulares. La participación de esas industrias en la dirección global de la empresa podría ser conveniente para el desarrollo de ésta. El control estatal mediante la tenencia de acciones aseguraría que los programas de ayuda técnica y los subsidios para capacitación que proporcione el gobierno se gasten para asegurar el desarrollo en profundidad y no en provecho sólo de los participantes industriales.

La solución *d)* (separación en dos partes) es factible. Es importante que la capacitación de los trabajadores de precisión no se someta a presiones comerciales para aumentar su competencia.

La ONUDI ha probado el tipo de explotación descrito en *c)* que ha tenido éxito cuando los gobiernos han estado dispuestos a dejar el control de la empresa a su consejo de administración y a proporcionar los subsidios de capacitación necesarios.

#### D. Necesidades financieras y de otra índole

##### *Inversiones de capital*

Las estimaciones relativas a las necesidades de capital se basan en varios supuestos y en la capacidad del mercado nacional para absorber la producción de la planta. En el cuadro 3 se resumen las necesidades en general.

Los gobiernos deben subvencionar durante el primer año la capacitación de ingenieros y técnicos. Las subvenciones para capacitación nacional pueden ascender a 100.000 dólares al año durante un período de cinco años. Los gobiernos pueden sufragar gastos previos a la entrada en funcionamiento del orden de 100.000 a 200.000 dólares.

##### *Asistencia técnica*

La asistencia técnica consiste en directivos, instructores para la fabricación de herramientas y expertos en ingeniería y comercialización, los cuales trabajarán al principio como directores generales encargados de talleres. Se supone que este programa costará un total de 3,8 millones de dólares para cada proyecto. El programa durará cinco años y tendrá además un proyecto preparatorio inicial de un año.

La capacitación mediante becas en el extranjero para ingenieros, técnicos y capataces para un período de cinco años costará 312.000 dólares para cada proyecto. El costo total de la ayuda técnica para cada proyecto será de aproximadamente 4,1 millones de dólares.

##### *Primer análisis de viabilidad*

Se han realizado algunos análisis preliminares sobre la fundición de hierro con inclusión del taller mecánico y la ingeniería, y los servicios de fabricación de herramientas (trabajadores de precisión), incluidas la ingeniería y la producción de chapa.

En resumen, una planta de producción, por sí sola, compensará gastos antes, y utilizará menos conocimientos técnicos, que toda la PDPM.

La producción de chapa se desarrollará de manera similar pero algo más lenta que la producción de la fundición. Ello se debe a que las necesidades de dinero y tiempo para herramientas son muchos mayores para la producción de chapa que para la producción de la fundición. Es difícil en esta etapa presentar un análisis de viabilidad muy detallado sobre piezas de chapa. Es una ventaja que para la ingeniería no haya más gastos de inversión que los de construcción. Así, el departamento de chapa puede tener unos ingresos por ventas o por servicios de ingeniería equivalentes a los salarios. Después de cuatro o cinco años, los servicios de ingeniería deben poder proporcionar ingresos dos o tres veces superiores a los salarios. Con esta entrada cubrirán parcialmente los costos generales.

CUADRO 3. NECESIDADES DE CAPITAL PARA DEPENDENCIAS DE LAS PDPM<sup>a</sup>

(En miles de dólares)

| Índole de la inversión          | Fundición     |                     |                        |              |
|---------------------------------|---------------|---------------------|------------------------|--------------|
|                                 | Hierro colado | Metales no ferrosos | Estampación de metales | Otras forjas |
| Edificios                       | 900           | —                   | 500                    | —            |
| Equipo, incluidas instalaciones | 2 960         | 140                 | 3 090                  | 610          |
| Total                           | 3 860         | 140                 | 3 590                  | 610          |

<sup>a</sup>Los costos corresponden a mediados del decenio de 1970.

## Apéndice

### VISTA GENERAL DEL MERCADO

Se debe realizar un estudio de mercados para conocer las posibilidades que éstos ofrecen. A continuación se citan algunos sectores del mercado a los que pueden dirigirse los productos de la PDPM:

- Agricultura
- Transporte distinto al de carretera
- Industria de componentes de vehículos
- Industrias metalúrgica y minera
- Industrias alimentarias e industrias conexas
- Construcción
- Aparatos domésticos
- Válvulas para uso industrial
- Accesorios para líneas telefónicas y de suministro de energía

#### *Agricultura*

A pesar del notable progreso alcanzado en la mecanización de la agricultura, todavía hay necesidad de equipo de tracción animal y de trabajo manual. A continuación se establece una estimación detallada de las necesidades.

#### *Agricultura manual*

El equipo para esta agricultura debe tener superficies duras, resistentes y de gran elasticidad. El material básico es acero, y la tecnología principal es forja con algo de chapa de figura, afilada y tratada.

#### *Equipo de tracción animal*

Suele ser una máquina sobre ruedas con hojas para trabajar la tierra. La tecnología principal es el montaje de la sección de hierro y chapa para la estructura de sostén (con el uso posible de fundición dúctil). La forja es siempre esencial en el equipo agrícola pero también es necesaria la fundición, especialmente la fundición dúctil.

Entre los artículos producidos pueden figurar:

- Arados tradicionales (piezas forjadas y carpintería metálica)
- Gradas de hojas giratorias (piezas forjadas y fundidas, carpinterías metálicas)
- Laminadoras para aros (piezas forjadas y carpintería metálica)
- Gradas en zigzag (piezas forjadas y carpintería metálica)
- Sembradoras con aparato distribuidor (chapa de figura y piezas fundidas)
- Soportes y otras piezas para carros de tracción animal
- Carros de tracción animal

#### *Equipo para cultivadoras de tracción mecánica*

Se han seleccionado para la producción equipos corrientes como gradas, sembradoras, niveladoras, des-terrouadoras y sembradoras. Estos artículos contienen tanto piezas fundidas como piezas forjadas y maquinadas. La soldadura suele ser necesaria. Se presume que es importante el suministro de aparatos domésticos.

Entre los artículos figuran:

- Piezas de repuesto para cultivadoras mecánicas (principalmente piezas forjadas)
- Máquinas para la elaboración de la madera (piezas fundidas o forjadas)
- Niveladoras de terrenos (principalmente montaje de chapas)
- Apisonadoras (principalmente montaje de chapas)
- Sembradoras, gradas y cultivadoras (estampación de chapas, piezas coladas y carpintería metálica)
- Componentes para pulverizadores (vaciado de aluminio)

#### *Equipo de riego*

La producción de equipo para riego requiere tecnologías más complejas. Entre las tecnologías se encuentran la fundición de metales no ferrosos y la producción de fundición especial.

Son productos típicos:

- Componentes para bombas centrífugas (se emplean todas las tecnologías de la PDPM)
- Conexiones y codos (principalmente tecnologías de aluminio)
- Componentes para bombas de mano
- Componentes para pulverizadores
- Paneles para depósitos de agua y tanques sobre el techo

#### *Transporte distinto al de carretera*

Incluye el transporte por ferrocarril y por vías navegables. De los 30 componentes seleccionados, las zapatas de freno para vagones de ferrocarril son los más importantes ya que tienen mucho desgaste y consiguientemente existe la necesidad de recambio frecuente. Se han considerado algunas piezas de repuesto marítimas.

Los productos son:

- Piezas para vagones de ferrocarril, y transporte ferroviario (piezas forjadas, fundidas, chapas)
- Cojinetes y sombreretes (fundición dúctil)
- Componentes de tracción (objetos de metal forjados o perfilados)
- Componentes de freno (fundición)
- Hélices de embarcaciones (aleaciones no ferrosas)

Piezas para fundeaderos (fundición dúctil)  
Ganchos, tensores, abrazaderas y otras fijaciones  
(principalmente de forja)

#### *Industria de componentes de vehículos*

Los componentes de vehículos comprenden piezas de repuesto para automóviles, camiones, tractores, máquinas excavadoras y equipo industrial de transporte y elevación. También se incluyen los componentes de fácil rotura de vehículos, como sistemas de poleas, ventiladores y ganchos de tracción.

A continuación figuran varios artículos principales:

Discos y tambores de freno (fundición bruta)  
Cubiertas estancas al aceite, cárteres del lubricante, pistones (aleaciones de aluminio)  
Ventiladores (aleaciones de aluminio y chapa estampada)  
Faros y bolsas de herramientas (aleación de aluminio y chapa estampada)  
Techos de carros (chapa estampada y obra de acero estructural)  
Rotores para ruedas de tractores y de carros (fundición)  
Componentes de tracción de remolques, juntas articuladas (principalmente fundición dúctil con componentes de chapa)  
Carriles de vía férrea (forja)

#### *Industrias metalúrgica y minera*

Las industrias metalúrgica y minera necesitan contenedores metálicos, transportadores, engranajes, suministros para camiones y vehículos, poleas y envoladuras de motores eléctricos. Son productos típicos:

Acumuladores de chapa (chapa perfilada)  
Componentes para transportadores de rodillos (chapa o fundición de hierro)  
Componentes para transportadores aéreos (piezas forjadas)  
Poleas y engranajes (piezas de fundición y de forja)  
Equipo para moldes de lingotes (piezas de fundición)  
Equipo de herrero o fundidor (utiliza todas las tecnologías)  
Herramientas diversas (generalmente forjadas)

#### *Industria alimentaria e industrias conexas*

Los diferentes niveles de procesos tecnológicos en los distintos países y de planta a planta en el mismo país, requieren un enfoque a los tipos de productos tomando en cuenta cada caso. Entre los productos se encuentran:

Componentes para trituradores de cereales (principalmente chapa)  
Componentes para prensas de aceite de semillas (fundición)  
Contenedores para alimentos líquidos (normalmente piezas estampadas de acero inoxidable)

Matrices para vidrio (fundición y aleaciones especiales)

Tinas, mesas, contenedores de acero inoxidable para plantas de elaboración de alimentos  
Artículos de alambre (cestos, repisas, escurridores para platos)  
Paneles colgantes de metal  
Cocinas, calentadores de agua, calentadores solares

#### *Construcción*

Los productos incluidos son en general simples piezas fundidas que se importan en todo o en parte. Las máquinas y herramientas de talleres de construcción son artículos esenciales en los que la producción nacional suele sustituir a las importaciones. A continuación figuran los productos de construcción:

Equipo de taller de construcción (principalmente piezas forjadas)  
Material para andamios (principalmente piezas fundidas)  
Herramientas de albañil (principalmente piezas forjadas)  
Componentes para máquinas de talleres de construcción  
Utensilios para cortinas enrollables o protección de ventanas (chapa perfilada)  
Componentes para armazones de puertas (piezas fundidas o chapas estampadas)  
Reflectores interiores y de otro tipo (fundidos en aluminio o estampados en chapa)  
Cubiertas de desagüe, rejillas, pozos de desagüe de caminos (fundición)  
Tuberías, codos y uniones para desagües (fundición)  
Componentes para válvulas, válvulas de verja, conexiones, para agua potable y otras aguas (fundición)  
Señales de calles y caminos, vallas para caminos  
Bocas de incendios

#### *Aparatos domésticos*

Pueden fabricarse en las PDPM:

Bañeras, duchas y equipo sanitario (principalmente de fundición)  
Grifos (piezas forjadas no ferrosas)  
Aparatos y equipo doméstico varios (piezas fundidas de hierro colado y aluminio y láminas perfiladas)  
Artículos de latón para accesorios, llaves de paso, grifos de agua

#### *Válvulas para uso industrial*

Las válvulas para uso industrial comprenden productos que son casi exclusivamente de fundición dúctil. Entre los componentes figuran los de válvulas de entrada y accesorios para gasoductos y oleoductos. También incluyen componentes de compresores rotatorios pequeños y ventiladores radiales que utilizan

principalmente piezas fundidas de chapa perfilada. También se deben tener en cuenta las tuberías de hierro colado, fundidas centrífuga o estáticamente.

*Accesorios para líneas telefónicas y de suministro de energía*

Posibles artículos de las PDPM son:

Abrazaderas de empalme, soporte y amarre para líneas de suministro de energía (hierro colado y piezas fundidas de aluminio)

Accesorios para soportes de líneas aéreas (piezas fundidas de aluminio y piezas forjadas)

Cajas de empalmes de cables (hierro colado y piezas fundidas de aluminio)

Cajas impermeables de distribución del cable alimentador (hierro colado y piezas fundidas de aluminio)

Dado que muchos países pronto aumentarán su capacidad de energía instalada, estos artículos deben ser objeto de un estudio de mercado.

## II. Conformación de metales

### A. Consideraciones generales sobre herramientas, matrices y plantas de prensado de metales para los países en desarrollo

Los principales objetivos de las PDPM son:

- a) Fabricar un nivel adecuado de productos de metal prensado (bienes de capital y piezas de recambio);
- b) Diseñar y producir matrices, herramientas y contraplacas como soporte de la producción de piezas metálicas prensadas de recambio y para su venta en los mercados nacionales;
- c) Desarrollar las capacidades profesionales nacionales en el campo de la administración, la comercialización, la ingeniería y la tecnología;
- d) Capacitar a trabajadores para la producción y para tareas especializadas como la fabricación de modelos, el mecanizado de precisión, el mantenimiento y el control general de las instalaciones.

De este modo, la planta podrá ser auto-suficiente y no depender de técnicas extranjeras y tiempo que se proporcionarán servicios de ingeniería, de taller y de fabricación de matrices a las industrias nacionales. Estas actividades aportarán ingresos a la fábrica. En términos generales, las PDPM trabajan para un mercado del que esperan obtener beneficios. Este aspecto no es más que una parte de un objetivo de mayor alcance e importancia: el progreso social y la capacitación de auxiliares.

### B. Tecnologías básicas de conformación

#### Conformación de chapas en frío

En la conformación o en la "embutición" las chapas pasan por una o por más transformaciones físicas al ser sometidas a las matrices de prensado que les dan una forma determinada. En este proceso se utilizan normalmente prensas mecánicas o hidráulicas. En métodos más avanzados se emplean otras fuentes de energía. La conformación electrohidráulica, la conformación electromagnética, la conformación hidrostática, la conformación supersónica (embutición profunda o estampado) son algunos de otros métodos aplicados. La herra-

mienta para la embutición consta de tres partes principales: el punzón, la matriz y el pisón. El punzón y la matriz componen la superficie interna y externa de la pieza estampada y el pisón, que comprime al metal contra la matriz, impide los pliegues y controla el movimiento de la chapa, que se desliza a lo largo del punzón.

Durante el rechupe, el metal se alarga al quedar comprimido entre la matriz y el pisón. Durante este proceso, el metal se dilata a causa de la presión del punzón, y al apartarse éste, el metal se contrae. El pisón puede servir también para recalcar el metal en sólo una parte de la superficie. En la figura 1 se representa una matriz de rechupe.

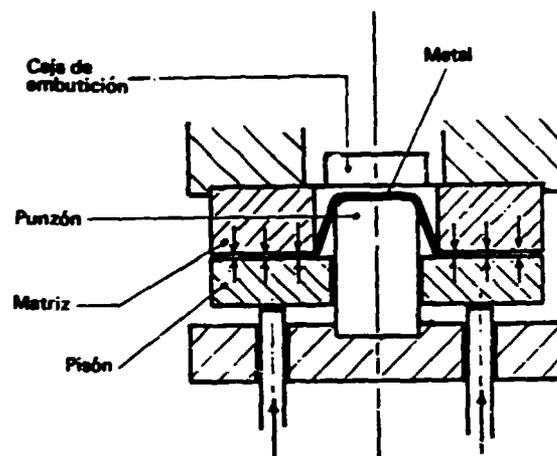


Figura 1. Instrumento para la embutición de metales

De los estudios detallados que se han realizado sobre distintos tipos de formación se han obtenido los siguientes criterios:

- Tolerancias en la conformación
- Economía en la elección de los materiales
- Diseño de matrices y lubricación
- Velocidades de conformación
- Trayectorias de deformación y análisis de la extensión

He aquí una secuencia típica en la elaboración de chapas: corte en prensa, conformación, rebordado, punzonado, acanaladura, enfaldillado, acufación y comprobación. Pueden unirse las piezas

mediante remaches, remaches especiales, soldaduras o soldaduras por puntos para obtener componentes de productos más complejos. Algunos componentes pueden obtenerse también mediante tubos o hierros de perfil elaborados primero por corte y luego por perfilación (llevada a cabo con matrices de prensa adecuadas) y laminación o doblado. En la figura 2 se ilustran estas fases.

**Tecnología del estampado**

Las matrices son un tipo de herramienta muy variado que sirven para dar forma a los materiales (principalmente metales o plásticos). El material de la matriz puede ser caucho, carburo sinterizado o acero. En general, los costos de las materias primas y de la maquinaria son elevados.

El diseño de las herramientas es importante para todas las operaciones de conformación. El diseño requiere que se determine el tamaño de las piezas, los materiales, la precisión, el número de piezas que habrán de producirse con un juego de matrices y la productividad necesaria y que se

evalúen las capacidades técnicas del personal dedicado a la conformación en frío.

En la figura 3 puede verse un dibujo esquemático de un conjunto del troquel. En el cuadro 4 se indican las operaciones requeridas para la fabricación de las diversas piezas de la matriz. Es interesante señalar que las operaciones requeridas son las que pueden llevarse a cabo en un taller con equipo mecánico. En este tipo de taller pueden fabricarse no sólo matrices sino también otras herramientas y contraplacas. En el taller se puede llevar a cabo la mayoría de las operaciones de mantenimiento y fabricarse contraplacas para uso interno y para su venta. La figura 4 es un diagrama de las fases de fabricación de las matrices. En las figuras 8 a 10 (apéndice I de este capítulo) se indican tipos de matrices y productos de matrices.

**Forja**

La forja se produce cuando se calienta un metal a la temperatura de plasticidad máxima y se le somete a una fuerza. La fuerza deforma el metal.

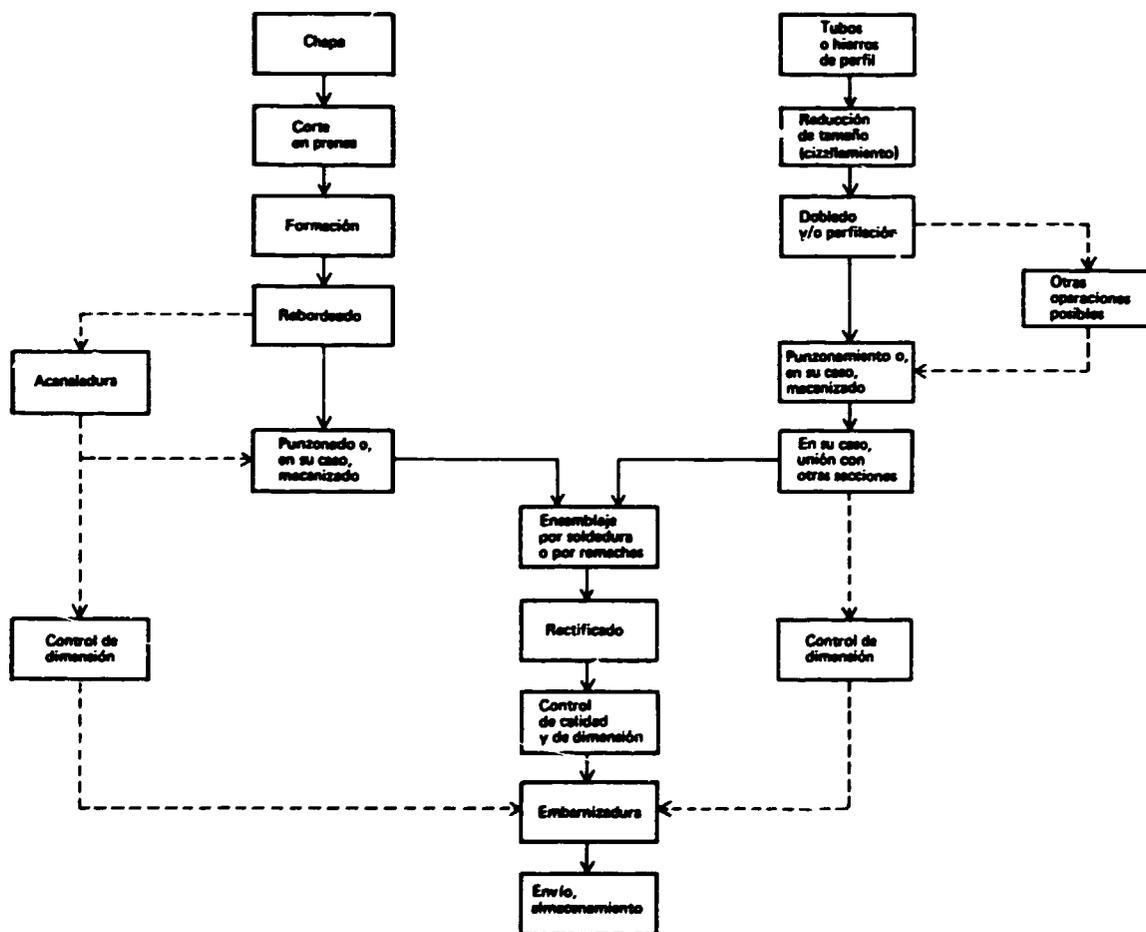


Figura 2. Fases en las operaciones de chapas

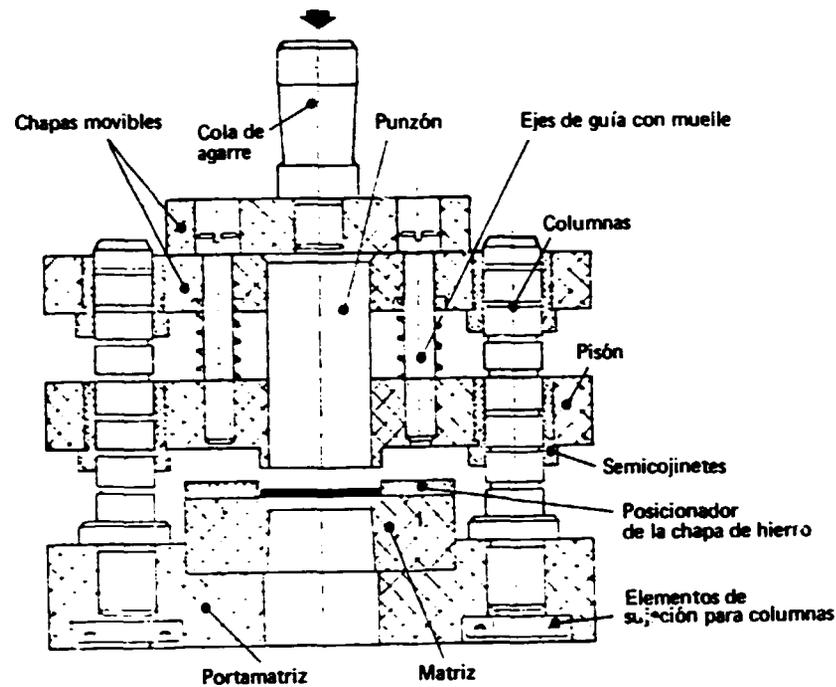


Figura 3. Esquema de un conjunto del troquel

CUADRO 4. OPERACIONES REQUERIDAS PARA LA FABRICACION DE MATRICES

| Pieza                              | Operación requerida |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|------------------------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
|                                    | 1                   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Chapas móviles                     |                     | X | X | X | X |   | X | X |   | O  |    | X  |    |
| Cola de agarre                     | X                   | O |   | O |   | X | O |   | X | O  | O  | X  | O  |
| Punzón                             | X                   | O |   |   |   | X |   |   | O | O  | X  |    | O  |
| Ejes de guía con muelle            | X                   | X |   |   |   |   |   |   | X |    |    |    |    |
| Columnas                           | X                   |   |   |   |   | X |   |   | X |    |    | X  |    |
| Pisones                            |                     | X | X | X | X | X | X | X | X | X  |    |    |    |
| Semicojinetes                      | X                   | X |   |   |   |   |   | X |   | X  |    |    |    |
| Posicionador de la chapa de hierro |                     | X |   |   |   | X |   | X |   |    |    |    |    |
| Elementos de sujeción              | X                   |   |   |   |   |   | X |   |   |    |    |    |    |
| Matriz                             |                     | X | X | O |   | X | X | X | O | O  | X  | X  | O  |
| Portamatriz                        |                     | X | X | X | O | X | O | X |   |    | X  | X  | O  |

Nota: X = operación requerida; O = operación que puede requerirse.

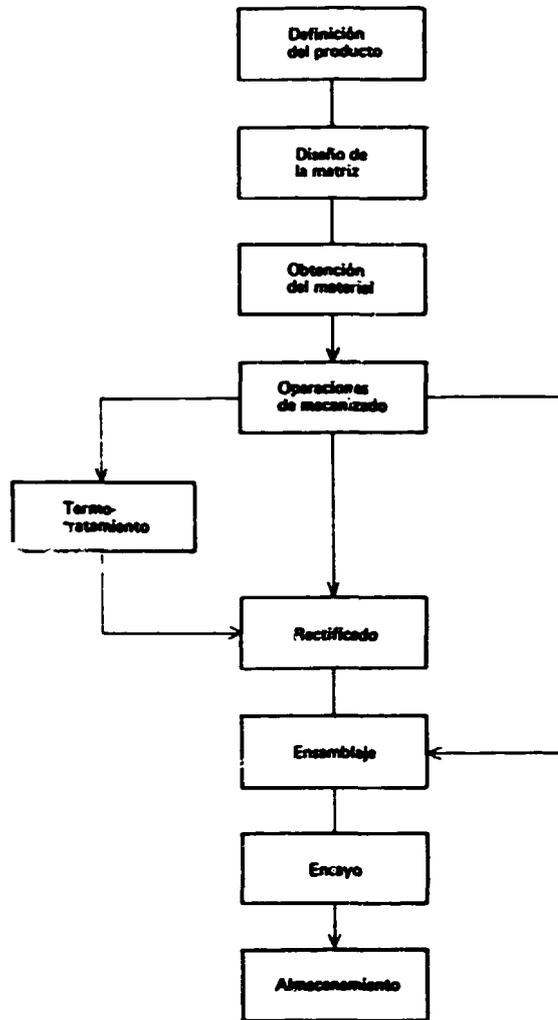


Figura 4. Fases en la fabricación de matrices

Tras un breve período de elasticidad, la deformación se vuelve permanente. A fin de obtener el producto final deseado, puede efectuarse el laboreo mediante martillos, prensas, trabajo manual especializado o matrices. El acero forjado tiene una estructura interna con mejores propiedades mecánicas que la estructura del acero laminado, que consiste en fibras paralelas al laminado.

Las deformaciones que se producen durante la forja se deben:

a) a la presión del choque que causa el martillo de forja. El grado de deformación depende del peso de la masa y de la velocidad con que ésta cae;

b) a la presión por el empuje, que deforma a causa de las prensas hidráulicas. El grado de deformación está limitado por la resistencia cada vez mayor que el metal opone a la deformación;

c) a la combinación de la presión del choque y de la presión por el empuje causada normalmente por las prensas de forjado mecánico de gran velocidad utilizadas en la forja con estampa cerrada.

Pueden dividirse las operaciones de forja en dos tipos generales de procesos: la fragua con matriz y la conformación con matriz de impresión. La fragua con matriz incluye muchas técnicas de forja en que se utilizan matrices de superficie plana en combinación con otras herramientas. El resultado depende en gran medida de la habilidad del herrero. Este método es conocido también como forjado libre sin matrices, o forja manual o con martillo, y requiere normalmente una mano de obra especializada.

La forja con matriz de impresión, o forja con estampa cerrada o forja de estampa, se efectúa en las cavidades de matrices metálicas dobles para formar la pieza. Antes de la forja, se corta el metal al que hay que dar forma, en general acero al rojo vivo, de manera que tenga una longitud algo mayor de lo necesario para tener en cuenta la rebaba.

El número de fases de la forja depende del tamaño y de la forma de la pieza, de las cantidades necesarias y del tipo de metal con que se trabaje. El proceso consiste en cortar a la medida palanquillas, precalentarlas a la temperatura de forja, formarlas mediante prensa o martillo y rebordearlas. En la mayoría de los casos se procede ulteriormente al mecanizado de la pieza forjada. En la figura 5 se indican las principales fases del proceso.

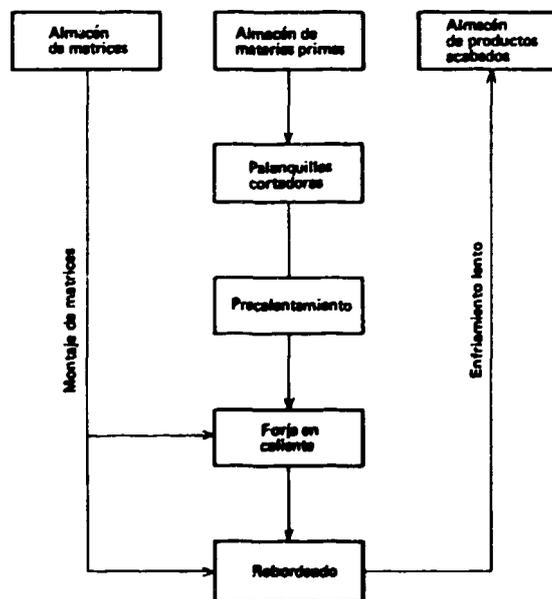


Figura 5. Fases en la formación con matriz de forjado

### C. Productos

La conformación de chapas en frío es una de las operaciones fundamentales para muchos productos como palas, cubos, bisagras, estatores, rotores para motores eléctricos, silenciadores para vehículos motorizados y componentes para instrumentación eléctrica. Entre los tipos de productos destaca la maquinaria agrícola (carros, vagones, carretillas, gradas, maquinaria para el sembrado), los productos necesarios para la industria de la construcción (cerraduras, bisagras, candados), los utensilios caseros (cacerolas, hornillos, ventiladores), los elementos para calles y carreteras (indicadores, señales) y los sistemas ferroviarios y de ascensores.

### D. Criterios generales para el diseño

#### *La planta de producción*

La planta de producción de artículos de chapa es fundamentalmente mecánica. Consta de dos departamentos: conformación de chapas (con trabajos estructurales y ensamblaje de piezas) y fabricación de herramientas, matrices, contraplacas y mantenimiento de la maquinaria.

La planta está bien equilibrada y los dos departamentos están integrados. Sin embargo, puede ampliarse mediante la instalación de equipo de forja en caliente. Cerca del departamento de herramientas y matrices hay un taller para la capacitación de trabajadores y técnicos. La teoría se enseña en el edificio dedicado a oficinas.

#### *Características de la planta*

Una de las características de la planta es el nivel relativamente bajo de inversión por trabajador que requiere, en especial en comparación con la inversión por trabajador que requieren las plantas de laminación. Las necesidades de capacitación son a corto plazo en comparación con las de capacitación para la forja en caliente y para las máquinas herramientas. Los productos son adecuados para la industria o para la comercialización directa y son de una gran variedad. La planta requiere gran cantidad de mano de obra. Puede resolverse el problema del suministro de matrices mediante un departamento especial de herramientas.

#### *El departamento de herramientas y matrices*

La fabricación de herramientas y matrices es imprescindible en una planta de prensado de chapas. Requiere trabajadores y técnicos con

experiencia. El elevado costo del personal de capacitación se justifica por:

- a) la gran cantidad de matrices que se necesitan (pueden precisarse dos, tres o cuatro matrices para un mismo componente);
- b) el alto costo de las matrices (una matriz de tamaño medio cuesta entre 4.000 y 5.000 dólares);
- c) la necesidad de construir con rapidez para que la entrega de los productos sea rápida;
- d) la necesidad de reparaciones rápidas y de mantenimiento de la maquinaria;
- e) el beneficio que se puede obtener con la venta de ingeniería y de herramientas y matrices modificadas a otras industrias, inclusive los compradores habituales de productos prensados.

La planta de producción necesita dos tipos de capacitación: para trabajadores de "prensado de chapas" y para trabajadores del "departamento de herramientas y matrices".

#### *Departamento de prensado en caliente*

Además de resistencia a la torsión, al doblado, a la compresión y a otras tensiones dinámicas, se suelen obtener grandes cualidades mecánicas del acero prensado en caliente que ha sido sometido a termotratamiento a fin de adquirir una alta resistencia a punto cedente.

Si bien no es posible proceder en esta parte del estudio a una evaluación económica global, convendría tomar nota de las siguientes características:

- a) La estimación y los cálculos de los costos no dependen de otros costos de la planta y pueden hacerse por separado;
- b) Las inversiones y el personal empleado son de poca cuantía y no afectan de manera considerable a la inversión total;
- c) La superficie ocupada es relativamente pequeña y puede utilizarse también como almacén provisional.

### E. La planta de producción

Las condiciones generales para la instalación son:

- a) Terreno nivelado;
- b) Transporte por carretera disponible;
- c) Existencia de agua y de energía eléctrica. Electricidad de alto voltaje disponible y central de transformación disponible o por lo menos prevista para la región;

d) Ninguna restricción legal sobre ruidos y vibraciones;

e) Para la instalación de un martillo pilón para el departamento de prensado en caliente se requerirán cimientos que absorban las vibraciones (a fin de mantener la calidad de la producción de las máquinas herramientas).

Las necesidades de purificación y drenaje de agua no se han incluido en el presente estudio.

### *Edificios e instalaciones*

Las oficinas están situadas en un edificio aparte y tienen una superficie de unos 1.000 m<sup>2</sup>; el patio interior ocupa 100 m<sup>2</sup>. Las primeras comprenden (figura 6): la entrada, la sala de espera, el sector administrativo y la secretaría, el departamento técnico, los archivos, dos salas para capacitación, las oficinas para los capacitadores, el comedor, el dispensario y otros servicios para el personal.

La superficie del taller (figura 7) es de unos 3.000 m<sup>2</sup>. Casi la mitad la ocupa el departamento de herramientas y matrices. Esta zona está, a su vez, dividida en dos secciones por medio de un ancho pasillo que deja espacio para las carretillas de horquilla elevadora.

Ocupan la primera sección las máquinas herramientas y los bancos de ajuste de matrices. Junto a estos últimos se deja algún espacio para almacenar las matrices y el equipo que se está fabricando o reparando. Como de costumbre en los talleres de herramientas y matrices, las máquinas de características análogas se han puesto juntas. La segunda sección se destina a la capacitación de los trabajadores recién contratados. En ésta hay menos espacio libre por ser menor la cantidad de productos que hay que manejar. Delante de esta sección hay una pequeña sala destinada a los instructores. Cerca de las máquinas afiladoras se ha instalado un centro de distribución de herramientas. Para el almacenamiento de las nuevas matrices, las matrices reparadas y las que están para reparar, se utilizan vastos espacios, accesibles desde ambos departamentos.

En el departamento de prensado están las prensas y las demás máquinas para el mecanizado de la chapa. Los pasillos son anchos debido a la gran cantidad de los materiales que se desplazan y de las piezas colocadas junto a las máquinas. Por razones de presentación y para proteger su superficie, las piezas prensadas tienen que someterse periódicamente a tratamiento, y para ello hay una sala de fosfatación, pintado y desgrasado.

La manipulación de las piezas se hace a mano, con pequeñas máquinas de elevar peso (para las piezas más pesadas) o con mordazas mecánicas o magnéticas (por razones de seguridad).

El transporte dentro de la fábrica se efectúa con carretillas de horquilla elevadora que llevan recipientes o plataformas de madera. Los capacitadores pueden fabricar esos recipientes o plataformas de madera durante un ejercicio de capacitación. Las prensas y todas las demás máquinas herramientas, así como los bancos de ajuste, se alimentan con un sistema de aire comprimido (600 kgf/cm<sup>2</sup>). El sistema eléctrico y el sistema de alumbrado utilizan conductos fijos con enchufes de seguridad. Para reducir el voltaje, por razones de seguridad, fuera del edificio está situada una estación eléctrica con dos transformadores (uno para el funcionamiento de las máquinas y otro más pequeño para el suministro de corriente). El departamento de herramientas y matrices y las oficinas tienen aire acondicionado para hacer que las condiciones de trabajo sean agradables y controlar los cambios térmicos que podrían afectar a las máquinas.

En lugares de fácil acceso están situados extintores de incendios de espuma y de polvo. La sala de pintado está dotada de un pequeño sistema de aspersores automáticos a causa de los vapores extremadamente inflamables.

La estructura de la planta permite una posible ampliación. Todos los departamentos podrían ampliarse añadiéndoles un hangar de 16 × 16 m; o bien toda la planta con un hangar de 64 m × 16 m, que se construiría detrás de la planta.

### *Superficie de los departamentos*

El cuadro 5 muestra la superficie que ocupan los departamentos de las PDPM. La superficie está dividida en tres departamentos de producción.

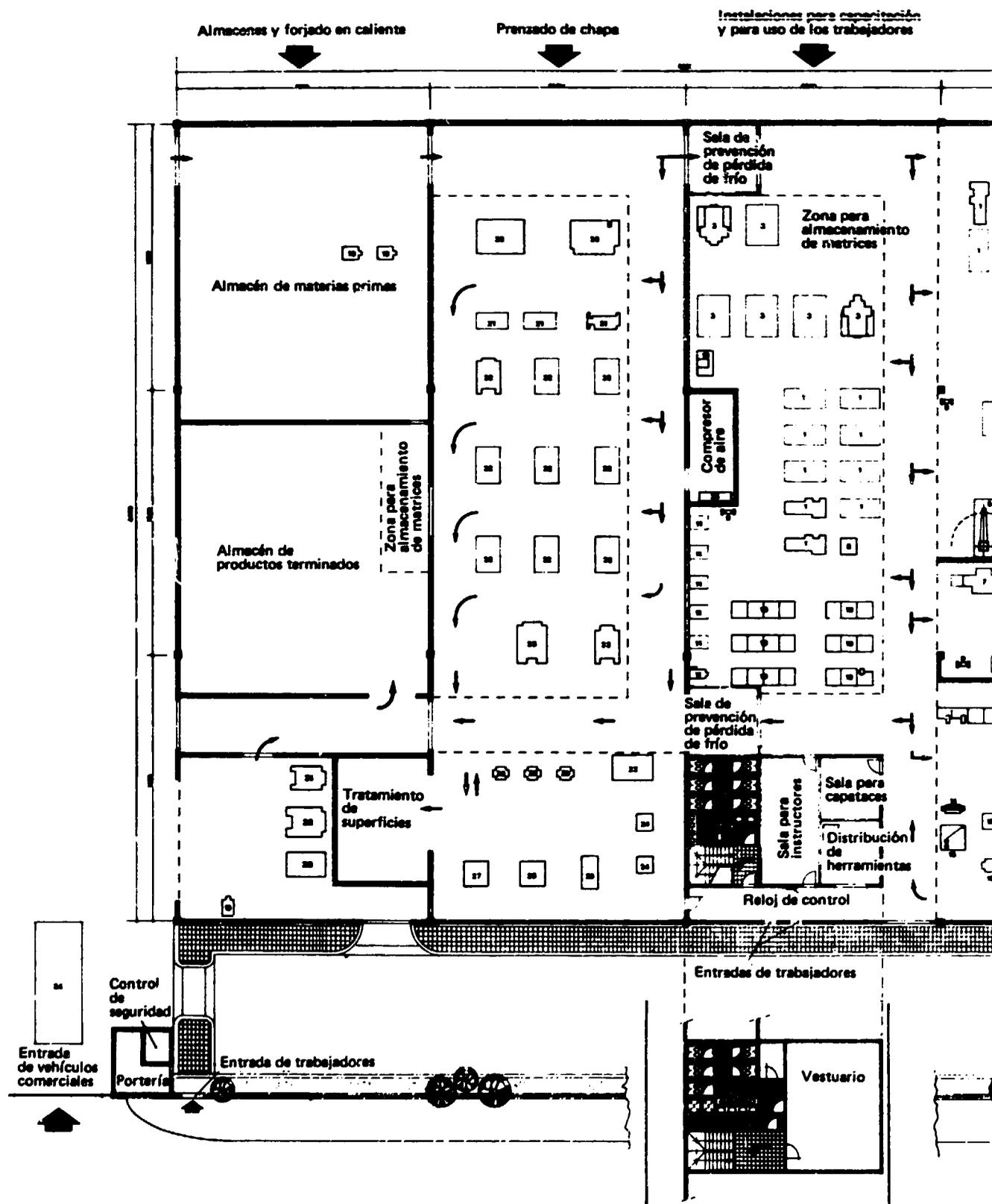
### *Personal*

El número de empleados aumenta cada año hasta que en el quinto año la planta está en pleno funcionamiento. La distribución del personal a lo largo del tiempo se muestra en el cuadro 6.

### *F. Maquinaria*

Por razones de costo, facilidad de mantenimiento y mayor aplicabilidad, se ha procurado limitar una mecanización y una complejidad excesivas.

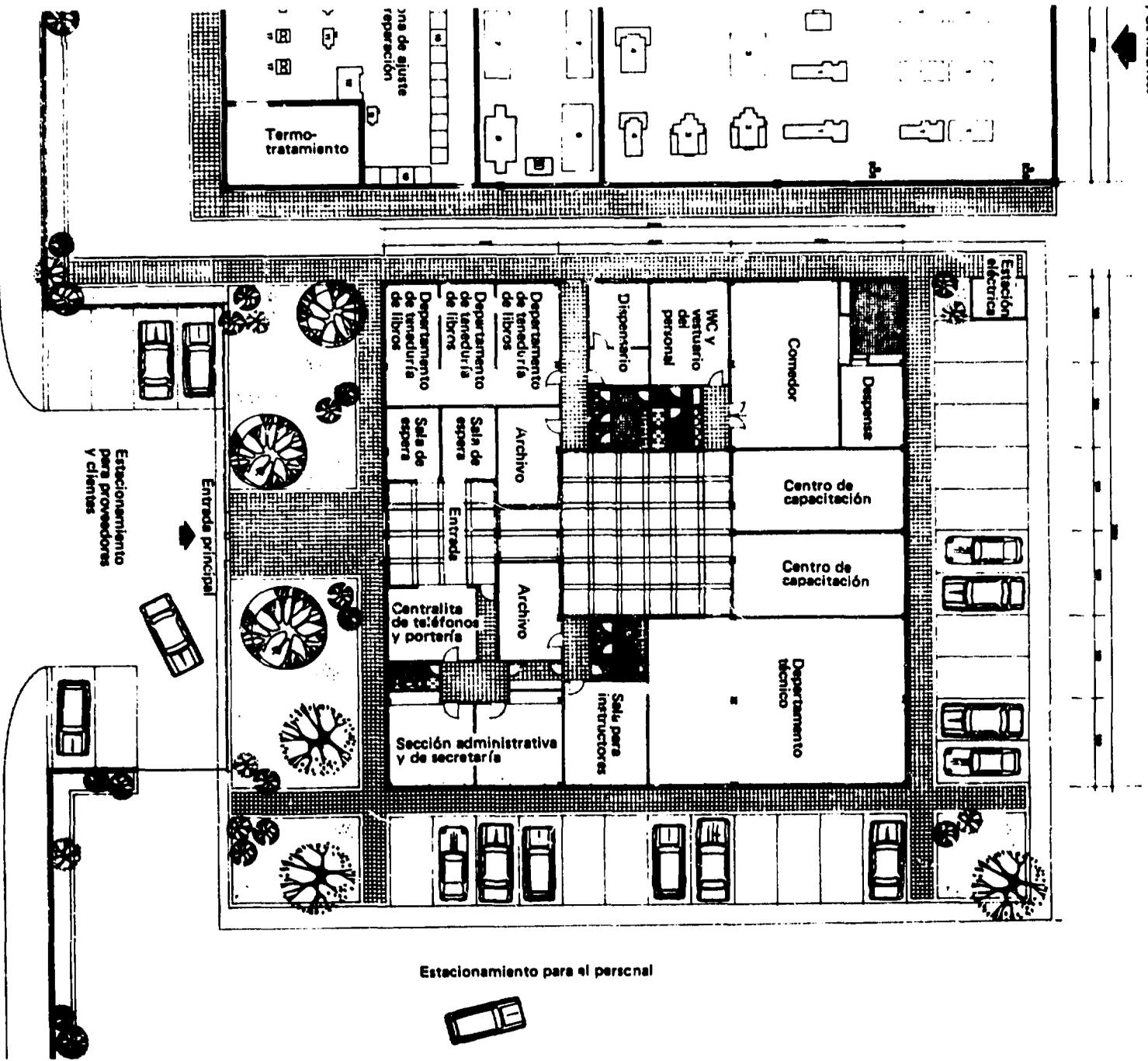
La seguridad del trabajador es un elemento fundamental, por lo que se han excluido sistemáticamente todas las máquinas que impliquen peligro para la seguridad del personal. Por ejemplo, las prensas de embrague de fricción se prefieren a las de embrague de garras. Todas las prensas disponen de



(Para la clav

Figura 6. Plano general de u

Departamento de herramientas / de metales



Ver la pág. 19)

Antes de conformación de metales

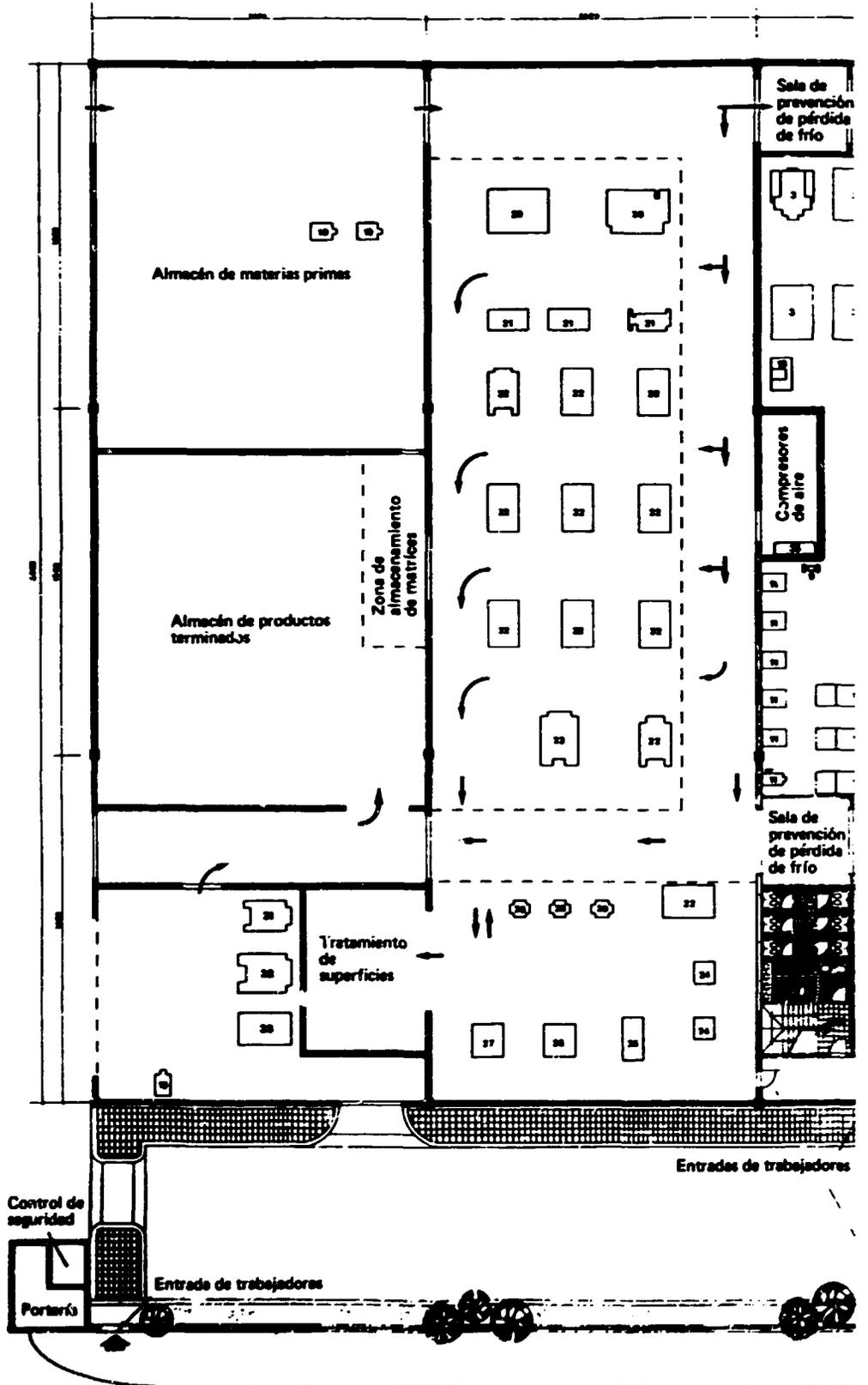
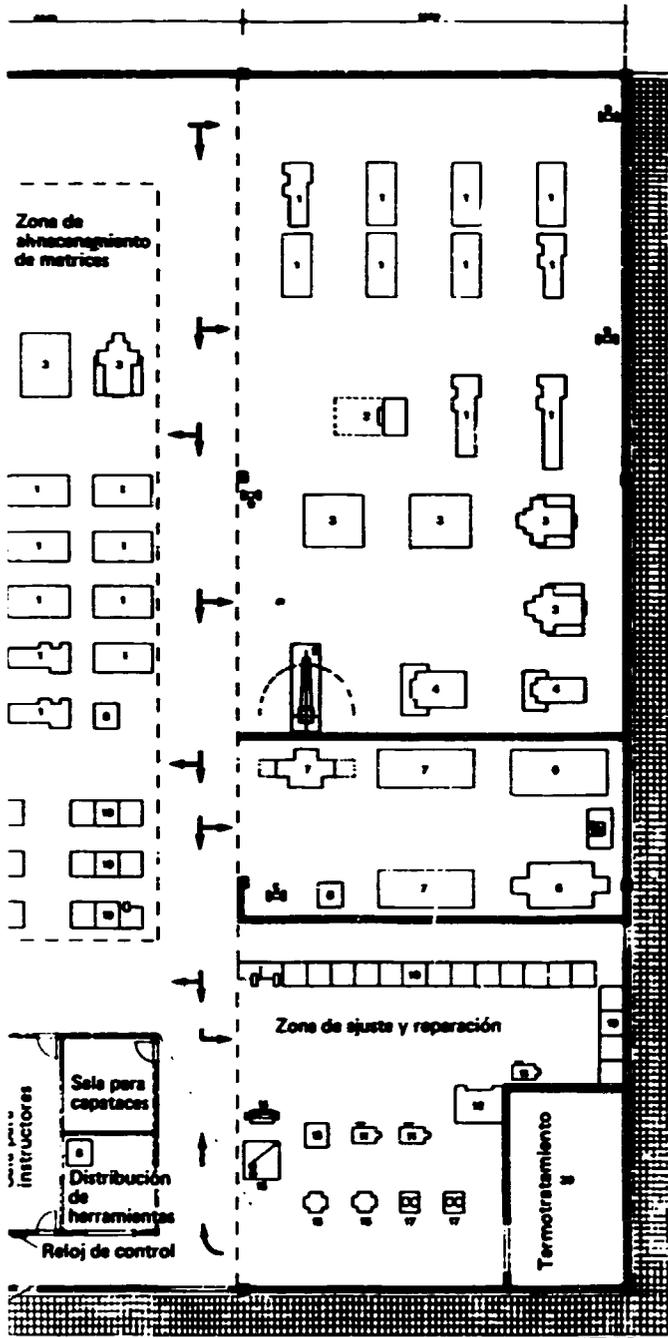


Figura 7. Plano de un taller



Clave:

- 1 Torno paralelo
- 2 Torno de plato
- 3 Fresadora
- 4 Máquina de taladrar horizontal
- 5 Taladradora radial
- 6 Rectificadora cilíndrica
- 7 Rectificadora de superficies planas exteriores
- 8 Afiladora universal
- 9 Rectificadora de columna con ruedas gemelas
- 10 Banco de ajuste
- 11 Perforadora accionada a mano
- 12 Electroerosionadora
- 13 Comparador óptico para verificar perfiles
- 14 Prensa de husillo accionada a mano
- 15 Máquina marcadora pentagráfica
- 16 Soldadora por arco eléctrico
- 17 Soldadora de sopleta
- 18 Bruñidora
- 19 Sierra mecánica alternativa
- 20 Cortadora de guillotina
- 21 Prensa plegadora para chapas
- 22 Prensa mecánica
- 23 Prensa hidráulica
- 24 Curvadora de tubos
- 25 Criba hidráulica
- 26 Máquina curvadora de tres cilindros
- 27 Cortadora de disco
- 28 Soldadora por puntos
- 29 Soldadora por arco sumergido en atmósfera inerte
- 30 Hornos para termotratamiento
- 31 Prensa recortadora
- 32 Martillo de prensa
- 33 Horno de precalentamiento
- 34 Puente-báscula
- 35 Dínamo para carga de baterías

CUADRO 5. SUPERFICIE DE DIVERSOS DEPARTAMENTOS DE LA PLANTA DE CONFORMACION DE METALES DE LAS PDPM

(m<sup>2</sup>)

| Función                 | Herramientas y matrices |              | Forja en caliente | Total        |
|-------------------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------|
|                         | Prensado                |              |                   |              |
| Prensado                | 640                     | —            | —                 | 640          |
| Herramientas y matrices | —                       | 720          | —                 | 720          |
| Forjado en caliente     | —                       | —            | 80                | 80           |
| Capacitación            | —                       | 420          | —                 | 420          |
| Almacenes               | 450                     | 90           | 20                | 560          |
| Pintado                 | 60                      | —            | —                 | 60           |
| Termotratamiento        | —                       | 55           | —                 | 55           |
| Varios                  | 270                     | 345          | —                 | 615          |
| Oficinas                | 300                     | 650          | —                 | 950          |
| <b>Total</b>            | <b>1 720</b>            | <b>2 280</b> | <b>100</b>        | <b>4 100</b> |

CUADRO 6. DISTRIBUCION DEL PERSONAL EN EL QUINTO AÑO DE PRODUCCION

(Número de personas)

| Categoría de empleo                   | Total      | Prensado en frío | Herramientas y matrices |
|---------------------------------------|------------|------------------|-------------------------|
| Personal de dirección y de secretaria | 11         | 5                | 6                       |
| Ingenieros                            | 14         | —                | 14                      |
| Capataces y supervisores              | 14         | 6                | 8                       |
| Prensado de chapa                     | 34         | 34               | —                       |
| Troquelistas                          | 50         | —                | 50                      |
| Mano de obra no calificada            | 15         | 7                | 8                       |
| <b>Total</b>                          | <b>138</b> | <b>52</b>        | <b>86</b>               |

dos mandos automáticos para evitar aplastar los dedos. Los tornos están dotados de una cubierta sobre los platos autocentrantes, y todos ellos, así como las fresadoras y las perforadoras disponen de pantallas de plástico para las virutas.

Para que las máquinas sean más universales y adaptables, es preciso tener en cuenta el equipo y los accesorios (tornillos de banco, contrapuntos, cabezales divisores, lunetas fijas y móviles y tres platos autocentrantes de tres o cuatro mordazas). No se ha indicado ningún equipo específico (matrices, alicates, mordazas especiales), ya que primero es necesario conocer la forma y la dimensión de la pieza mecanizada y el costo de la mano de obra.

#### Máquinas para trabajar la chapa

El cuadro 7 muestra la instalación por año de máquinas para trabajar la chapa. En el apéndice II figuran los detalles del equipo y el espacio necesarios para la unidad de prensado.

Además, se necesita lo siguiente:

- a) un mecanismo desmagnetizador;

CUADRO 7. INSTALACION DE MAQUINAS POR AÑO  
(Número de máquinas)

| Máquina  | Total | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Prensas  | 12    | 1     | 6     | 3     | 2     | —     |
| Tijeras de guillotina                            | 2     | 1     | —     | 1     | —     | —     |
| Tijera de disco                                  | 1     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Entalladora en forma de brazo de 1 000 mm        | 1     | —     | —     | —     | 1     | —     |
| Máquina dobladora                                | 2     | 1     | —     | —     | 1     | —     |
| Laminador  | 1     | 1     | —     | —     | —     | —     |
| Curvadora de tubos                               | 2     | —     | 1     | —     | 1     | —     |
| Soldadora por puntos                             | 2     | 1     | —     | 1     | —     | —     |
| Soldadora por arco sumergido en atmósfera inerte | 1     | —     | —     | —     | 1     | —     |

- b) una prensa de husillo;  
c) instrumentos de medición y control;  
d) equipo de protección (alicates, guantes, etc.);  
e) plataformas transbordadoras;  
f) extintores de incendios;  
g) recipientes para el metal.

#### Máquinas para herramientas y matrices

El cuadro 8 muestra la instalación por año de máquinas para el departamento de herramientas y matrices.

Además, se necesita lo siguiente:

- a) estantes para herramientas y accesorios (uno por cada máquina);

CUADRO 8. CALENDARIO PARA LA INSTALACION DE MAQUINARIA EN EL DEPARTAMENTO DE HERRAMIENTAS Y MATRICES

(Número de máquinas)

| Máquina                       | Total | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tornos                        | 19    | 11    | 6     | —     | 1     | 1     |
| Fresadoras                    | 10    | —     | 3     | 6     | 1     | —     |
| Perforadoras                  | 9     | 5     | 4     | —     | —     | —     |
| Taladradoras                  | 2     | —     | —     | 1     | 1     | —     |
| Rectificadoras de superficies | 3     | 1     | 2     | —     | —     | —     |
| Rectificadoras redondas       | 2     | 1     | 1     | —     | —     | —     |
| Afiladoras                    | 3     | —     | 2     | —     | —     | 1     |
| Electroerosionadora           | 1     | —     | —     | —     | 1     | —     |
| Bancos para troquelistas      | 40    | 10    | 10    | 10    | 10    | —     |
| Hornos                        | 3     | 3     | —     | —     | —     | —     |
| Varios                        | 20    | 6     | 9     | 3     | —     | 2     |

- b) discos amoladores portátiles y perforadoras;
- c) herramientas, discos y sierra de cinta;
- d) calibradores, instrumentos de medición y mármoles de ajustar;
- e) equipo de protección (vidrios inastillables, etc.);
- f) plataformas transbordadoras y una grúa de brazo horizontal;
- g) Extintores de incendios.

#### Máquinas para el departamento de forja en caliente

Para el departamento de forja en caliente es preciso disponer de un martillo pilón y de una prensa recortadora, que se instalarán en el cuarto año de funcionamiento de la unidad. Además, se necesita una sierra circular, un horno precalentador, instrumentos de medición y control, equipo de protección (alicates, guantes de seguridad, vidrios inastillables), plataformas transbordadoras, extintores de incendios y recipientes para metales.

#### G. Inversiones

Las inversiones previstas se resumen en los cuadros 9 a 12. El cuadro 10 no tiene en cuenta el costo del terreno. En el cuadro 11 se da por supuesto que el suministro de energía y de agua llega hasta la planta.

Las estimaciones se basan en la utilización de máquinas de calidad normal de diferentes firmas de confianza. Los precios corresponden a septiembre de 1979 e incluyen un diseño de "tropicalización" para climas de altas temperaturas.

CUADRO 9. INVERSIONES TOTALES NECESARIAS EN LAS PDPM

(Miles de dólares)

| Servicio                | Departamento de prensado en frío | Departamento de herramientas y matrices | Departamento de forja en caliente |
|-------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Edificios               | 225                              | 315                                     | 15                                |
| Instalaciones generales | 135                              | 203                                     | 12                                |
| Maquinaria y equipo     | 1 200                            | 1 500                                   | 480                               |
| Total                   | 1 560                            | 2 018                                   | 507                               |

Los departamentos de prensado en frío y de herramientas y matrices necesitan una inversión de 3.578.000 dólares.

CUADRO 10. INVERSION EN TALLERES Y OFICINAS  
(Miles de dólares)

| Servicio | Departamento de prensado | Departamento de matrices y accesorios | Departamento de forjado en caliente | Total |
|----------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| Taller   | 180                      | 217                                   | 15                                  | 412   |
| Oficinas | 45                       | 98                                    | —                                   | 143   |
| Total    | 225                      | 315                                   | 15                                  | 555   |

CUADRO 11. COSTOS DE INSTALACION DEL EQUIPO  
(Miles de dólares)

| Equipo instalado   | Total | Departamento de prensado | Departamento de matrices y accesorios | Departamento de forjado en caliente |
|--|-------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Sistema de compresión de aire  | 90    | 45                       | 40                                    | 5                                   |
| Sistema de energía eléctrica (incluida estación eléctrica)                                       | 110   | 45                       | 60                                    | 5                                   |
| Alumbrado  | 30    | 10                       | 18                                    | 2                                   |
| Sistema de refrigeración del aire (locales de oficina y departamento de herramientas y matrices) | 35    | 5                        | 30                                    | —                                   |
| Sistema de aspersores (sólo en las instalaciones de pintado)                                     | 5     | 5                        | —                                     | —                                   |
| Mobiliario   | 55    | 25                       | 30                                    | —                                   |
| Transporte   | 25    | —                        | 25                                    | —                                   |
| Total  | 350   | 135                      | 203                                   | 12                                  |

CUADRO 12. COSTOS DE LA MAQUINARIA DE LAS PDPM

(Miles de dólares)

| Funcionamiento                          | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Prensado en frío                        |       |       |       |       |       |
| Máquinas                                | 71    | 175   | 275   | 285   | 192   |
| Sistema de fijación                     | 19    | 35    | 55    | 55    | 38    |
| Total                                   | 90    | 210   | 330   | 340   | 230   |
| Total acumulado                         | 90    | 300   | 630   | 970   | 1 200 |
| Departamento de herramientas y matrices |       |       |       |       |       |
| Máquinas                                | 242   | 396   | 308   | 170   | 66    |
| Sistema de fijación                     | 63    | 104   | 92    | 40    | 19    |
| Total                                   | 305   | 500   | 400   | 210   | 85    |
| Total acumulado                         | 305   | 805   | 1 205 | 1 415 | 1 500 |

Nota: El costo del departamento de forjado en caliente es sólo de 480.000 dólares el cuarto año.

## H. Capacitación

Uno de los objetivos más importantes de la planta es la capacitación para que la planta llegue a ser lo más independiente posible de expertos y know-how extranjeros. Deben examinarse programas de asistencia técnica para la capacitación en el exterior (utilizando capacitadores de contraparte y expertos extranjeros en las primeras fases de producción de la planta) y la capacitación en la fábrica para el perfeccionamiento del personal. Entre los diferentes programas de capacitación figuran los destinados al personal de gestión, ingenieros y contraparte, capacitadores de contraparte (futuros técnicos o capataces), troquelistas, mecánicos, chapistas y forjadores.

El cuadro 13 resume los costos de capacitación que figuran detallados en cuadros en el apéndice III.

CUADRO 13. RESUMEN DE LOS COSTOS DE CAPACITACION  
(Miles de dólares)

| Tipo de capacitación   | Costo |
|--|-------|
| No local   |       |
| En la fábrica, para directivos, ingenieros, capacitadores de contraparte | 156   |
| Capacitación permanente (ingenieros, capacitadores de contraparte)       | 156   |
| Asistencia técnica para 45 años-persona a lo largo de cinco años         | 3 711 |
| Capacitación local para:   |       |
| Taller de chapa  | 142   |
| Taller de herramientas y matrices  | 298   |
| Departamento de forjado en caliente                                      | 19    |
| Total  | 4 542 |

## I. Plan preliminar de viabilidad

El estudio de viabilidad compara los ingresos de producción estimados con los gastos de explotación. El plan se basa en los siguientes elementos estimados para los cinco años de puesta en marcha de la fábrica:

|   |
|---|
| Producción efectiva                               |
| Costo estimado del material                       |
| Personal, sueldos y salarios                      |
| Costos de capacitación                            |
| Planes de inversiones y de amortizaciones         |
| Precios estimados de los productos; ingresos      |
| Costos de explotación                             |
| Balance de ingresos netos y resultado en efectivo |

Las cifras relativas al costo de los materiales se ha estimado que son un 20% superiores a las europeas.

Se da por supuesto que los empleados serán contratados por un período de cinco años y que la cuota total se alcanzará en el quinto año. El costo de los empleados se ha calculado sumando los costos de los diferentes niveles de categorías de empleo. Dichos costos varían de año en año como se muestra en los cuadros del apéndice IV. Los ingresos de producción empiezan en el segundo año. Los costos de capacitación local se añaden a los costos de explotación, pero se prevé pagar con fuentes exteriores un subsidio de capacitación, que se considera como ingreso. En los costos de explotación no se incluye el costo de expertos no locales y de becas de capacitación en el extranjero. Cabe suponer que esos gastos se financien con fondos de la CEE o bien con fondos bilaterales.

Para estimar la amortización de las inversiones, se han utilizado tasas de interés del 4% anuales para los edificios; del 5% para los sistemas generales y del 10% para la maquinaria y el equipo (véanse cuadros en el apéndice V).

A los costos de explotación se han añadido los costos de financiación. Se calcula que la financiación en efectivo equivale al 5% de los costos de explotación. Al balance de ingresos netos se han añadido los costos de financiación en inversiones y se estima que equivalen al 2% aproximadamente de la inversión total.

Los precios de los mercados locales se ha estimado que son un 30% superiores a los europeos (septiembre de 1979) para los trabajos de chapa y prensado en caliente.

### Proyecciones financieras para el departamento de proyecto de chapa

La producción se inicia al final del segundo año, dado que los dos primeros años están dedicados a la capacitación. La producción media estimada de chapa es de 19,5 kg/h por máquina. Esta media puede alcanzarse tras un aumento gradual de la eficacia. La producción de chapa desde el segundo hasta el quinto año debería ser la siguiente:

| Año | Producción (t) |
|-----|----------------|
| 2   | 98             |
| 3   | 323            |
| 4   | 610            |
| 5   | 835            |

Los empleados se contratarán por un período de cinco años. En el quinto año, habrá 5 directivos y administrativos, 6 capataces y supervisores, 34 operarios de producción y 7 trabajadores no calificados.

Los costos de capacitación local se han estimado dando por supuesto que los directivos y administrativos reciben capacitación sólo el primer año, los empleados de la planta de chapa como contraparte del capataz durante los cinco años; los chapistas los tres primeros años y los trabajadores generales los dos primeros.

Los cálculos relativos a la amortización se detallan por separado en el apéndice V. Los ingresos procedentes del taller de chapa se calculan suponiendo que el precio de mercado es de 2 dólares por kg. El cuadro 14 da un desglose de los gastos de explotación desde el primero al quinto año; dichos gastos se comparan con los ingresos previstos para obtener proyecciones de las pérdidas y ganancias en el cuadro 15.

CUADRO 14. DEPARTAMENTO DE Prensado DE LAMINAS DE METAL: COSTOS DE EXPLOTACION

(Miles de dólares)

| Partida                           | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Materias primas                   | 23    | 124   | 406   | 704   | 876   |
| Materiales auxiliares y fungibles | 2     | 12    | 40    | 70    | 87    |
| Energía                           | 1     | 4     | 14    | 25    | 35    |
| Mano de obra directa              | 5     | 17    | 35    | 52    | 68    |
| Mano de obra auxiliar             | 8     | 15    | 23    | 32    | 43    |
| Directivos y empleados            | 11    | 15    | 20    | 27    | 28    |
| Gastos generales                  | 4     | 18    | 50    | 91    | 110   |
| Varios                            | 2     | 8     | 22    | 42    | 60    |
| Total                             | 56    | 213   | 610   | 1 043 | 1 307 |

CUADRO 15. DEPARTAMENTO DE Prensado DE LAMINAS DE METAL: GANANCIAS Y PERDIDAS

Cantidad  
(miles de dólares)

| Partida                  | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Ingresos</b>          |       |       |       |       |       |
| Ventas de producción     | —     | 205   | 678   | 1 281 | 1 753 |
| Subsidio de capacitación | 24    | 32    | 33    | 23    | 30    |
| Ingresos totales         | 24    | 237   | 711   | 1 304 | 1 783 |
| <b>Costos</b>            |       |       |       |       |       |
| Costos de explotación    | 56    | 213   | 610   | 1 043 | 1 307 |
| Gastos de amortización   | 26    | 47    | 80    | 114   | 137   |
| Intereses explícitos     | 12    | 25    | 25    | 25    | 25    |
| Gastos totales           | 94    | 285   | 715   | 1 182 | 1 469 |
| Ganancias (pérdidas)     | (70)  | (48)  | (4)   | 122   | 314   |
| Efectivo neto            | (44)  | (1)   | 76    | 236   | 451   |

**Proyecciones financieras para el departamento de herramientas**

La producción del taller de herramientas se iniciará en el segundo año. Los dos primeros años están dedicados a la capacitación. A partir del

CUADRO 16. DEPARTAMENTO DE HERRAMIENTAS Y MATRICES: COSTOS DE EXPLOTACION

(Miles de dólares)

| Partida                            | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Materiales auxiliares y fungibles  | 7     | 14    | 21    | 34    | 57    |
| Energía                            | 3     | 6     | 8     | 13    | 22    |
| Mano de obra directa               | 12    | 32    | 57    | 88    | 125   |
| Mano de obra auxiliar              | 15    | 24    | 32    | 43    | 54    |
| Directivos y empleados             | 47    | 66    | 89    | 114   | 136   |
| Gastos generales                   | 8     | 14    | 21    | 29    | 40    |
| Costo del departamento de finanzas | 4     | 7     | 10    | 15    | 20    |
| Total                              | 96    | 163   | 233   | 336   | 454   |

segundo año, el tiempo dedicado a la producción será el siguiente:

| Año | Tiempo de producción (h) |
|-----|--------------------------|
| 2   | 7 200                    |
| 3   | 21 600                   |
| 4   | 43 200                   |
| 5   | 72 000                   |

Los empleados se contratarán por un período de cinco años. En el quinto año, se supone que habrá 6 directivos y administrativos; 14 ingenieros, 8 capataces y supervisores, 50 troquelistas y 8 trabajadores no calificados.

Las estimaciones de los costos de capacitación local abarcan sólo el primer año para directivos y administrativos; un año para ingenieros de contraparte; dos años para troquelistas; y el primer año para la mano de obra no calificada y trabajadores en general. La amortización se pormenoriza en el apéndice V.

Dado que las materias primas no se incluyen en las estimaciones de costos, los ingresos estimados se calculan a partir de las horas de producción comercializables. Estas se valoran a un precio de mercado de 8 dólares por hora (unos 12.000 dólares anuales por persona y máquina).

Los ingresos derivados de los servicios son el producto de las horas de trabajo de los ingenieros multiplicadas por un valor de 10 dólares por hora (unos 18.000 dólares anuales por persona).

En el cuadro 16 figura un desglose de los gastos de explotación desde el primero al quinto año; en el cuadro 17 dichos gastos se comparan con los ingresos previstos para obtener proyecciones de las pérdidas y ganancias.

**Proyecciones financieras para el departamento de forjado en caliente**

La producción se iniciará en el cuarto año y se calcula que será de 60 kg/h por máquina. Esta meta se alcanzará gradualmente. En el cuarto año se

CUADRO 17. DEPARTAMENTO DE HERRAMIENTAS Y MATRICES: GANANCIAS Y PERDIDAS

| Partida                      | Cantidad<br>(miles de dólares) |              |              |             |            |
|------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------|------------|
|                              | Año 1                          | Año 2        | Año 3        | Año 4       | Año 5      |
| <b>Ingresos</b>              |                                |              |              |             |            |
| Ventas de productos          | —                              | 57           | 173          | 346         | 576        |
| Ventas de servicios técnicos | —                              | 29           | 54           | 87          | 126        |
| Subsidio de capacitación     | 74                             | 50           | 50           | 58          | 66         |
| <b>Ingresos totales</b>      | <b>74</b>                      | <b>136</b>   | <b>277</b>   | <b>491</b>  | <b>768</b> |
| <b>Costos</b>                |                                |              |              |             |            |
| Costos de explotación        | 96                             | 163          | 238          | 336         | 454        |
| Gastos de amortización       | 55                             | 105          | 145          | 166         | 174        |
| Intereses explícitos         | 15                             | 30           | 30           | 30          | 30         |
| <b>Gastos totales</b>        | <b>166</b>                     | <b>298</b>   | <b>413</b>   | <b>532</b>  | <b>658</b> |
| <b>Ganancias (pérdidas)</b>  | <b>(92)</b>                    | <b>(162)</b> | <b>(136)</b> | <b>(41)</b> | <b>110</b> |
| <b>Efectivo neto</b>         | <b>(37)</b>                    | <b>(57)</b>  | <b>9</b>     | <b>125</b>  | <b>274</b> |

CUADRO 18. DEPARTAMENTO DE FORJADO EN CALIENTE: COSTOS DE EXPLOTACION

| Partida                             | (Miles de dólares) |            |
|-------------------------------------|--------------------|------------|
|                                     | Año 4              | Año 5      |
| Materias primas                     | 20                 | 60         |
| Materiales auxiliares y fungibles   | 2                  | 7          |
| Energía                             | 7                  | 10         |
| Mano de obra directa                | 4                  | 8          |
| Mano de obra auxiliar               | 3                  | 4          |
| Directivos y empleados              | —                  | —          |
| Gastos generales                    | 4                  | 10         |
| Costos del departamento de finanzas | 2                  | 5          |
| <b>Total</b>                        | <b>42</b>          | <b>104</b> |

Nota: No hay gastos en los tres primeros años.

CUADRO 19. DEPARTAMENTO DE FORJADO EN CALIENTE: GANANCIAS Y PERDIDAS

| Partida                     | (Miles de dólares) |            |
|-----------------------------|--------------------|------------|
|                             | Año 4              | Año 5      |
| <b>Ingresos</b>             |                    |            |
| Ventas de producción        | 58                 | 172        |
| Subsidio de capacitación    | 7                  | 12         |
| <b>Ingresos totales</b>     | <b>65</b>          | <b>184</b> |
| <b>Costos</b>               |                    |            |
| Costos de explotación       | 42                 | 104        |
| Gastos de amortización      | 50                 | 50         |
| Intereses explícitos        | 9                  | 9          |
| <b>Gastos totales</b>       | <b>101</b>         | <b>163</b> |
| <b>Ganancias (pérdidas)</b> | <b>(36)</b>        | <b>21</b>  |

producirán 29 toneladas de piezas forjadas. En el quinto año 86. Debido a los altos costos de inversión, se emplea el martillo pilón en dos turnos.

El personal, los sueldos y los salarios se detallan en el apéndice IV. Se necesita un capataz y cinco trabajadores de forja. Los costos de capacitación ascenderán a 7.000 dólares en el cuarto año y a 12.000 en el quinto.

En el apéndice V se dan las cifras de amortización durante los cinco años.

Los ingresos se valoran a un precio de mercado de unos 2 dólares por kg de las piezas forjadas.

Los costos de explotación del departamento de forjado en caliente figuran en el cuadro 18. En el cuadro 19, dichos costos se comparan con los ingresos para obtener proyecciones de las pérdidas y ganancias.

Apéndice I

TIPOS DE MATRICES Y PRODUCTOS RELACIONADOS CON MATRICES

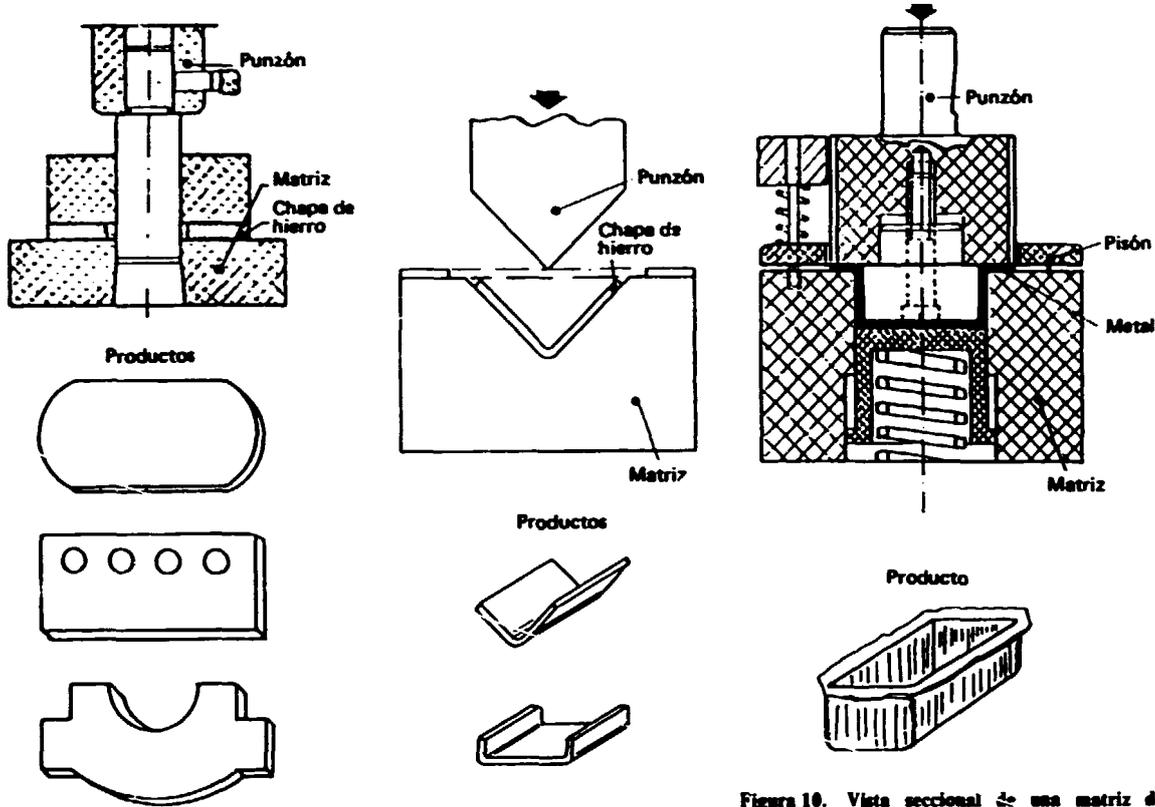


Figura 8. Vista seccional de una matriz de cortar. El punzón macho encaja en el agujero de la matriz; matriz y punzón pueden tener diversas formas.

Figura 9. Vista seccional de una matriz de doblar. La matriz tiene una ranura. El punzón dobla la chapa de hierro.

Figura 10. Vista seccional de una matriz de embutir. La matriz tiene una cavidad de profundidad adecuada. La chapa de hierro ha de colocarse sobre la matriz y quedar afianzada mediante el molle del pisón. El punzón reproduce todo el perfil de la matriz en la chapa de hierro.

Apéndice II

DETALLES DEL EQUIPO Y DE LA SUPERFICIE NECESARIOS PARA LA UNIDAD DE PENSADO DE LAS PDPM

Selección de maquinaria para el departamento de prensado

Las necesidades del departamento de prensado en materia de superficie y energía se indican en el cuadro 20.

CUADRO 20. NECESIDADES DE LA UNIDAD DE PENSADO EN MATERIA DE SUPERFICIE Y ENERGIA

| Máquina  | Número | Necesidades de cada máquina  |              | Total                        |              |
|--|--------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|  |        | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) |
| Prensa hidráulica de 250 t                     | 1      | 12                           | 49           | 12                           | 49           |
| Prensa mecánica de 100 t (mesa 1 000 × 550 mm) | 2      | 8                            | 13           | 16                           | 26           |
| Prensa mecánica de 80 t (mesa 880 × 480 mm)    | 3      | 8                            | 11           | 24                           | 33           |
| Prensa mecánica de 50 t (mesa 880 × 500 mm)    | 5      | 7                            | 9            | 35                           | 45           |

CUADRO 20 (continuación)

| Máquina                                     | Número | Necesidades de cada máquina  |              | Total                        |              |
|---|--------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|   |        | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) |
| Prensa mecánica de 30 t (mesa 380 × 700 mm) | 1      | 5                            | 9            | 5                            | 9            |
| Cortadora de guillotina de 2 050 mm         | 2      | 18                           | 5            | 36                           | 10           |
| Prensa para curvar                          | 2      | 9                            | 6            | 18                           | 12           |
| Curvadora de funcionamiento manual          | 1      | 3                            | —            | 3                            | —            |
| Curvadora de tubos                          | 2      | 12                           | 39           | 24                           | 78           |
| Soldadora por puntos                        | 1      | 2                            | 22           | 2                            | 22           |
| Ranuradora                                  | 1      | 2                            | 3            | 2                            | 3            |
| Cortadora de disco                          | 1      | 3                            | 1            | 3                            | 1            |
| Máquina curvadora de disco                  | 1      | 4                            | 5            | 4                            | 5            |
| Soldadora en atmósfera de gas inerte        | 1      | 4                            | 25           | 4                            | 25           |
| <b>Total</b>                                |        |                              |              | <b>188</b>                   | <b>318</b>   |

A continuación se indican las ventajas e inconvenientes de diversas prensas de chapa.

| Tipo                                    | Ventajas  | Inconvenientes   |
|---|---|--|
| Prensa hidráulica                       | La fuerza aplicada es constante. Es posible efectuar muchos tipos de embutición<br>Fácilmente controlable | Elevado costo<br>El empuje al final del tramo no es positivo<br>Pocos ciclos por minuto  |
| Prensa mecánica de embrague de fricción | Dobla y punzona satisfactoriamente  | La velocidad varía durante el funcionamiento<br>La embutición es difícil   |
| Prensa de embrague de garras            | Las mismas ventajas que la prensa mecánica de embrague de fricción  | Los mismos inconvenientes que la prensa mecánica de embrague de fricción<br>El embrague y la sujeción del trinquete se desgastan fácilmente y la corredera puede desprenderse al final del tramo (seguridad) |

Se ha escogido la prensa mecánica de embrague de fricción por ofrecer más seguridad que la prensa de embrague de garras. Las prensas hidráulicas deben utilizarse para actividades de embutición.

A continuación se exponen las características de funcionamiento y las aplicaciones del equipo para chapa.

| Máquina                                | Características de funcionamiento   | Aplicaciones   |
|--|---|--|
| Cortadora de guillotina                | Una cuchilla (de la misma longitud que la máquina) corta la chapa metálica en dos secciones en una sola operación                             | Todos los cortes en línea recta efectuados en chapas de tamaño normalizado                 |
| Cortadora de disco                     | Dos discos afilados que se tocan cortan la chapa que avanza hacia la cuchilla   | La chapa puede cortarse en discos, anillos concéntricos, y perfiles de gran radio          |
| Ranuradora                             | Cuchillas opuestas, de algunos milímetros de longitud, efectúan una serie de pequeñas ranuras, cortando la chapa que se introduce manualmente | Pueden efectuarse perfiles o ángulos irregulares   |
| Máquina de plegar                      | Un punzón y una matriz pliegan el metal   | Se realizan pliegues, formas estriadas, salientes rectos mediante una serie de operaciones |
| Máquinas de doblar para tubos y perfil | Un mecanismo de avance accionado manual o mecánicamente mueve la pieza hacia la horma y la dobla  | Pueden doblarse tubos de hasta 50 mm de diámetro   |
| Soldadoras por puntos                  | Se prensan una contra otra dos chapas entre dos electrodos. La corriente que la atraviesa funde el metal y se produce la soldadura de puntos  | Ensambladura final de piezas prensadas, perfiladas o conformadas                           |
| Soldadora en atmósfera de gas inerte   | Un electrodo de hilo continuo para soldadura en atmósfera de gas inerte, protegido de la oxidación mediante un gas inerte                     | Soldadura de acero inoxidable, aceros aleados y metales no ferrosos                        |

Estas máquinas pueden fabricar piezas mayores que las fabricadas por prensas. Fabrican pequeños lotes en los casos en que una matriz tendría un costo demasiado elevado. Las máquinas pueden dar forma a tubos y secciones para su montaje en productos complejos, por ejemplo, empuñaduras para carretillas. Las máquinas pueden también montar diversos artículos.

#### Selección de maquinaria para el departamento de instrumentos y matrices

En el cuadro 21 se indican las necesidades de superficie y energía del departamento de instrumentos y matrices. La selección de maquinaria para este departamento se basa en las siguientes consideraciones:

a) Los tornos, las fresadoras y las taladradoras son máquinas básicas para la capacitación de un trabajador calificado;

b) En todos los trabajos de mecanizado, los tornos, las fresadoras y las taladradoras efectúan siempre los trabajos básicos iniciales. Las posibles sobrecargas de trabajo pueden absorberse fácilmente dado que existen muchas máquinas. En trabajos de gran precisión, como el taladro, y de termotratamiento después de la electrodeposición, como la rectificación, pueden utilizarse dos turnos de trabajo por día;

c) Es posible modificar esas máquinas básicas para fabricar series de volumen medio utilizando métodos sencillos y de bajo costo. Así, por ejemplo, es posible incorporar un mecanismo de reproducir al torno o incorporar engranajes especiales a la fresadora para levas. El gran número de máquinas permite una mayor flexibilidad.

CUADRO 21. NECESIDADES DE SUPERFICIE Y ENERGÍA DEL DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTOS Y MATRICES

| Máquina   | Número     | Necesidades de cada máquina  |              | Total                        |              |
|---|------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|   |            | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) |
| Torno plano (250 × 2 000 mm)  | 2          | 6,7                          | 9,0          | 13,4                         | 18,0         |
| Torno plano (180 × 800 mm)  | 5          | 2,7                          | 3,8          | 13,4                         | 18,8         |
| Torno plano (180 × 1 200 mm)  | 1          | 4,0                          | 3,8          | 4,0                          | 3,8          |
| Torno plano (100 × 500 mm)  | 10         | 1,7                          | 3,8          | 16,8                         | 37,5         |
| Torno de plato (830 mm diámetro × 1 120 mm longitud)                          | 1          | 5,0                          | 15,7         | 5,0                          | 15,7         |
| Fresadora copiadora (mesa 1 200 × 280 mm)                                     | 1          | 2,0                          | 9,1          | 2,0                          | 9,1          |
| Fresadora de precisión (mesa 1 100 × 250 mm)                                  | 8          | 10,2                         | 4,6          | 81,6                         | 36,9         |
| Fresadora vertical (mesa 680 × 2 000 mm)                                      | 1          | 22,5                         | 17,4         | 22,5                         | 17,4         |
| Taladradora radial (30 mm diámetro perforación)                               | 1          | 6,6                          | 4,1          | 6,6                          | 4,1          |
| Taladradora manual (40 a 50 mm diámetro perforación)                          | 2          | 0,9                          | 2,4          | 1,8                          | 4,8          |
| Taladradora manual de columna   | 6          | 0,3                          | 0,5          | 1,9                          | 3,0          |
| Pequeña grabadora de matriz en taladradora de plantilla                       | 1          | 7,4                          | 2,9          | 7,4                          | 2,9          |
| Fresadora horizontal (mesa 1 000 × 500 × 500 mm)                              | 1          | 28,9                         | 7,5          | 28,9                         | 7,5          |
| Rectificadora de superficies con husillo horizontal (mesa 400 × 1 000 mm)     | 1          | 20,9                         | 4,5          | 20,9                         | 4,5          |
| Rectificadora de superficies con husillo vertical (mesa 280 × 600 mm)         | 1          | 18,0                         | 4,5          | 18,0                         | 4,5          |
| Rectificadora de precisión (mesa 200 × 300 mm)                                | 1          | 11,2                         | 2,3          | 11,2                         | 2,3          |
| Rectificadora cilíndrica (180 × 1 000 mm)                                     | 1          | 24,0                         | 12,0         | 24,0                         | 12,0         |
| Rectificadora cilíndrica (120 × 700 mm)                                       | 1          | 20,0                         | 10,5         | 20,0                         | 10,5         |
| Afiladora universal   | 2          | 13,2                         | 2,0          | 26,4                         | 4,0          |
| Pequeña afiladora universal   | 1          | 12,2                         | 1,1          | 12,2                         | 1,1          |
| Electroerosionadora (mesa 500 × 500 mm)                                       | 1          | 10,5                         | 24,0         | 10,5                         | 24,0         |
| Banco de montaje (mesa 1 000 × 700 mm)  | 40         | 2,1                          | —            | 84,0                         | —            |
| Rectificadora de columna con ruedas gemelas (250 mm diámetro × 30 mm anchura) | 5          | 0,4                          | 0,2          | 1,9                          | 1,2          |
| Máquina marcadora de pantógrafo   | 1          | 6,0                          | 1,3          | 6,0                          | 1,3          |
| Pantógrafo para incisiones eléctricas   | 1          | —                            | 1,0          | —                            | 1,0          |
| Bruñidora (350 mm diámetro mesa)  | 1          | —                            | 1,0          | —                            | 1,0          |
| Máquina de enroscado automático   | 1          | 3,0                          | 4,0          | 3,0                          | 4,0          |
| Sierra mecánica alternativa   | 2          | 2,5                          | 2,0          | 5,1                          | 4,0          |
| Máquina de sobreacabado   | 1          | 2,8                          | 2,0          | 2,8                          | 2,0          |
| Desengrasadora de tricloroetileno   | 1          | 2,6                          | 5,0          | 2,6                          | 5,0          |
| Prensa de husillo de funcionamiento manual                                    | 1          | 1,0                          | —            | 1,0                          | —            |
| Soldadora por arco eléctrico  | 2          | —                            | 15,0         | —                            | 30,0         |
| Equipo de soldadura de soplete  | 2          | —                            | —            | —                            | —            |
| Horno de baño de sales con equipo pirométrico                                 | 1          | —                            | 100,0        | —                            | 100,0        |
| Horno de mufla con equipo pirométrico   | 1          | —                            | 35,0         | —                            | 35,0         |
| Horno de revenido con equipo pirométrico                                      | 1          | —                            | 35,0         | —                            | 35,0         |
| Comparador óptico de perfiles   | 1          | 6,0                          | 0,2          | 6,0                          | 0,2          |
| <b>Total</b>  | <b>111</b> |                              |              | <b>460,9</b>                 | <b>462,0</b> |

A continuación se indican las características de funcionamiento de varios tipos de torno

| <i>Tipo de torno</i>                   | <i>Características de funcionamiento</i>   | <i>Observaciones generales</i>   |
|--|--|--|
| Torno paralelo                         | La pieza de trabajo gira sobre su eje. La pieza de trabajo está montada entre puntos o inmovilizada mediante un mandril autocentrador. Los controles son mecánicos, y funcionan manualmente  | Este es el torno más simple y universal. El torno paralelo efectúa el mecanizado de palanquillas y piezas cortadas fundidas, forjadas o con un primer mecanizado   |
| Torno de plato                         | Idéntico al del torno paralelo, pero utilizado para piezas anchas y cortas   | Idénticas al anterior pero de mayor costo debido a! mayor tamaño del cabezal   |
| Torno de copiar                        | El palpador accionado hidráulicamente sigue el perfil de una pieza patrón y controla el instrumento, que efectúa el mecanizado del perfil en la pieza  | La máquina de copiar necesita mantenimiento periódico. El torno de copiar se utiliza para series de producción medianas. Este torno tiene limitaciones respecto al tamaño de la pieza  |
| Torno revólver                         | Su construcción es similar a la del torno paralelo. Tiene una torreta de revólver hexagonal que gira alrededor de un eje vertical. Esta torreta contiene varios instrumentos, cada uno para una operación diferente. La torreta funciona manualmente | Una máquina compleja, complicada y cara para la producción a mediana escala  |
| Torno de mando numérico                | El movimiento de carro, la velocidad y el avance están controlados electrónicamente mediante tarjetas perforadas o cintas magnéticas   | Máquina muy cara, complicada y delicada para la producción a pequeña o mediana escala  |
| Torno de varal automático              | Largas barras mecanizadas pasan a través de una serie de husillos. Se necesita un juego de herramientas y levas para fabricar cada pieza. La última leva corta la pieza de la barra  | Se utilizan únicamente para la fabricación a gran escala. Cada pieza requiere un equipo costoso. De las barras sólo pueden obtenerse piezas de pequeño diámetro  |
| Torno automático de husillos múltiples | Seis u ocho barras giratorias, cada una frente a un puesto de trabajo en el que tiene lugar una operación. Un tambor de barra girante desplaza las barras hacia un nuevo puesto de trabajo para el siguiente trabajo de mecanización                 | Para producción a muy elevada escala. El torno automático de husillos múltiples utiliza instrumentos y equipo de muy elevado costo y únicamente efectúa el mecanizado de piezas procedentes de las barras. La máquina es muy costosa |

Los tornos automáticos de husillos múltiples y los tornos de varal automáticos no se seleccionan para las PDPM debido al pequeño volumen de producción. Los tornos de mando numéricos son demasiado complicados y requieren un equipo de programadores.

Los tornos para la producción a mediana escala, los tornos de copiar y los tornos revólver no son adecuados.

Se escogieron los tornos paralelos tradicionales debido a su flexibilidad y economía. A efectos de mantenimiento, el torno de plato es indispensable en las dos operaciones, fabricación de placas portadoras de la matriz y recabado de ruedas y volantes de máquina.

A continuación se indican las características de funcionamiento de las fresadoras.

| <i>Tipo de fresadora</i>         | <i>Características de funcionamiento</i>  | <i>Observaciones generales</i>  |
|----------------------------------|---|---|
| Fresadora horizontal             | Fresas montadas en un husillo horizontal  | Necesaria para el aplanamiento y para hacer túneles rectos de diversas formas   |
| Fresadora universal              | Fabricada basándose en las fresadoras horizontales. Utiliza fresas montadas en husillos horizontales y verticales | Produce muchas formas fresadas diferentes incluidas las helicoidales  |
| Fresadora vertical               | Tiene un husillo vertical oscilante   | Utilizada para túneles rectos o circulares, para conformación y aplanamiento. De menor costo que otras fresadoras pero con limitaciones de funcionamiento |
| Fresadora universal de precisión | Una versión perfeccionada de la fresadora universal   |   |
| Fresadora con bancada            | Funciona con una o más fresas montadas en uno o más árboles acanalados  | Utilizada para producción en gran escala, de mucha resistencia  |
| Fresadora copiadora              | Copia de un patrón de la pieza de trabajo   | Puede fresar perfiles complejos e irregulares   |

La fresadora de precisión universal ha sido seleccionada debido a sus múltiples aplicaciones. No se ha escogido la fresadora horizontal debido a su limitado campo de aplicación. La fresadora con bancada se utiliza para la fabricación a gran escala y no ha sido seleccionada. Una fresadora vertical con una mesa de gran longitud (680 × 2.000 mm) es indispensable para el aplanamiento pesado debido a su rigidez. La fresadora copiadora es necesaria para la fabricación de piezas forjadas en caliente y para fabricar moldes fundidos y moldes para plástico.

Se utiliza una rectificadora tipo universal para la fabricación a mediana y pequeña escala.

Las rectificadoras para superficies circulares y planas destinadas a las PDPM han sido diseñadas con una mesa móvil accionada hidráulicamente (por razones de precisión) y un avance y mecanismo de enderezamiento de funcionamiento manual (por razones económicas).

Las rectificadoras circulares utilizan un mecanismo hidráulico rápido dado que se produce en series pequeñas (en ocasiones sólo para la pieza) y las operaciones de medición son frecuentes.

Son necesarios sistemas de control para rectificar piezas de gran precisión y acabados de superficies finas. Las características de esos sistemas son las siguientes:

| Movimiento controlado  | Tipo de sistema                                |   |   |
|--|--|---|---|
|  | Hidráulico                                     | Mecánico  | Manual  |
| Avance de la mesa  | Control de velocidad preciso, seguro, continuo | Control de velocidad preciso, seguro. Anticuado debido a las dificultades de mantenimiento y al control de velocidad progresivo | El movimiento puede ser irregular y la mesa puede vibrar  |
| Vuelta rápida a la pieza (sólo en rectificadoras circulares) | Preciso, muy rápido                            |   | Tarda mucho tiempo en acercarse a la pieza. Surgen dificultades cuando las operaciones de medición son frecuentes |
| Avance   | Control preciso, continuo. Caro                | Preciso   | Económico   |
| Reavivado de muelas abrasivas                                | El movimiento es uniforme y regular            | Preciso   | Bastante preciso y económico  |

Las dos taladradoras de precisión (una pequeña, la otra con una mesa de 1.000 × 500 mm) son necesarias en un taller de maquinaria de precisión. Esas máquinas se utilizan para taladrar agujeros con tolerancias limitadas, hacen agujeros a distancias muy definidas y mecanizan superficies con separaciones muy definidas. Pueden fabricarse, repararse o reacondicionarse portamatrices y diversos artículos planos.

Las afiladoras universales ofrecen una amplia gama de equipo incluidos cabezales móviles, cabezales de división, tornillos portapiezas giratorios, instrumentos para rectificado de curvas cóncavas y convexas. Estas máquinas hacen estrías, ranuras y otras operaciones.

La electroerosionadora fabrica punzones y matrices con perfiles de extraordinaria complejidad que de otro modo no podrían fabricarse. Estos perfiles son para piezas de recambio, matrices, perfiles con una indentación, y formas cóncavas de radio pequeño. La máquina es muy compleja y puede incrementar la gama de producción así como familiarizar a los trabajadores con las posibilidades de la tecnología moderna.

Para pintar la pieza se utiliza un pistolete de pulverización de aire comprimido. La cabina de pulverización incluirá una cortina de agua con dos ventiladores para aspirar vapores. El desgrasado se efectúa manualmente en seis tanques de 500 × 600 × 600 mm. Se cubre todo el suelo con una plataforma de madera. Hay asimismo un tanque para desgrasado en caliente.

Los componentes de la matriz se someten a tratamiento por calor. Existen tres hornos. Uno es del tipo de baños de sales y los otros dos son del tipo horno de mufla. Estos se utilizan para la carbocementación, endurecimiento, atemperación, atenuación de esfuerzos residuales (soldadura), normalización y recocido.

*Selección de maquinaria para el departamento de prensado en caliente*

En el cuadro 22 se indican las necesidades de superficie y energía del departamento de prensado en caliente.

CUADRO 22. NECESIDADES DE SUPERFICIE Y ENERGÍA DEL DEPARTAMENTO DE PRENSADO EN CALIENTE

| Máquina                       | Número | Necesidades de cada máquina  |              | Total                        |              |
|-------------------------------|--------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
|                               |        | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Energía (kW) |
| Martillo de prensa (1 500 kg) | 1      | 10                           | 45           | 10                           | 45           |
| Prensa de recortar            | 1      | 8                            | 20           | 8                            | 20           |
| Horno precalentador           | 1      | 6                            | 35           | 6                            | 35           |

El departamento de forjado en caliente puede entrar plenamente en funcionamiento en el cuarto o quinto año. Tiene un martillo de prensa dirigido (martinete de 1.500 kg) para la producción de piezas de pequeño y mediano tamaño (hasta 2,5 kg). El martinete es una máquina totalmente equipada con accesorios. Para terminar las piezas se utiliza una prensa recortadora. El calentamiento se efectúa mediante un horno eléctrico, dado que un horno de fueloil requeriría la instalación de un depósito de combustible. Se escogen máquinas que pueden utilizar matrices en vez de un martillo pilón de armazón abierto que necesita trabajadores altamente calificados.

A continuación se indican las ventajas e inconvenientes de diversas prensas.

| <i>Tipo de prensa</i> | <i>Características de funcionamiento</i>  | <i>Ventajas e inconvenientes</i>  |
|-----------------------|---|---|
| Prensa de excéntrica  | Una excéntrica proporciona impulso al martinete   | Elevado costo, limitada aplicación a otros usos, desgaste rápido de la matriz. Dificultades en el montaje de matrices. Escasa velocidad. El calor produce una disminución de la vida de la matriz |
| Prensa de rozamiento  | La prensa de rozamiento tiene una pieza y un tiempo de contacto de la matriz menor que la prensa de excéntrica. Ello facilita el montaje de la matriz. Para obtener el grueso deseado es posible apisonar la misma pieza varias veces | Costo moderado, versatilidad limitada, el desgaste de la matriz es irregular  |
| Prensa hidráulica     | El sistema hidráulico permite utilizar matrices de apisonamiento múltiple y hace posible una diversificación de la producción. Es un centro de trabajo independiente en la planta   | Costo bastante elevado, versatilidad excelente, bajo costo de la matriz   |

La prensa recortadora seleccionada tiene las mismas características que la prensa de forjar hidráulica, pero tiene menos potencia.

#### *Otro equipo y transporte*

El horno eléctrico tiene un mayor control de la temperatura, es menos complejo y produce una oxidación menor que el horno de fueloil. Sin embargo, el horno eléctrico utiliza más energía y puede sufrir averías en la línea. La sierra de acero es una máquina tradicional, y puede encontrarse en el mercado.

El transporte de materiales se efectúa mediante plataformas de carga de funcionamiento manual en los diversos departamentos, mediante una grúa de brazo horizontal de 5 toneladas que levanta piezas pesadas en el departamento de herramientas y mediante dos carretillas de horquilla elevadora que transportan los materiales de fabricación a los almacenes y departamentos de producción y desde éstos a otros departamentos. La planta dispondrá también de un camión de reparto.

### **Apéndice III**

#### DETALLE DE LOS COSTOS DE CAPACITACION

CUADRO 23. COSTOS DE CAPACITACION NO LOCAL

(Dólares)

| <i>Partida</i> | <i>Costo por pasante</i> | <i>Costo total</i> |
|----------------|--------------------------|--------------------|
| Viaje          | 3 000                    | 72 000             |
| Dietas         | 4 000                    | 96 000             |
| Capacitación   | 6 000                    | 144 000            |
| Total          |                          | 312 000            |

CUADRO 24. PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL DEPARTAMENTO DE CHAPA DE LAS PDPM

| Puesto o función   | Duración<br>(años)  | Costo anual (en miles de dólares) |       |       |       |       | Costo total<br>(en miles<br>de dólares) |
|--|---------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|---|
|  |                     | Año 1                             | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |   |
| Jefe del proyecto (tres años en funciones<br>de director general)  | 5                   | 80                                | 90    | 90    | 100   | 100   | 460                                     |
| Capacitador jefe de talleres y gerentes  | 4                   | 35                                | 80    | 80    | 90    | 45    | 330                                     |
| Ingeniero de planta de chapas  | 2                   | 70                                | 80    |       |       |       | 150                                     |
| Capacitador de trabajos de elaboración de chapa  | 3                   | 30                                | 70    | 70    | 40    |       | 210                                     |
| Capacitador de trabajadores de precisión y troquelistas  | 3                   | 30                                | 70    | 70    | 40    |       | 210                                     |
| Capacitador de trabajadores de precisión y troquelistas  | 3                   |                                   | 70    | 70    | 80    |       | 220                                     |
| Capacitador de trabajadores de precisión y troquelistas  | 3                   |                                   | 35    | 70    | 80    | 40    | 225                                     |
| Instructor en materia de precisión<br>(instrumentos mecánicos)   | 3                   |                                   |       | 80    | 90    | 90    | 260                                     |
| Diseñador de productos de chapa  | 3                   | 35                                | 80    | 80    | 45    |       | 240                                     |
| Diseñador de instrumentos y matrices   | 3                   | 35                                | 80    | 80    | 45    |       | 240                                     |
| Diseñador de instrumentos y matrices   | 3                   |                                   | 40    | 80    | 90    | 45    | 255                                     |
| Ingeniero industrial y economista  | 3                   | 35                                | 80    | 80    | 45    |       | 240                                     |
| Ingeniero de comercialización  | 2                   | 70                                | 80    |       |       |       | 150                                     |
| Expertos técnicos a corto plazo (de cuatro a seis meses)<br>en control de calidad, tratamiento por calor, planta<br>de especialistas y diseño de instrumentos (para cinco<br>años-persona) | 5                   |                                   | 40    | 120   | 135   | 135   | 430                                     |
| Costo preliminar para compra de equipo, actividades<br>de construcción local y contratación  |                     |                                   |       |       |       |       | 150                                     |
| Total  | 45 años-<br>persona | 420                               | 895   | 970   | 880   | 455   | 3 770                                   |

CUADRO 25. COSTOS DE CAPACITACION LOCAL DEL DEPARTAMENTO DE CHAPA<sup>a</sup>

| Puesto o función                           | Costo anual (en miles de dólares) |           |           |          |        |
|--|-----------------------------------|-----------|-----------|----------|--------|
|  | Año 1                             | Año 2     | Año 3     | Año 4    | Año 5  |
| Gerente                                    | 8 (1)                             |           |           |          |        |
| Ayudante de contable                       | 2,5 (1)                           |           |           |          |        |
| Supervisor y capacitador<br>de contraparte | 6 (2)                             | 10,5 (3)  | 16 (4)    | 22,5 (5) | 30 (6) |
| Trabajadores de chapa                      | 5 (5)                             | 16,8 (14) | 16,8 (14) |          |        |
| Trabajadores no calificados<br>auxiliares  | 2 (2)                             | 4,8 (4)   |           |          |        |
| Total                                      | 23,5                              | 32,1      | 32,8      | 22,5     | 30     |

<sup>a</sup>Las cifras entre paréntesis indican el número de puestos de trabajo.

CUADRO 26. COSTOS DE CAPACITACION LOCAL DEL DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTOS Y MATRICES<sup>a</sup>

| Puesto o función                                   | Costo anual (en miles de dólares) |          |         |          |         |
|--|-----------------------------------|----------|---------|----------|---------|
|  | Año 1                             | Año 2    | Año 3   | Año 4    | Año 5   |
| Gerente  | 8 (1)                             |          |         |          |         |
| Secretario de la empresa<br>y contable             | 6 (1)                             |          |         |          |         |
| Ayudante de contable                               | 2,5 (1)                           |          |         |          |         |
| Capataces y capacitador<br>de contraparte          | 12 (4)                            | 17,5 (5) | 24 (6)  | 31,5 (7) | 40 (8)  |
| Ingenieros de contraparte<br>y técnicos            | 30 (6)                            | 10 (2)   | 10 (2)  | 10 (2)   | 10 (2)  |
| Trabajadores de chapa,<br>troquelistas y mecánicos | 12 (10)                           | 16 (20)  | 16 (20) | 16 (20)  | 16 (20) |
| Trabajadores no calificados<br>auxiliares          | 3 (3)                             | 6 (5)    |         |          |         |
| Total  | 73,5                              | 49,5     | 50      | 57,5     | 66      |

<sup>a</sup>Las cifras entre paréntesis indican el número de puestos de trabajo.

CUADRO 27. RESUMEN DE LOS COSTOS DE CAPACITACION

(Miles de dólares)

| Partida   | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Total |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Capacitación colectiva en el trabajo (no local)                           | 156   |       |       |       |       | 156   |
| Perfeccionamiento de ingenieros y capacitadores de contraparte (no local) | 156   |       |       |       |       | 156   |
| Asistencia técnica  | 570   | 896   | 970   | 880   | 455   | 3 771 |
| Capacitación local  |       |       |       |       |       |       |
| Taller de instrumentos y matrices   | 74    | 50    | 50    | 58    | 66    | 298   |
| Chapa   | 24    | 32    | 33    | 23    | 30    | 142   |
| Forjado   |       |       |       | 7     | 12    | 19    |
| Costo total de capacitación   | 980   | 978   | 1 053 | 968   | 563   | 4 542 |

## Apéndice IV

## PERSONAL Y COSTOS DE PERSONAL

CUADRO 28. PERSONAL PARA EL DEPARTAMENTO DE Prensado de Chapa<sup>a</sup>

(Número de personas)

| Puesto o función                        | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gerente                                 | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Ayudante de contable                    | 1     | 2     | 3     | 4     | 4     |
| Supervisor y capacitador de contraparte | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| Trabajadores de chapa                   | 5     | 14    | 23    | 29    | 34    |
| Trabajadores auxiliares no calificados  | 2     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Total                                   | 11    | 24    | 36    | 45    | 52    |

<sup>a</sup>Lista parcial.CUADRO 29. PERSONAL PARA EL DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTOS Y MATRICES<sup>a</sup>

(Número de personas)

| Puesto o función                        | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gerente                                 | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Contable                                | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| Secretario y contable                   | 1     | 2     | 3     | 4     | 4     |
| Supervisor y capacitador de contraparte | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| Ingenieros y técnicos de contraparte    | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    |
| Troquelistas y mecánicos                | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    |
| Trabajadores auxiliares no calificados  | 3     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| Total                                   | 26    | 42    | 57    | 72    | 86    |

<sup>a</sup>Lista parcial.

CUADRO 30. COSTOS DE PERSONAL PARA EL DEPARTAMENTO DE Prensado de Chapa

(Miles de dólares)

| Personal                                    | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gerente                                     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| Ayudante de contable                        | 2,5   | 6     | 10,5  | 16    | 16    |
| Supervisores y capacitadores de contraparte | 6     | 10,5  | 16    | 22,5  | 30    |
| Trabajadores de chapa                       | 5     | 16,8  | 34,5  | 52,2  | 68    |
| Trabajadores auxiliares no calificados      | 2     | 4,8   | 7     | 9,6   | 12,6  |
| Total                                       | 24    | 47    | 78    | 111   | 139   |

CUADRO 31. COSTOS DE PERSONAL PARA EL DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTOS Y MATRICES

(Miles de dólares)

| Personal                                | Año 1     | Año 2      | Año 3      | Año 4      | Año 5      |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Gerente                                 | 8         | 9          | 10         | 11         | 12         |
| Contable                                | 6         | 7          | 8          | 9          | 10         |
| Secretario y contable                   | 2,5       | 6          | 10,5       | 16         | 16         |
| Supervisor y capacitador de contraparte | 12        | 17,5       | 24         | 31,5       | 40         |
| Ingenieros y técnicos de contraparte    | 30        | 44         | 60         | 78         | 98         |
| Troquelistas y mecánicos                | 12        | 32         | 57         | 88         | 125        |
| Trabajadores auxiliares no calificados  | 3         | 6          | 8,4        | 11,2       | 14,4       |
| <b>Total</b>                            | <b>74</b> | <b>122</b> | <b>178</b> | <b>245</b> | <b>315</b> |

*Apéndice V*

## INVERSION Y DEPRECIACION

CUADRO 32. INVERSION Y AMORTIZACION (DEPARTAMENTO DE PRENSADO DE CHAPA)

(Miles de dólares)

| Partida                   | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Edificios</b>          |       |       |       |       |       |
| Inversión                 | 258   |       |       |       |       |
| Amortización              | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
| <b>Sistemas generales</b> |       |       |       |       |       |
| Inversión                 | 135   |       |       |       |       |
| Amortización              | 7     | 7     | 7     | 7     | 6     |
| <b>Maquinaria</b>         |       |       |       |       |       |
| Inversión                 | 96    | 210   | 330   | 340   | 230   |
| Amortización              | 9     | 30    | 63    | 97    | 120   |

CUADRO 33. INVERSION Y AMORTIZACION (DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTOS Y MATRICES)

(Miles de dólares)

| Partida                   | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Edificios</b>          |       |       |       |       |       |
| Inversión                 | 342   |       |       |       |       |
| Amortización              | 14    | 14    | 14    | 14    | 14    |
| <b>Sistemas generales</b> |       |       |       |       |       |
| Inversión                 | 203   |       |       |       |       |
| Amortización              | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
| <b>Maquinaria</b>         |       |       |       |       |       |
| Inversión                 | 305   | 500   | 400   | 210   | 85    |
| Amortización              | 31    | 81    | 121   | 142   | 150   |

### III. Fundición

Los principales objetivos del presente estudio son:

- a) Identificar la demanda actual y prevista de fundiciones de hierro y de metales no ferrosos y de servicios especializados;
- b) Desarrollar las capacidades profesionales del personal local en las esferas de la administración, la comercialización, la ingeniería y la tecnología;
- c) Capacitar a trabajadores para la producción y para tareas altamente especializadas como la fabricación de modelos, el mecanizado de precisión, el mantenimiento y el control general de las instalaciones;
- d) Producir bienes de capital, incluidas piezas de fundición mecanizadas de calidad elevada.

De esta manera la planta podrá ser auto-suficiente y no depender del know-how extranjero. Asimismo, la planta podrá suministrar a las industrias locales servicios de ingeniería y de máquinas herramientas, o de fabricación de modelos, generando así ingresos adicionales para la fábrica. En términos generales, la planta debe también trabajar para el mercado y obtener beneficios. Este es un aspecto de otros objetivos de mayor alcance e importancia, tales como las mejoras sociales y la generación de actividades secundarias.

El estudio consta de dos partes: a) descripción detallada de la planta de fundición propuesta, incluido un análisis de las necesidades financieras, de personal y de maquinaria para que sea viable, y b) examen de la adaptación de los procesos de fundición para su utilización en países en desarrollo.

#### A. Descripción de la planta de fundición propuesta

La planta de fundición consta de una fundición de hierro, una pequeña fundición de metales no ferrosos, un departamento de máquinas herramientas y mantenimiento y un taller de fabricación de modelos.

#### *Tecnología de la fundición*

La producción de piezas fundidas en arena incluye las siguientes etapas:

a) Producción del modelo. En esta etapa la idea del diseñador se traduce en un modelo. El modelista debe tener en cuenta las características fisicoquímicas y metalúrgicas de la materia prima, de los materiales refractarios y de los procesos de fundición;

b) Producción del molde;

c) Preparación de la arena y los elementos aglutinantes que forman el molde;

d) Preparación de los machos. Si la fundición es hueca se requieren machos. La plantilla que da forma al macho se denomina "caja de machos";

e) Preparación del metal. Esto supone la fusión, así como el control adecuado de la composición;

f) Montaje de los machos y fijación de los moldes;

g) Introducción de metal líquido en el molde;

h) Retirada de la fundición solidificada de la arena (desmoldeo);

i) Tratamiento final. Comprende la retirada de las piezas suplementarias, la limpieza con chorro de arena, el rectificado, el desbarbado y los termotratamientos;

j) Inspección que se efectúa "durante el proceso" y una vez acabados los productos.

En algunos casos el molde es de metal y permanente. Esos moldes se emplean para la fundición a presión. En la figura 11 pueden observarse las principales fases del proceso. Los productos finales de la planta de fundición son piezas brutas de fundición. Normalmente estas fundiciones son sometidas posteriormente a otro proceso de mecanización.

#### *Tipos de productos*

La planta consta de una unidad de fundición que produce principalmente piezas de fundición gris y de fundición dúctil y un pequeño taller para la producción de fundiciones no ferrosas. Se estima que la producción plena (aproximadamente el 80% de la capacidad) se alcanzará dentro de cinco años, y que durante el segundo año de funcionamiento se comenzará a producir una cierta cantidad. La capacidad de la planta es de

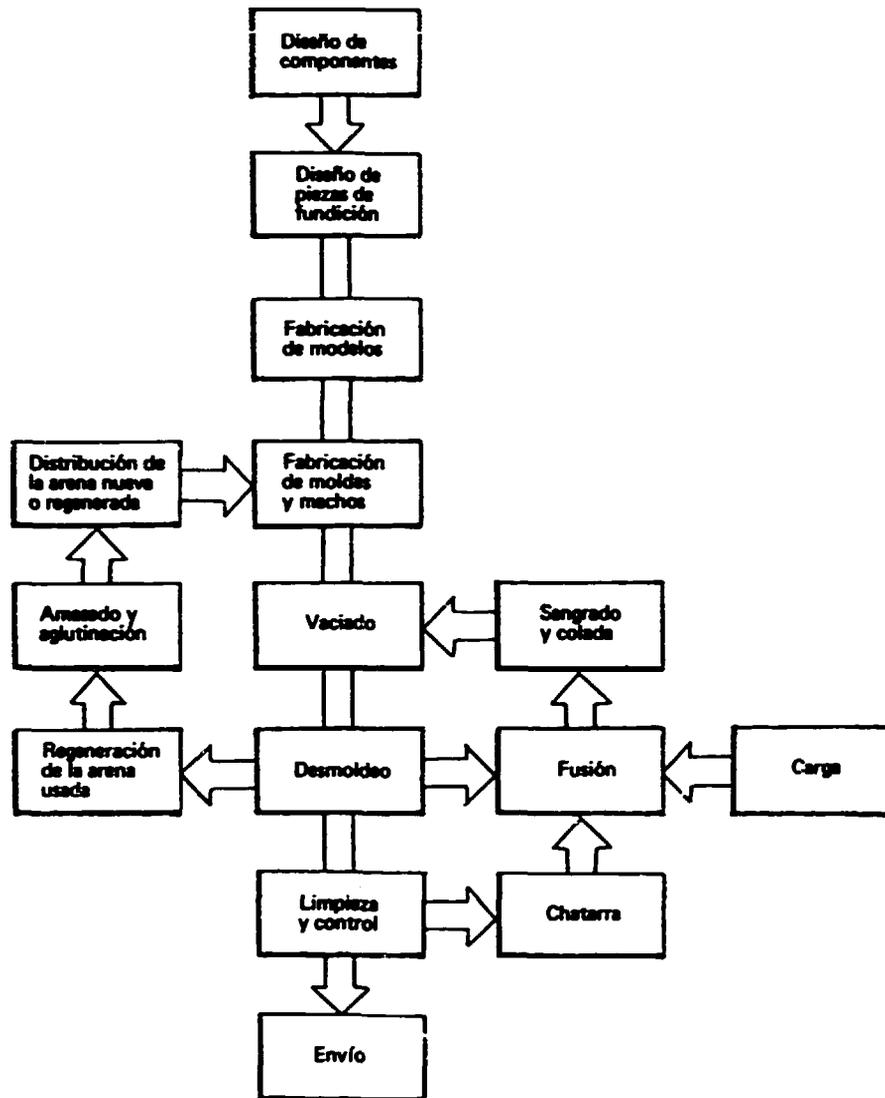


Figura 11. Secuencia de las principales fases de la fundición

2.000 toneladas anuales de piezas de fundición utilizables y de 36 toneladas anuales de fundiciones no ferrosas "buenas". Los siguientes cálculos se han efectuado en base a 225 días de trabajo al año de 8 horas cada uno. La producción de piezas brutas de fundición gris será de 1.360 toneladas anuales; la de piezas brutas de fundición nodular, de 240 toneladas anuales; y la de piezas brutas de fundición no ferrosa, de 30 toneladas anuales.

Al taller de fundición se añadirán otros dos talleres: un taller de modelos y un departamento para el mecanizado de las piezas brutas de fundición con una capacidad del 50% de la producción de la unidad de fundición. Este taller mecánico también producirá para clientes del exterior. Estos dos talleres servirán de centros de

producción y capacitación en los que se capacitará a personal altamente calificado. Los dos talleres son parte integrante de las PDPM básicas.

#### Planta y equipo

En la figura 12 se reproduce un plano general de la fundición. La superficie cercada es de 38.400 m<sup>2</sup>; la superficie total cubierta es de aproximadamente 6.000 m<sup>2</sup>.

En el análisis razonado de la selección del equipo se tienen en cuenta las características generales de los países en desarrollo, el equipo y los procesos existentes y la adecuación en general del equipo y los procesos. Estas directrices abarcan

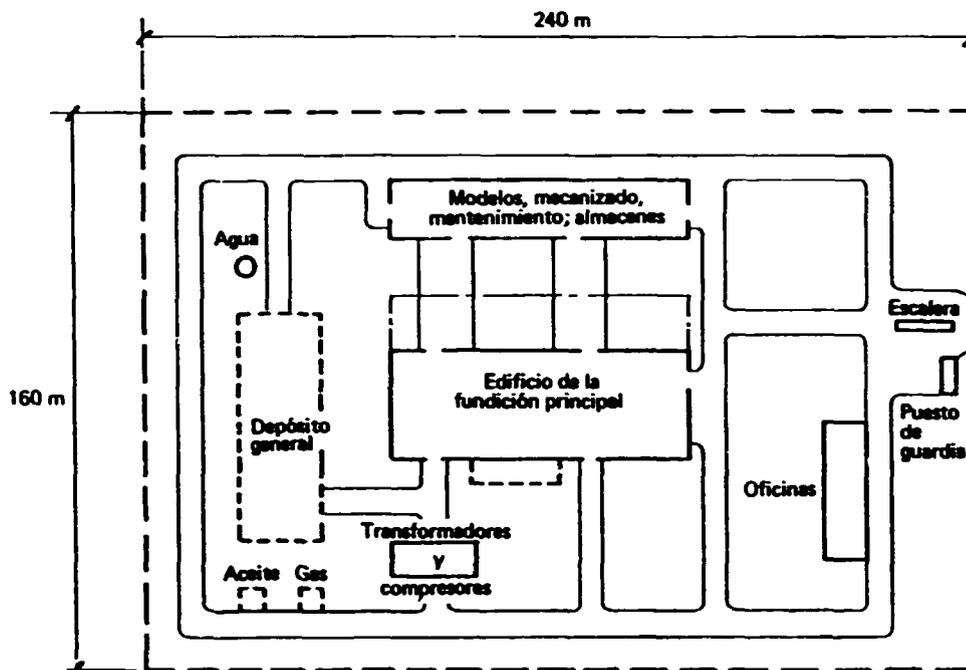


Figura 12. Plano general de la fundición

una amplia gama de posibilidades. Para los principales procesos, se han incluido alternativas. Es necesario conocer más a fondo las características del lugar en el que ha de instalarse la planta, a fin de poder proponer equipos y materiales específicos.

#### Estimaciones en materia de inversiones

En el apéndice I al presente capítulo figura una lista detallada del equipo y la maquinaria tecnológicos, las instalaciones generales, los edificios y el acondicionamiento de los terrenos. En el cuadro 34 figura un resumen de los costos estimados de esas partidas.

CUADRO 34. RESUMEN DE LOS COSTOS DE CAPITAL ESTIMADOS DE LA FUNDICION

(Miles de dólares)

| Partida   | Costo <sup>a</sup> |
|---|--------------------|
| Instalaciones de fundición de hierro              | 1 235              |
| Instalaciones de fundición de metales no ferrosos | 138                |
| Servicios y manipulación de materiales            | 640                |
| Inspección y ensayos en laboratorio               | 115                |
| Taller de modelos                                 | 195                |
| Taller mecánico y de mantenimiento                | 780                |
| Edificios y acondicionamiento de los terrenos     | 1 000              |
| Total   | 4 103              |

<sup>a</sup>Incluidos el flete, los cimientos, la construcción y la instalación.

#### Capacitación general

Uno de los objetivos más importantes de la planta es la capacitación, ya que gracias a ella la planta podrá ser independiente, en la medida de lo posible, de los conocimientos técnicos y el know-how externos. Las necesidades de capacitación figuran en forma detallada en el apéndice II. La capacitación puede incluir la capacitación no local, programas de asistencia técnica (durante las primeras etapas de producción de la unidad los expertos se integrarán a los capacitadores de contraparte) y la capacitación en el trabajo. Entre los distintos programas de capacitación necesarios figuran los de capacitación de directivos, ingenieros y capacitadores de contraparte, trabajadores de precisión (operarios de mecanizado, mecánicos), modelistas, obreros fundidores, empleados, oficinistas, conductores y obreros.

En el cuadro 35 figura un resumen de los costos de capacitación.

Esos gastos corresponden a un período de un año o más, según el tipo de capacitación. Se espera que las subvenciones a la capacitación compensen los gastos de capacitación.

#### Funcionamiento general

En el apéndice III figuran cuadros en los que se proporcionan detalles sobre la producción, el personal, los salarios y sueldos. La producción es

CUADRO 35. RESUMEN DE LOS COSTOS DE CAPACITACION ESTIMADOS DE LA FUNDICION  
(Miles de dólares)

| Partida  | Costo |
|--|-------|
| Costos de la capacitación no local   |       |
| Capacitación previa colectiva en el trabajo para directivos, ingenieros y capacitadores de contraparte | 182   |
| Perfeccionamiento profesional para ingenieros y capacitadores de contraparte                           | 208   |
| Programa de asistencia técnica de cinco años, nueve personas (45 años-persona)                         | 3 765 |
| Costos de la capacitación local  | 600   |
| Total  | 4 755 |

el resultado de la fundición bruta, los servicios de los talleres de modelos, los servicios de los otros talleres y los servicios de ingeniería. Se ha estimado que los costos de fundición son superiores en un 20% a los niveles europeos, y que los precios del mercado nacional son un 30% más elevados que los precios europeos de cada tipo de fundición. Los costos estimados son de 1,2 dólares por tonelada de fundición gris; 1.200 dólares por tonelada de hierro gris; 1.500 dólares la fundición dúctil; y 3.500 dólares la fundición no ferrosa.

#### Producción

La producción llegará al máximo en el quinto año. Los primeros dos años serán dedicados a la capacitación en el trabajo. En el primer año, la producción registrará un nivel bajo de eficacia con un porcentaje de desperdicios de aproximadamente un 50% de la producción. Este hecho puede verse debido al bajo nivel de especialización y al elevado porcentaje de fallos de la nueva maquinaria.

En el tercer año, con el mismo número de trabajadores se producirá el doble y el costo de los materiales será inferior.

#### Personal y sueldos

En el quinto año, el personal de la unidad de fundición será de 130, el del taller de modelos de 16 y el del taller de máquinas herramientas y de ajuste de 10. Del personal de producción, aproximadamente el 30% serán trabajadores calificados, el 35% semicalificados y el 35% no calificados. En el quinto año habrá 14 supervisores y capataces (12 en la fundición y 2 en el taller de modelos y otros talleres).

A los cinco años de funcionamiento habrá 14 ingenieros. Doce de ellos trabajarán en servicios a clientes externos y generarán ingresos (2 ingenieros serán empleados en la producción de piezas fundidas y en el diseño de fundición). El personal

administrativo estará formado por 1 director de producción, 2 directivos más, 2 secretarías, 3 empleados en el servicio de finanzas y 2 en el de ventas.

#### Reserva para imprevistos

En el apéndice IV figuran cuadros en los que se detallan los costos de explotación, los ingresos y la depreciación. En las piezas brutas de fundición, se ha añadido el 10% de los costos de fabricación por concepto de "imprevistos" para obtener los costos de explotación. Los imprevistos para el segundo año ascienden al 15%. Los gastos generales por servicios (venta y gestión de servicios) están incluidos en los costos de las máquinas.

#### Amortización

Se supone que los tiempos de amortización de las inversiones son 25 años para el acondicionamiento de los terrenos y para los edificios (el 4% anual constante), 20 años para las instalaciones generales (el 5% anual constante) y 10 años para las instalaciones tecnológicas (el 10% anual constante). El costo del equipo auxiliar (150.000 dólares) se añade a la inversión en instalaciones tecnológicas. Los modelos, los accesorios de máquinas herramientas y los distintos tipos de materiales necesarios para iniciar la producción son considerados como capital de explotación.

#### Ingresos por concepto de servicios

El taller de modelos dedicará aproximadamente el 40% de su tiempo a la reparación de modelos y el 60% a la fabricación de nuevos modelos para la venta. El taller mecánico dedicará el 50% de su tiempo a actividades generadoras de ingresos. Los ingresos estarán basados en los salarios, los costos de las máquinas y los gastos generales por concepto de venta y gestión.

En el cuadro 36 se comparan gastos e ingresos para obtener previsiones sobre los beneficios y las pérdidas de la planta de fundición durante sus primeros cinco años de funcionamiento. El punto de equilibrio se alcanzará en el tercer año.

#### B. Adaptación a los países en desarrollo de los procesos de fundición

##### Programa de producción

La elección de la técnica de producción depende de las características de la maquinaria, así como de otros aspectos del programa de

CUADRO 36. GANANCIAS Y PERDIDAS DE LA UNIDAD DE FUNDICION

(Miles de dólares)

| Periodo  | Año 1        | Año 2        | Año 3        | Año 4        | Año 5        |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Ingresos</b>                                      |              |              |              |              |              |
| Venta de productos                                   | —            | 696          | 1 406        | 1 812        | 2 097        |
| Venta de servicios                                   | 13           | 69           | 176          | 331          | 409          |
| Subvenciones a la capacitación <sup>a</sup>          | 225          | 149          | 66           | 72           | 83           |
| <b>Total de ingresos</b>                             | <b>238</b>   | <b>914</b>   | <b>1 648</b> | <b>2 215</b> | <b>2 594</b> |
| <b>Costos</b>  |              |              |              |              |              |
| Costos de producción de la fundición                 | 182          | 555          | 719          | 963          | 1 114        |
| Costos de los talleres y los servicios de ingeniería | 63           | 160          | 205          | 236          | 256          |
| Amortización e interés de los préstamos              | 258          | 300          | 335          | 583          | 583          |
| <b>Total de los gastos</b>                           | <b>503</b>   | <b>1 015</b> | <b>1 259</b> | <b>1 782</b> | <b>1 953</b> |
| <b>Ganancia (pérdida) neta</b>                       | <b>(265)</b> | <b>(101)</b> | <b>389</b>   | <b>433</b>   | <b>641</b>   |

<sup>a</sup>Sólo para la capacitación local.

producción de la fundición. En el cuadro 37 puede verse la producción de la fundición, suponiendo 225 días de trabajo al año, con una jornada laboral diaria de ocho horas.

CUADRO 37. PRODUCCION DE LA FUNDICION<sup>a</sup>

(Miles de dólares)

| Producto         | Producción   |                  |
|------------------|--------------|------------------|
|                  | t/a          | Número de pieza: |
| Fundición gris   | 1 360        | 76               |
| Fundición dúctil | 240          | 30               |
| <b>Total</b>     | <b>1 600</b> | <b>106</b>       |

<sup>a</sup>Con un margen del 10% para tener en cuenta los desechos.**Selección de métodos de fabricación de modelos**

En el cuadro 38 se exponen las características de diversas técnicas de fabricación de modelos. No se incluyen métodos especiales como el moldeo de precisión.

El departamento de fabricación de modelos para la fundición de las PDPM se ha diseñado adaptando máquinas para la fabricación de modelos de madera y de plástico. No es aconsejable adquirir al principio máquinas para la fabricación de modelos metálicos, ya que la inversión necesaria es superior a 500.000 dólares. El precio de los modelos para una serie de sólo 1.000 piezas es excesivo. Por estas razones, sólo en los casos muy poco frecuentes de grandes series se ha considerado la construcción de modelos combinados.

A partir de modelos de madera pueden fabricarse modelos de resina (normalmente epóxido). Otros métodos distintos de fabricación

son más adecuados para ciertos tipos de producción, infraestructura y especialización de la mano de obra.

Para las máquinas de moldear por sacudidas se han elegido placas reparadas (dos medias placas). Con ellas se obtiene mayor precisión que con las placas únicas, un retoque más fácil para el acabado de los medios moldes y una manipulación más sencilla. Para evitar la utilización de cajas de moldeo pesadas y caras se sugieren moldeos sin cajas para las piezas más grandes que utilizan la mezcladora para la producción. Los modelos no acabados (y en menor medida los modelos desmontables) requieren mano de obra altamente especializada. Para este moldeo a mano puede capacitarse a artesanos de aldeas vecinas. Por consiguiente, para piezas de recambio pueden fabricarse pequeñas cantidades de modelos de terrajas o de armazón. En esta etapa es imposible hacer un estudio detallado de los tipos de resina y su conveniencia en razón de las diferencias en los climas y las temperaturas locales y de las diversas utilidades que se les va a dar. Es importante adaptar los materiales y los métodos de mecanizado a las condiciones climáticas del país seleccionado.

**Selección del equipo de producción de moldes de arena**

En el cuadro 39 figuran las características generales de los principales métodos de moldeo para piezas de hierro. No se ha incluido la maquinaria para uso especializado.

Para piezas de menos de 10 kg, la máquina de moldear por sacudidas es una máquina barata y de múltiples aplicaciones. Con ella se evita

CUADRO 38. CARACTERISTICAS DE DIVERSAS TECNICAS DE FABRICACION DE MODELOS

| Técnica de fabricación de modelos  | Materiales utilizados para el modelo | Número de moldes producidos                                       | Método de moldeo                   | Nivel de conocimientos técnicos que se requiere | Costo relativo   | Tamaño relativo del vaciado | Herramientas auxiliares utilizadas                           | Observaciones  | Conveniencia para los países en desarrollo                    |
|------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------|-----------------------------|--|--|---|
| <b>Modelo completo</b>             |                                      |   |                                    |   |                  |                             |  |  |   |
| <b>Separado</b>                    |                                      |   |                                    |   |                  |                             |  |  |   |
| De una sola parte                  | Madera o plástico                    | Hasta 40 (madera)<br>Hasta 100 (plástico)                         | A mano                             | Medio   | Muy bajo         |                             | Herramientas manuales (pisones de aire comprimido)           |  | Adecuado para unas pocas piezas sencillas                     |
| De dos partes                      | Madera o plástico                    | Hasta 40 (madera)<br>Hasta 100 (plástico)                         | A mano                             | Bajo o medio                                    | Muy bajo a bajo  |                             | Herramientas manuales (pisones de aire comprimido)           | Generalmente para primeras piezas de una serie           |   |
| <b>Sobre plantilla modelo</b>      |                                      |   |                                    |   |                  |                             |  |  |   |
| Placas separadas                   | Madera, plástico o metal             | Hasta 300 (madera)<br>500-1 000 (plástico)<br>1 000-5 000 (metal) | A máquina                          | Bajo  | Bajo a medio     | Medio                       | Cajas de moldeo de precisión, máquinas de moldeo             | No es frecuente la utilización de metal para los modelos |   |
| Semicaja superior e inferior       | Madera, plástico o metal             | 150-300 (madera)<br>500-1 000 (plástico)<br>1 000-5 000 (metal)   | A máquina o a mano                 | Bajo  | Medio a alto     | Medio                       |  | No es frecuente la utilización de metal para los modelos |   |
| Sin caja de moldeo                 | Madera, plástico o metal             | 50-100 (madera)<br>500-1 000 (plástico)<br>Más de 5 000 (metal)   | A mano, a máquina o con mezcladora | Medio a alto                                    | Medio a muy alto | Medio                       | Mezcladora o máquina soplante                                | Buena precisión soplante                                 | Adecuado si se dispone de mezcladoras o de máquinas soplantes |
| <b>Modelo con equipo especial</b>  |                                      |   |                                    |   |                  |                             |  |  |   |
| Modelo armazón                     | Madera                               | Pocos   | A mano                             | Medio a alto                                    | Mínimo           | Grande                      | } Herramientas manuales y máquinas centrífugas para rellenos |  |   |
| Modelo aterrajado                  | Madera                               | Pocos   | A mano                             | Medio a alto                                    | Mínimo           | Grande                      |  |  |   |
| Modelo plantilla                   | Madera                               | Pocos   | A mano                             | Medio a alto                                    | Mínimo           | Grande                      |  |  |   |
| <b>Modelo de duración limitada</b> |                                      |   |                                    |   |                  |                             |  |  |   |
| Proceso de moldeo total            | Espuma de poliestireno               | Uno (no reutilizable)   | A mano o con mezcladora            | Bajo a medio                                    | Mínimo           | Mediano y grande            | Se necesita material autoendurecible                         |  |   |

CUADRO 39. CARACTERÍSTICAS DE LOS METODOS DE MOLDEO

| <i>Método de moldeo</i> | <i>Técnica utilizada</i>   | <i>Magnitud de la serie y observaciones</i>                    | <i>Cualidad del producto</i> | <i>Grado de capacitación de la mano de obra</i> | <i>Equipo</i>   | <i>Productividad relativa (número)</i> | <i>Costos de inversión en equipo</i> | <i>Adaptabilidad países en desarrollo</i>              |
|-------------------------|--|--|------------------------------|---|---|--|--------------------------------------|--|
| <b>Moldeo a mano</b>    |  |  |                              |   |   |  |                                      |  |
| En caja de moldeo       | Utiliza arena de moldeo verde o seca en un molde o como arenas de revestimiento y de relleno | Serie corta, modelos generalmente grandes y sencillos          | Baja a muy baja              | Medio   | Modelo desmontable o en dos partes de madera                      | 1 a 2                                  | Bajos                                | Sólo para fundiciones pequeñas                         |
| En moldes sin caja      | Utiliza generalmente molde de arena recocida   | Serie corta y piezas de tamaño limitado                        | Baja                         | Medio   | Modelo desmontable o en dos partes de madera                      | 1                                      | Bajos                                | Sólo para fundiciones pequeñas                         |
| En fosa                 |  | Serie corta, piezas grandes                                    | Muy baja                     | Alto  | Modelo desmontable, incluso reducido ( <i>armazón perfilado</i> ) | 1                                      | Bajos                                |  |
| <b>Moldeo a máquina</b> |  |  |                              |   |   |  |                                      |  |
| Prensado                | Utiliza chapas de compresión, pisones múltiples, etc.  | Perfiles laminados simples, modelos de tamaño reducido         | Mediana                      | Bajo  | Modelo de plástico o de plancha de madera                         | 15                                     | Medianos                             | Sólo para piezas delgadas                              |
| Por sacudidas           | Utiliza diversos tipos de sacudidas  | Modelos de tamaño reducido; perfiles complejos                 | Mediana                      | Medio   | Modelo de plástico o de chapa de madera                           | 10                                     | Medianos                             | Serie largas, con una producción de 20 moldes por hora |
| Sacudidas a presión     |  | Piezas fundidas con tamaños generalmente inferiores a 1 500 mm | Mediana                      | Medio   | Modelo de plástico o de chapa de madera                           | 15                                     | Medianos a altos                     | Serie mediana con una producción de 30 moldes por hora |

|   |  |  |                |
|---|--|--|----------------|
| Compresión neumática                      | El metal se introduce en el molde por soplado o inyección  | Series largas, para tamaños inferiores a 1 000 mm                            | Alta           |
| Secuencias mecanizadas                    |  | Series muy largas, para tamaños generalmente inferiores a 2 000 mm           | Muy alta       |
| Lanzador oscilante                        | El metal se distribuye por fuerza centrífuga   | Producción muy flexible de diferentes tipos de piezas                        | Mediana a baja |
| Mezcladora continua                       | Es posible el añadido simultáneo de aglomerantes, así como la mezcla previa de arena con diversos aglomerantes | Producción flexible para elevada calidad de superficie y piezas de precisión | Mediana        |
| Sopladora con endurecedores químicos      | Puede utilizar diversos procesos incluso CO <sub>2</sub> , moldeo en cáscara y en caja fría                    | Serie larga  | Alta           |
| Instalación mecanizada de moldes sin caja | Junta horizontal o vertical  | Sencilla, precisa (posiblemente sin macho), piezas de series muy largas      | Muy alta       |

|       |                                    |                |                  |  |
|-------|------------------------------------|----------------|------------------|--|
| Medio | De preferencia tipo metálico       | 20             | Medianos a altos | Buena productividad, pero costo elevado  |
| Alto  | Tipo metálico muy preciso y exacto | Superior a 100 | Muy altos        | No adecuado en forma alguna  |
| Medio | Tipo plástico o metálico           | 10             | Altos            | De múltiples usos, pero con elevados costos de mantenimiento (modelos y rotores) |
| Medio | Tipo madera, plástico o metálico   | 8 a 10         | Medianos         | De múltiples usos, fácil de emplear, buenos resultados y modelos sencillos       |
| Bajo  | Tipo metálico                      | Superior a 100 | Medianos         | La adaptabilidad varía con la vida del banco                                     |
| Alta  | Tipo metálico muy preciso y exacto | Superior a 100 | Altos            | No recomendado de ninguna forma  |

mucho trabajo al moldeador y se obtiene una exactitud satisfactoria del producto. No exige modelos de metal ni una larga experiencia profesional. La productividad (aunque no se utilizan líneas mecanizadas) es bastante buena y puede superar los 30 moldes por hora. Las cajas de moldeo de 800 mm por 600 mm y 250 mm de alto parecen ser las más adecuadas para piezas de hasta 10 kg. Una máquina de este tipo puede producir un promedio de cuatro piezas por caja.

La máquina de más aplicaciones para piezas de peso medio (10 kg a 100 kg) es la mezcladora continua, que puede utilizarse con una mesa vibratoria. Esta máquina permite el endurecimiento de mezclas preparadas por la mezcladora y no requiere secado. La temperatura, la humedad ambiente y el tiempo de almacenaje son circunstancias importantes. Estas máquinas pueden producir (con una pequeña mecanización) hasta 10 moldes por hora. Este proceso se caracteriza por la precisión, el buen acabado de la superficie, la versatilidad, su fácil manejo y puesta en

marcha. Su bajo costo y la ausencia de cajas de moldeo. Los modelos se hacen normalmente de madera.

Se reserva un sector para moldeo en foso en el que pueden producirse hasta 2 t de piezas utilizando modelos sencillos. En el caso de series más grandes los machos y los piezas sueltas pueden montarse a partir de productos de una mezcla "no seca". La técnica de moldeo en foso permite fabricar moldes y tamaños especiales y es fundamental en países en los que puedan necesitarse con urgencia determinados artículos como piezas de recambio. En la planificación PDPM se ha incluido una pequeña serie para las industrias marinas y de la minería.

El moldeo a mano requiere personal experimentado. Las PDPM incluyen disposiciones sobre la selección y capacitación cuidadosa de trabajadores en estas técnicas. En las figuras 13 a 20 aparecen los métodos y máquinas de moldeo. El cuadro 40 muestra las características de los métodos de moldeo en macho de arena.

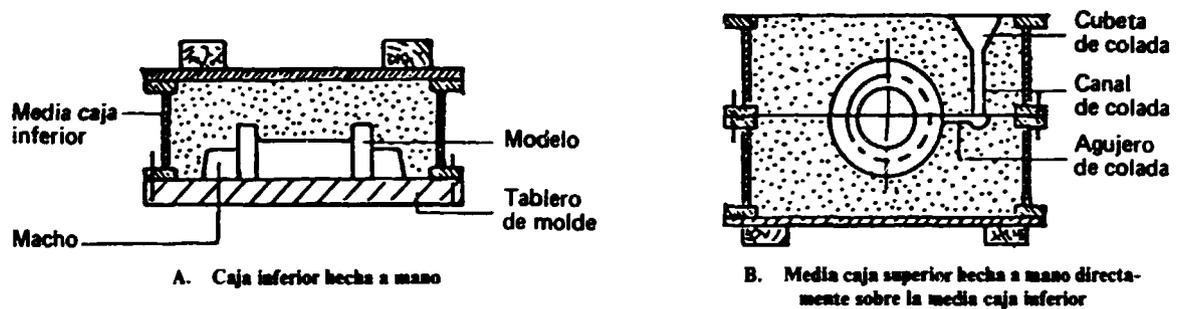


Figura 13. Moldeo tradicional a mano con modelo en dos mitades

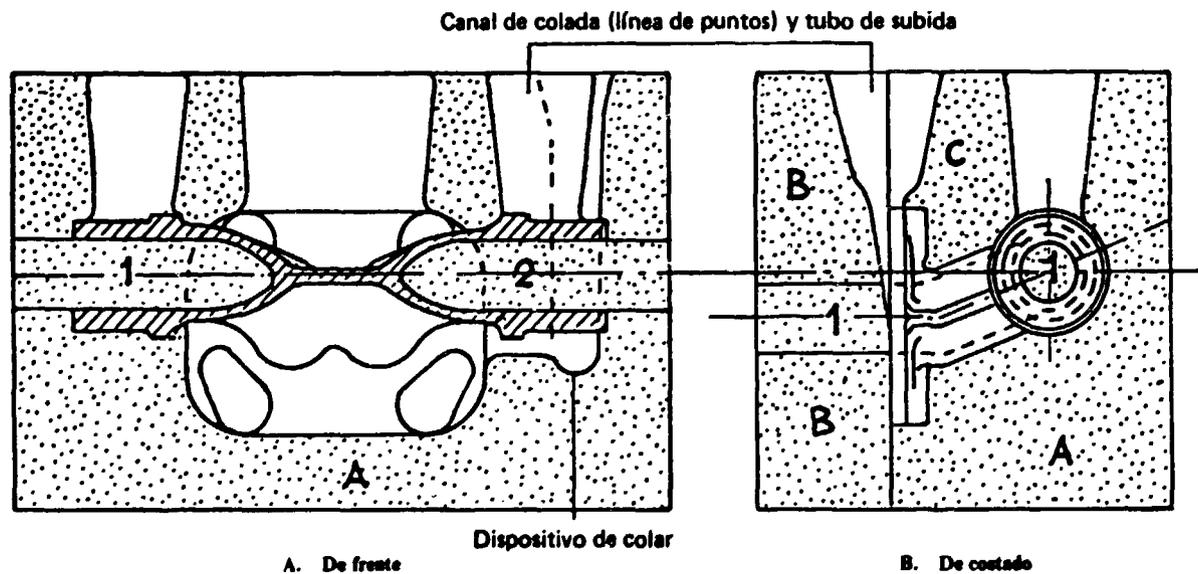


Figura 14. Moldeo a mano sin utilización de caja con machos internos

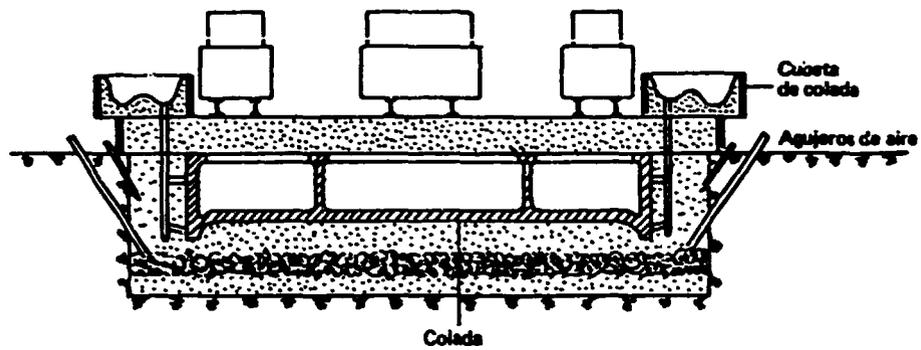


Figura 15. Moldeo en fosa con media caja superior

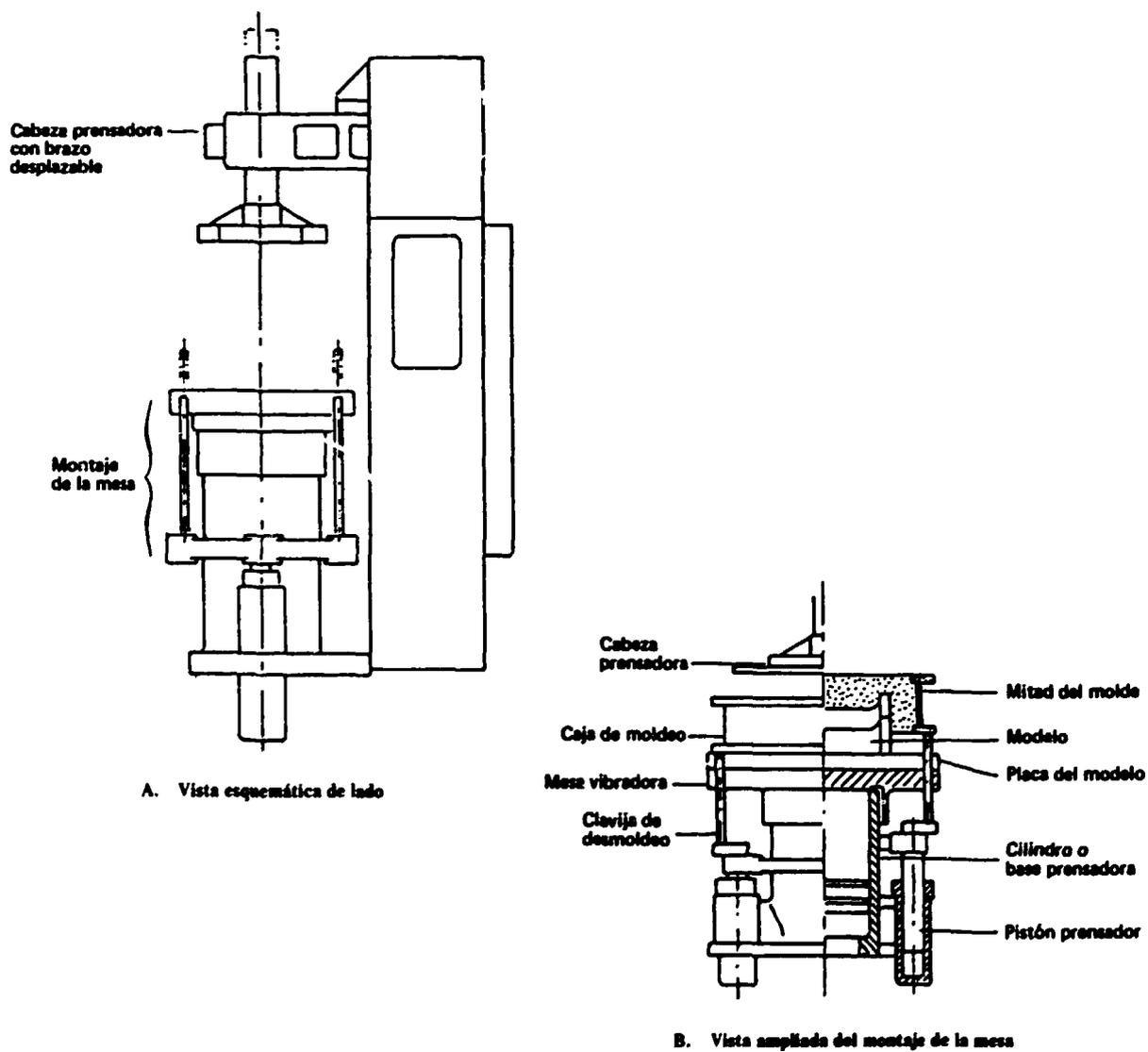


Figura 16. Máquina con extracción del molde por succión

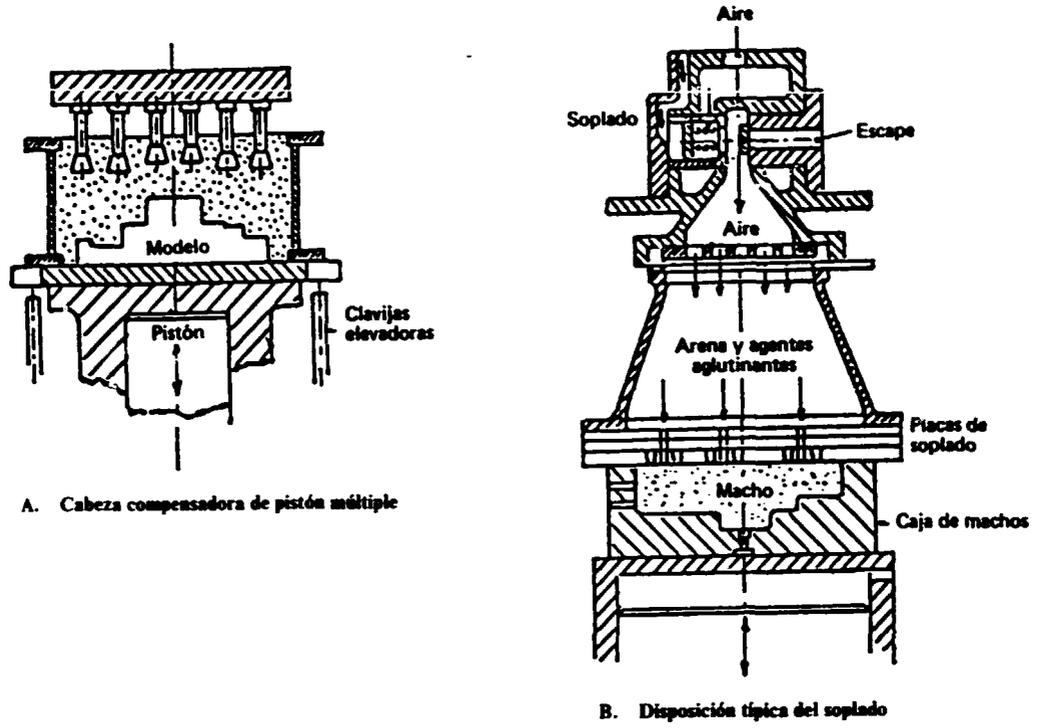


Figura 17. Máquina de moldeo semiautomático

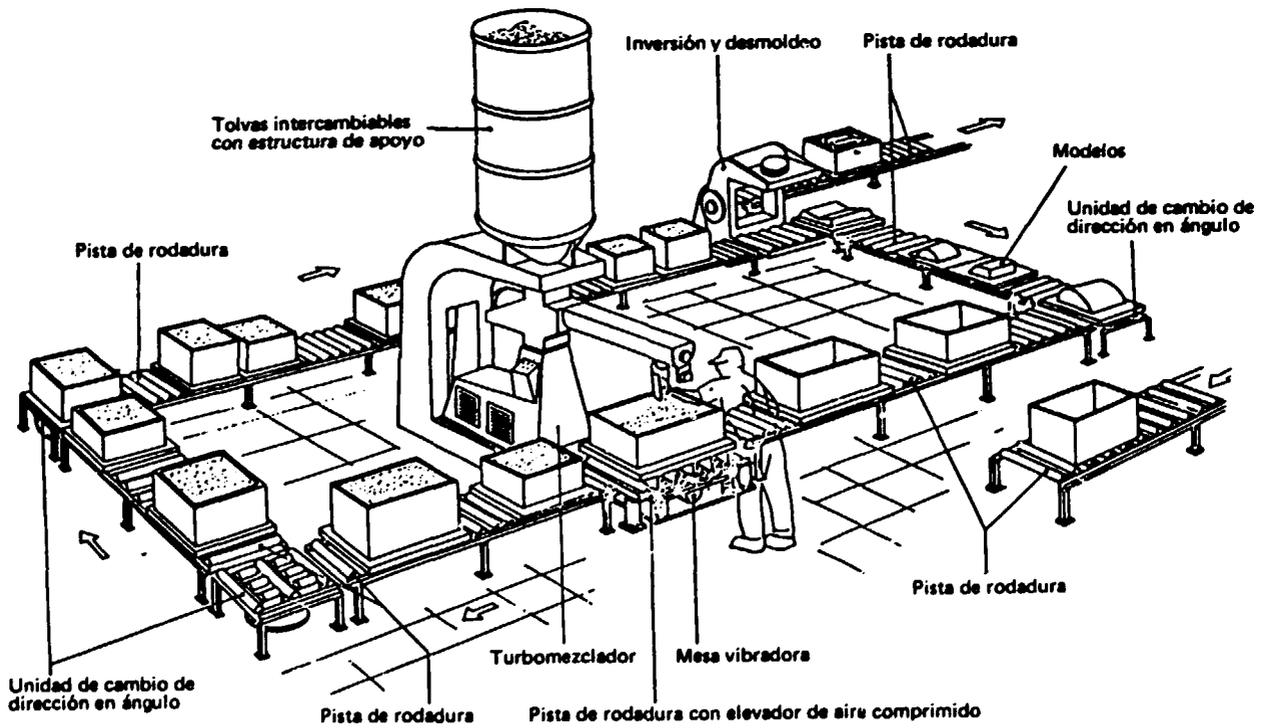


Figura 18. Sistema del proceso de moldeo sin cocido

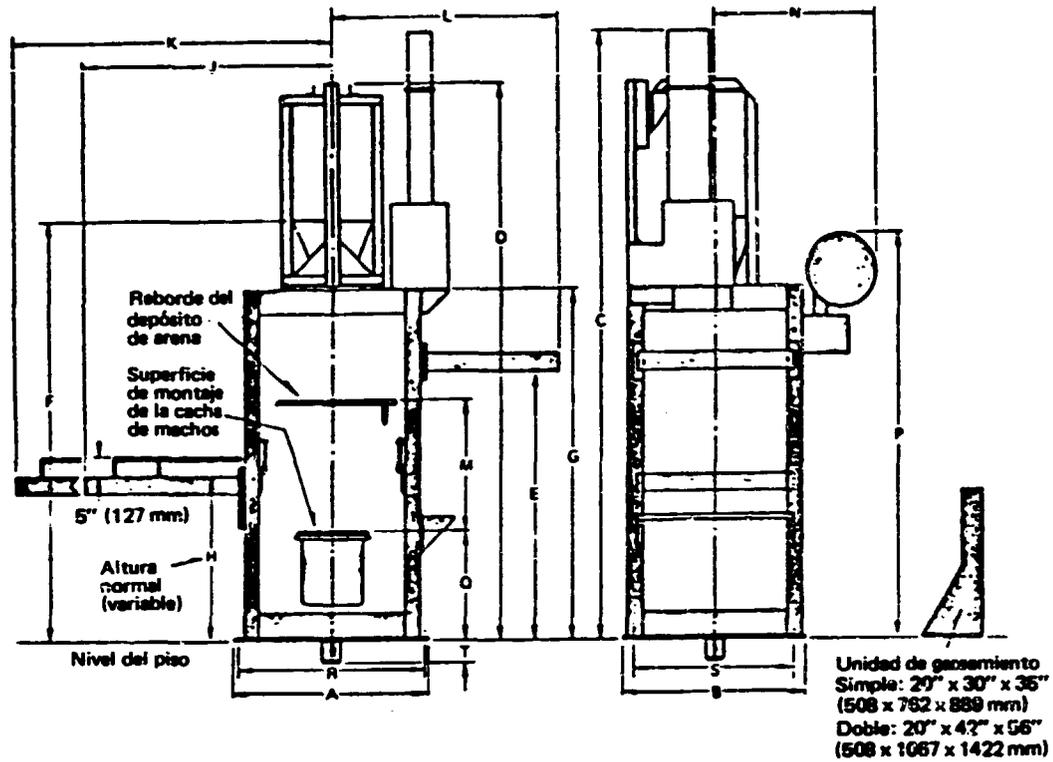
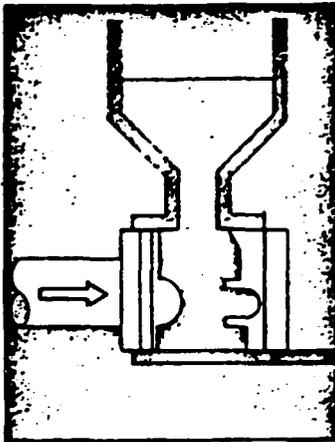
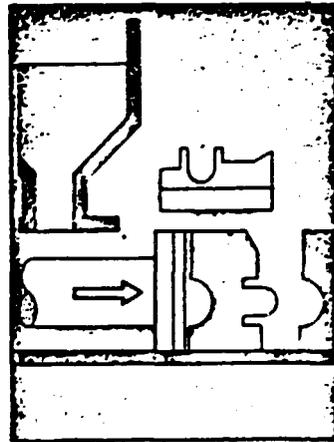


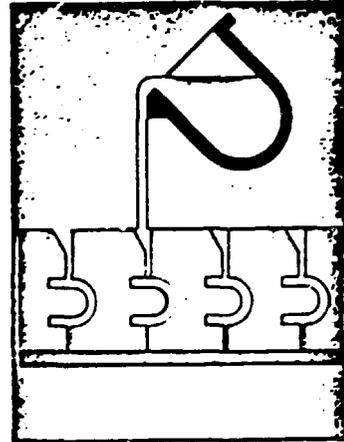
Figura 19. Máquinas de moldeo en cámara



A. Los moldes no tienen caja. Utilizando este método de moldeo, la arena se introduce en una cámara, comprimiéndola hasta obtener un bloque de arena completamente homogéneo y perfectamente capaz de resistir la presión del hierro líquido.



B. Los moldes se colocan en posición vertical. La ventaja es evidente. En tanto que en la disposición horizontal se necesita una media caja inferior y una media caja superior para formar un molde listo para la colada, este método alinea simplemente los moldes, uno a continuación del otro.



C. Cada molde lleva dos impresiones del modelo, anterior y posterior. Este método de moldeo duplica la capacidad de moldeo en comparación con los métodos convencionales, ya que las superficies del molde exterior reciben la impresión del modelo.

Figura 20. Moldeo automatizado típico por un método que no utiliza caja (la capacidad es de 300 moldes por hora)

CUADRO 40. CARACTERISTICAS DE LOS METODOS DE MOLDEO DE MACHOS EN ARENA

| Método                          | Principales variantes del método  | Material de moldeo   | Observaciones   | Equipo   | Índice de productividad relativa (número) | Otras operaciones y equipo necesarios                   | Conveniencia para los países en desarrollo   |
|---------------------------------|---|--|---|--|---|---|--|
| <b>A mano</b>                   |   |  |   |  |   |   |  |
| Utilizando perfiles de moldeo   | Terraja, plantilla (única o múltiple)   | Natural o sintético, arena ligada con aceite o arena especial altamente refractaria      | Tamaño grande y machos en serie mínima  | Madera   | 1   | Soportes metálicos para secado                          | Los procesos requieren mano de obra especializada                                      |
| Al torno                        | Eje vertical u horizontal   | Arena natural o sintética  | Series pequeñas, machos grandes de segmento circular                          | Madera   | 1   | Secado, husillo apoyado en el centro                    |  |
| Armazón                         |   | Arena sintética y ligada con aceite y mezclas altamente refractarias                     | Series mínimas, machos grandes  | Madera   | 1   | Secado, muchas barras de refuerzo                       |  |
| En caja de machos               | La estructura de la caja de machos puede tener partes móviles                   | Cemento, CO <sub>2</sub> -silicato, arena ligada con aceite. Sin secado                  | Diversas dimensiones, series pequeñas   | Madera   | 3   | Secado, el moldeo al aceite requiere barras de refuerzo | Para series pequeñas de grandes dimensiones  |
| Máquina de moldear por sacudida | La rodadura de la caja de machos y el transporte están mecanizados              | Arena sintética o natural  | Barato, producción en series pequeñas   | Madera, plástico (algunas veces metal)                             | 10  | Secado, armaduras especiales de refuerzo                | No aconsejable   |
| <b>Compresión de aire</b>       |   |  |   |  |   |   |  |
| Máquina de un solo poste        |   | Arena ligada con aceite CO <sub>2</sub> -silicato. Caja caliente o caja fría. Sin secado | Producción de series medianas. Todas las operaciones sucesivas                | Metal (algunas veces madera)                                       | 20  | Secado según la mezcla                                  |  |
| Poste doble                     |   | Generalmente mezclas endurecedoras calientes o frías                                     | Series medianas o grandes. Operaciones alternativas                           | Metal, cajas de machos complicadas                                 | 35  | Secado a máquina, si es necesario                       | No aconsejable   |
| Postes múltiples                |   |  | Series grandes o muy grandes. Operaciones distribuidas                        | Cajas complejas con machos de hierro o acido de acero              | Más de 50                                 | Secado a máquina, si es necesario                       | No aconsejable   |
| Moldeo con chorro giratorio     | El equipo auxiliar incluye una mesa rotatoria y un inversor para ciclo continuo | Arena sintética y arena ligada con aceite  | Flexible para series medianas con rotación de la caja de machos               | Madera, plástico, metal (aluminio), cajas. Costo mediano           | 10 a 15                                   | Secado, barras de refuerzo                              | Versátil, pero sujeto a la utilización de herramientas y necesita impulsores rotativos |
| Mezclado a continua             | Utiliza simultáneamente adición o premezclado de aglomerante                    | Mezclas no secantes (plásticos, catalíticos)   | Precisión superficial, flexibilidad para machos en series pequeñas y medianas | Madera, plástico (algunas veces metal). Buena vida útil del equipo | 10 a 15                                   |   | Muchas ventajas  |

### *Métodos de producción en macho de arena*

Sólo en casos especiales —piezas grandes, series muy pequeñas o piezas que se necesitan urgentemente— se utiliza el molde manual en macho con secado, debido a la alta especialización que normalmente requiere, a su poca precisión y baja productividad.

El moldeado a mano o a máquina en arena ligada con aceite debe utilizarse en forma limitada debido a los apoyos de machos que se requieren antes del secado a fin de impedir la deformación.

Para machos en serie (aproximadamente 2.000 diarios) es mejor utilizar dos sopladores para machos (con una capacidad de 30 machos por hora, que vayan en tamaño de unos pocos gramos a unos 10 kilos) con una estación de soplado. La mezcla se endurece con gas. Con la mezcladora continua combinada con moldes sin caja o utilizando arena especial y aditivos, pueden fabricarse machos grandes. En las figuras 21 a 25 aparece el equipo para la producción de machos de arena.

En el cuadro 41 figuran las características de los principales materiales utilizados para moldes y machos de arena.

Para moldeos de piezas pequeñas a medianas, la arena verde recuperable (humedad 2,5%-4%) es sin duda el material más conveniente, siempre que se disponga de una buena arena base y de un equipo adecuado de aspiración de polvo y de enfriamiento.

En la fundición que se examina para las máquinas con extracción del molde por sacudidas se ha seleccionado la arena verde. Reduciendo los aditivos, puede utilizarse también como arena de moldeo cuando en la misma caja de moldeo se emplean los métodos de arenas de revestimiento y de moldeo. En Europa este método está anticuado para la producción en masa (es caro, lento y no uniforme), pero es indudablemente adecuado para el moldeo a mano y en foso cuando se utilizan como arenas de revestimiento arenas especiales altamente refractarias. Para el moldeo con mezcladora continua, adecuado para la producción de moldes sin caja de moldear, así como también para la fabricación de machos, la arena puede aglomerarse con muchos tipos de aglutinantes que no requieren secado. En este caso, la instalación debe hacerse tomando debidamente en cuenta las condiciones climáticas y su efecto sobre la duración del molde en uso, en almacén, etc. El método del CO<sub>2</sub> parece ser el más adecuado (véase el cuadro 41).

### *Selección del equipo de fundición*

En el cuadro 42 figuran las características de los hornos de fundir caldeados con fueloil. En el

cuadro 43 aparecen las características de los hornos de fundir eléctricos.

Una planta de fundición de hierro colado en países en desarrollo depende de muchos factores:

- Metalurgia del producto
- Tasa de producción de moldes
- Tamaños y complejidad de las piezas
- Disponibilidad y regeneración de energía
- Disponibilidad de materiales (carga, refractarios, repuestos)
- Disponibilidad y costo de la mano de obra calificada
- Costos de inversión y de explotación

En el examen siguiente se señalarán las condiciones más favorables para el trabajo de fundición en un país no industrializado y se estudiará la aplicación concreta a la fundición que se está considerando.

Un cubilote de aire caliente es una parte cara y delicada del equipo y debe manejarse con mucho cuidado. Su funcionamiento puede requerir materiales especiales, fuentes alternativas de combustión o combustibles de los que no se dispone en países en los que el transporte es irregular y las importaciones limitadas.

El cubilote de gas natural o de fuente térmica mixta es relativamente nuevo. Los cubilotes de carbón tienen una aplicación limitada, una baja productividad y (al menos actualmente) funcionan a bajas temperaturas y producen fundición líquida de baja calidad no apropiada para este programa de fundición.

Los hornos de crisol son adecuados para la producción específica de fundición aglomerada. Sin embargo, este método es anticuado y no tiene muchas aplicaciones. Los hornos fijos de reverbero (que pueden utilizarse como hornos de fundición o de conservación del calor) están destinados generalmente para una producción en gran escala (rodillos para trenes de laminación), para hierro fundido maleable y para metales no ferrosos. En general, estos hornos han sido reemplazados debido a su baja eficacia térmica (cuando el aire no es precalentado) y a su limitada aplicación a otros usos.

Los hornos de canal vertical no mantienen una temperatura uniforme y están constantemente amenazados por la rotura de la parte inferior del material refractario. Los hornos de canal abierto tienen problemas de intercambio térmico y de erosión del canal lateral. Por ello, es preferible, el canal horizontal inclinado. En los hornos de inducción sin canal, por razones económicas y técnicas, la corriente de baja frecuencia es la más adecuada para la fundición de hierro. Por lo general, con hornos de baja frecuencia pueden producirse en mejores condiciones grandes tone-

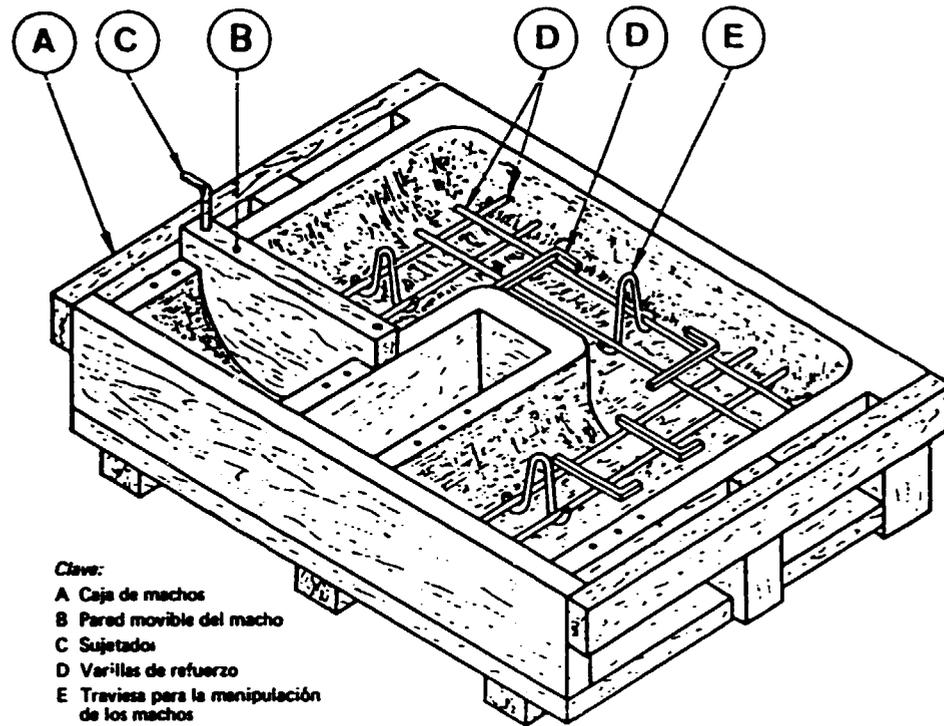


Figura 21. Caja de machos

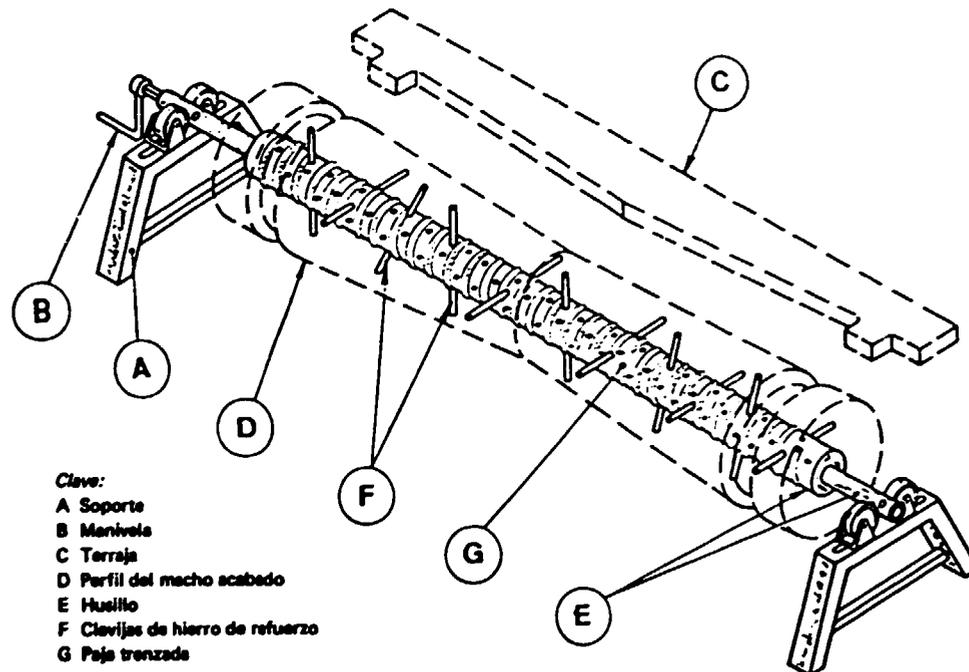


Figura 22. Moldeo al torno con plantilla

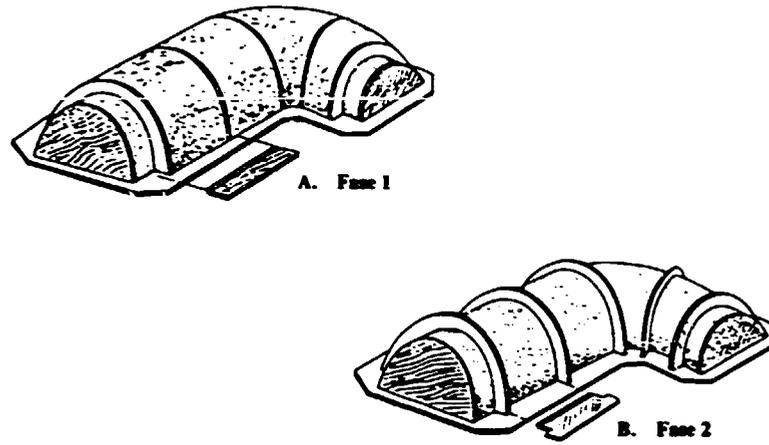


Figura 23. Moldeo en arazón de un mecho

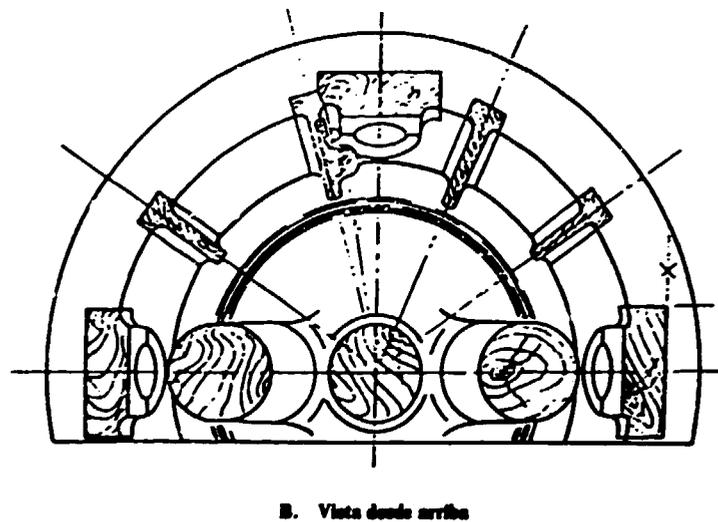
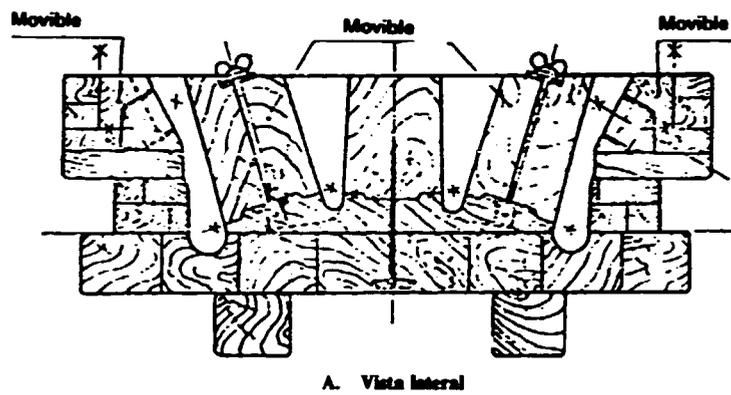


Figura 24. Caja de mechos para la tapa del cilindro de un motor diesel marino

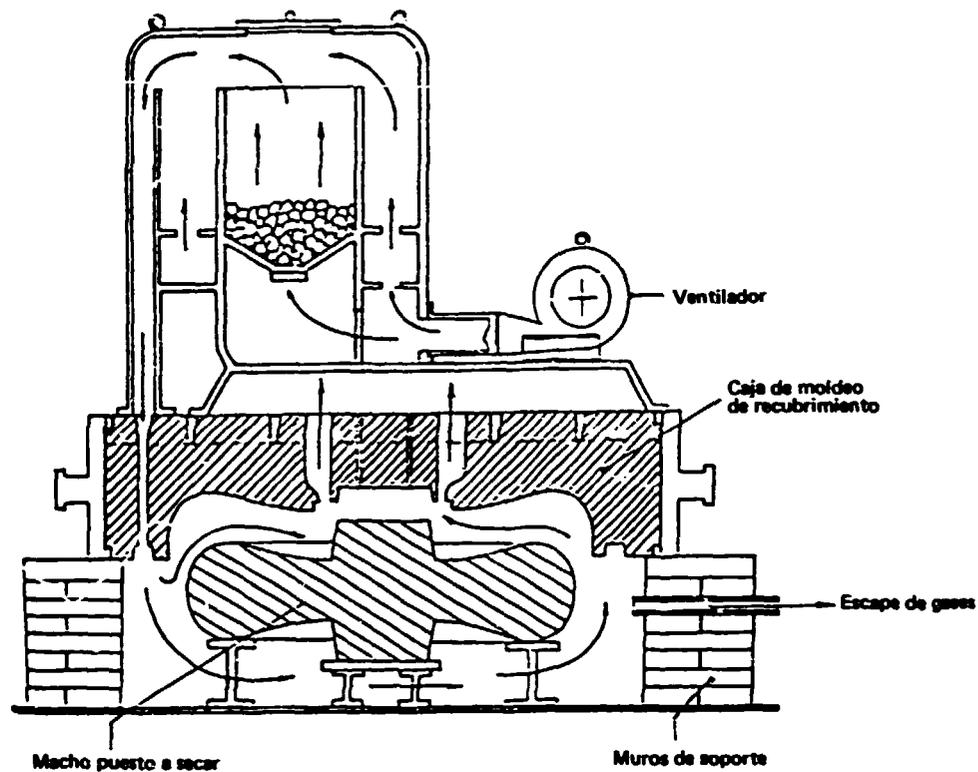


Figura 25. Calentador de machos desmontable

lajes de hierro colado líquido. Los hornos de frecuencia media son adecuados para una producción pequeña trabajando con un cubilote.

Las consideraciones anteriores limitan la elección de hornos posibles para países en desarrollo a los siguientes:

- Horno rotatorio de reverbero
- Horno rotatorio de resistencia eléctrica
- Horno horizontal inclinado de canal cerrado
- Horno de inducción de crisol de baja y mediana frecuencias
- Horno de arco eléctrico

Consideraciones de adaptabilidad, costo, necesidades de capacitación, etc., llevan a la selección para la fundición de las PDPM de una planta de cubilote de aire frío con un antehorno no calentado (figura 26). Este equipo puede combinarse con un horno de inducción de frecuencias medias (para fundición dúctil de hierro colado).

#### *Selección de métodos de recuperación de arena*

Los requisitos para una planta de recuperación de arena verde en los países en desarrollo son los siguientes:

Selección adecuada de la arena recuperada

Enfriamiento bueno

Pulverización excelente

Extracción fácil de las tolvas de almacenaje

Empleo de equipo seguro y sencillo

Posibilidad de mezclar manualmente aglomerantes con la arena

Buena ventilación de la arena preparada

Estos requisitos se pueden satisfacer mediante:

Desmoldeo sobre criba fija en las grandes fundiciones y sobre criba vibratoria en las plantas de tamaño pequeño a mediano

Separación doble de las partes metálicas (correa para polea y correa magnética)

Una quebrantadora de terrones de cilindros para un mantenimiento más fácil

Enfriamiento adicional con un enfriador de elevador

Una criba giratoria desintegrante adecuadamente vacía de aire

Un mezclador de arena de tanque fijo y de ciclo discontinuo (de 10 t/h de capacidad)

Medidor de rulos de arena nueva y aditivos mediante métodos volumétricos controlados manualmente

CUADRO 41. CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS UTILIZADAS PARA MOLDES Y MACHOS

| Mezcla  | Utilización     | Tamaño del molde  | Modelos                          | Costo relativo (Índice) | Productividad relativa (Índice) | Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Retractividad media (%) | Colubilidad |
|---|-----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Arena natural                                     |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, arcilla, agua                              | Moldes          | Ilimitado         | Madera                           | 1                       | 1                               | 15 a 25  | 80 (media)              | Mala        |
| Arena mezclada con 8% de cemento                  |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, cemento, agua                              | Machos y moldes | Grande            | Madera                           | 1,5                     | 1                               | 10 a 20  | 50 (mala)               | Excelente   |
| Arena artificial                                  |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, arcilla coloidal, carbonilla, agua         | Moldes          | Ilimitado         | Madera o metal                   | 2                       | 2                               | 0,9 a 1,5  | 90 (buena)              | Mala        |
| CO <sub>2</sub>                                   |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, silicato                                   | Machos          | Pequeño a mediano | Madera, metal para series largas | 2,5                     | 2                               | 15 a 70  | 50                      | Buena       |
| Resina de arena                                   |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, catalizador de resina                      | Machos y moldes | Ilimitado         | Madera, resina o metal           | 2,5                     | 4                               | 40 a 70  | 90                      | Buena       |
| Arena furánica                                    |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, resina furánica, catalizador               | Machos y moldes | Pequeño a mediano | Madera, resina o metal           | 3                       | 5                               | 50 a 80  | 90                      | Buena       |
| Caja caliente                                     |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, catalizador de resina                      | Machos          | Pequeño a mediano | Hierro colado                    | 2,5                     | 4                               | 50 a 60  | 90                      | Buena       |
| Caja fría   |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, resina, endurecedor                        | Machos          | Pequeño a mediano | Madera, resina o metal           | 3,5                     | 5                               | 50 a 80  | 90                      | Buena       |
| Arena fluidificada                                |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, agente superficativo de silicato, silicato | Machos          | Mediano a grande  | Madera, resina o metal           | 3                       | 6                               |  | 80                      | Excelente   |
| Arena ligada con aceite                           |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, aceite y resinas alquídicas                | Machos          | Pequeño a mediano | Madera, resina o metal           | 2                       | 1                               | 9 a 12   | 90                      | Media       |
| Fundición en cáscara                              |                 |                   |                                  |                         |                                 |  |                         |             |
| Arena, resinas fenólicas                          | Machos y moldes | Pequeño a mediano | Metal                            | 8                       | 5                               | 40 a 70  | 85                      | Buena       |

CUADRO 42. CARACTERISTICAS DE LOS HORNOS DE FUSION CALDEADOS CON FUELOIL

| <i>Tipo de horno</i>   | <i>Fuente de calor</i>  | <i>Carga</i>  | <i>Capacidad</i>         | <i>Revestimiento y durabilidad</i>   | <i>Observaciones</i>  |
|--|---|---|--------------------------|--|---|
| Cubilote   |   |   |                          |  |   |
| Aire frío  | Coque   | Arrabio, residuos de fundición, chatarra de acero, coque, ferroaleaciones | 1 a 15 t/h (continua)    | De ordinario ácido; diariamente es necesario volver a revestir la guarnición   | Se necesita un antecrisol para recalentamiento y como horno de conservación   |
| Coque con soplante   | Coque enriquecido con O <sub>2</sub>  |   |                          |  |   |
| Carbón vegetal   | Carbón vegetal (experimental)   | Carbón vegetal  | 0,6 a 0,8 t/h (continua) | Revestimiento ácido o de arena   | Es fundamental un horno de afino  |
| Aire caliente con enfriamiento rápido de aire                | Coque   |   | 4 a 100 t/h (continua)   | El revestimiento apisonado ácido o con carbono es el que más se utiliza. El revestimiento puede durar más de una semana. El revestimiento básico da buenos resultados y una conducción larga | Se necesita un antecrisol, que puede ser un canal eléctrico o un horno sin núcleo magnético o un horno estático o un horno de reverbero (el calentador de aire y el revestimiento son facultativos) |
| Aire caliente con enfriamiento de agua<br>Con O <sub>2</sub> | Coque con O <sub>2</sub>  | El coque puede utilizarse para proporcionar carbono                       |                          |  |   |
| Con quemadores adicionales                                   | Coque con gas natural o coque con aceite de combustión, o coque con carburo cálcico |   |                          |  |   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Con doble fila de toberas                     | Coque  |  |
| Gas   | Gas natural  | El coque actúa como material de combustión               |
| Gas natural                                   | Gas natural  |  |
| Propano o aceite                              | Propano o fueloil  |  |
| Crisol  | Coque, gas o fueloil                                       | Desperdicios, arrabios colados y ferroaleaciones         |
| Horno fijo de reverbero (tipo crisol, solera) | Hulla, gas o fueloil                                       | Desperdicio, arrabios colados y ferroaleaciones líquidas |
| Horno rotatorio de reverbero                  | Carbón fluidificado, gas, fueloil, mezcla de gas y fueloil | Hierro colado de alto contenido de carbono               |

---

4 a 5 t/h

Hasta 1 t (proceso discontinuo)

El crisol puede hacerse de grafito o tener marco de metal revestido y apisonado

Para pequeñas cantidades de hierro colado, entre ellas aleaciones, el aire puede ser precalentado. El crisol puede ser fijo o basculante

Hasta 50 t (proceso discontinuo)

Acido (silícico o silicoaluminoso)

El precalentamiento de aire (si se utiliza) aumentará la producción y permitirá tamaños superiores

Hasta 10 t (proceso discontinuo con carga sólida). El proceso continuo emplea carga líquida

De ordinario ácido. La duración del revestimiento es de 250 a 400 cargas

Buen desoxidante y desgasificante. Adecuado para fundición maleable (calentador de aire y basculante, facultativos)

CUADRO 43. CARACTERÍSTICAS DE LOS HORNOS DE FUSIÓN ELÉCTRICOS

| Tipo de horno                              | Fuente de calor  | Características eléctricas   | Capacidad   | pH  | Revestimiento  | Consumo de energía (kWh/t)  | Características de utilización   |
|--|--|--|---|---|--|---|--|
| Horno rotatorio<br>Arco voltaico indirecto | Un arco voltaico entre dos electrodos horizontales   | Averías reticulares  | Hasta 1,5 t   | Neutro. De ordinario no se necesita escoria considerando la saturación de CO <sub>2</sub> de la atmósfera del horno | Alúmina con revestimiento de corindón  | De 550 a 700  | Puede fundirse hierro colado gris de calidad para fundiciones de tamaño pequeño y mediano. Una corriente monofásica puede provocar averías en la red eléctrica. Los electrodos consumen de 3 a 5 m <sup>3</sup> /h de agua de enfriamiento   |
| Resistencia de grafito                     | La energía se degrada en una barra de grafito  | La carga es constante; 50 a 700 kVA, 20 a 80 V   |   |   |  |   |  |
| Horno de canal de inducción                | El calor se genera en un canal secundario por inducción y después se transfiere a la carga por conducción y convección | Para fusión de 80 kW a 2 000 kW; para mantenimiento de 100 kW a 2 000 kW o más a frecuencias más bajas. Uno o dos inductores | Para fundir hasta 10 t; para mantenimiento más de 100 t | Acido, básico o neutro dependiendo de la naturaleza del revestimiento   | Crisol normalmente revestido con piedras de corindón y ladrillos aislantes<br><br>Se utilizan revestimientos de corindón, circonio y magnesita para el canal de colada y el inductor | Para fundir 500 a 620; para mantenimiento 20 a 40; para recalentamiento 35 a 70 | Se utiliza de ordinario como horno de conservación, raramente como horno de fusión. Si se acopla a un cubilote su capacidad duplica la producción horaria. Canal horizontal, canal horizontal basculante y tipos de canales abiertos. Hay que parar el horno para cambiar el inductor, lo que podría ocurrir cada 2 ó 3 meses. Para revestir de nuevo el horno se deja pausar más tiempo |

**Horno de inducción  
sin núcleo  
magnético**

|  |   |                               |                |
|--|---|-------------------------------|----------------|
| <b>Baja frecuencia</b>                             | Una corriente alterna pasa a través de un serpentín enfriado que rodea al crisol. | 50 a 60 Hz<br>300 a 25 000 kW | Hasta 60 t     |
| <b>Tiristor o convertidor rotatorio</b>            | Una corriente inducida genera calor   | 500 a 4 000 Hz                | Hasta 3 000 kg |
| <b>Frecuencia intermedia (o frecuencia triple)</b> |   | 150 a 300 Hz                  | Hasta 300 kg   |

**Horno trifásico  
de arco voltaico**

|  |  |               |
|--|--|---------------|
| Un arco voltaico entre los electrodos y la carga | Voltaje máximo: 380 V. La relación entre energía y capacidad (kVA/t) es importante. Generalmente 400 kVa por t | 5 a más de 50 |
|--|--|---------------|

|                             |  |   |  |
|-----------------------------|--|---|--|
| Generalmente ácido o neutro | Arena en estado de $\text{SiO}_2$ , muy puro aglutinada con sinterizado de horno y ácido bórico apisonado (se utilizan también revestimientos de alúmina de magnesio o ladrillos aluminosos) | Fusión a baja frecuencia (520 a 650)<br>Fusión a mediana frecuencia (650 a 760) | Puede utilizarse como horno de fusión u horno de conservación del calor con operación discontinua o continua. La carga puede estar fría, precalentada o líquida. Es el horno más flexible y eficaz para hierro (o acero) a leado. El enfriamiento de la bobina y el buen mantenimiento son muy importantes |
| Acido o básico              | La bóveda es de ladrillos de alúmina. Los laterales son de dolomita, magnesita o sílice apisonados. El crisol generalmente es de revestimiento básico  | Aproximadamente 600   | Es el horno más conveniente para transformar cargas en metal líquido de buena calidad. Se requieren grandes cantidades de electricidad para fundir. Los electrodos de grafito utilizados hasta una proporción de aproximadamente 5 kg/t de producción pueden romperse y provocar una paralización          |

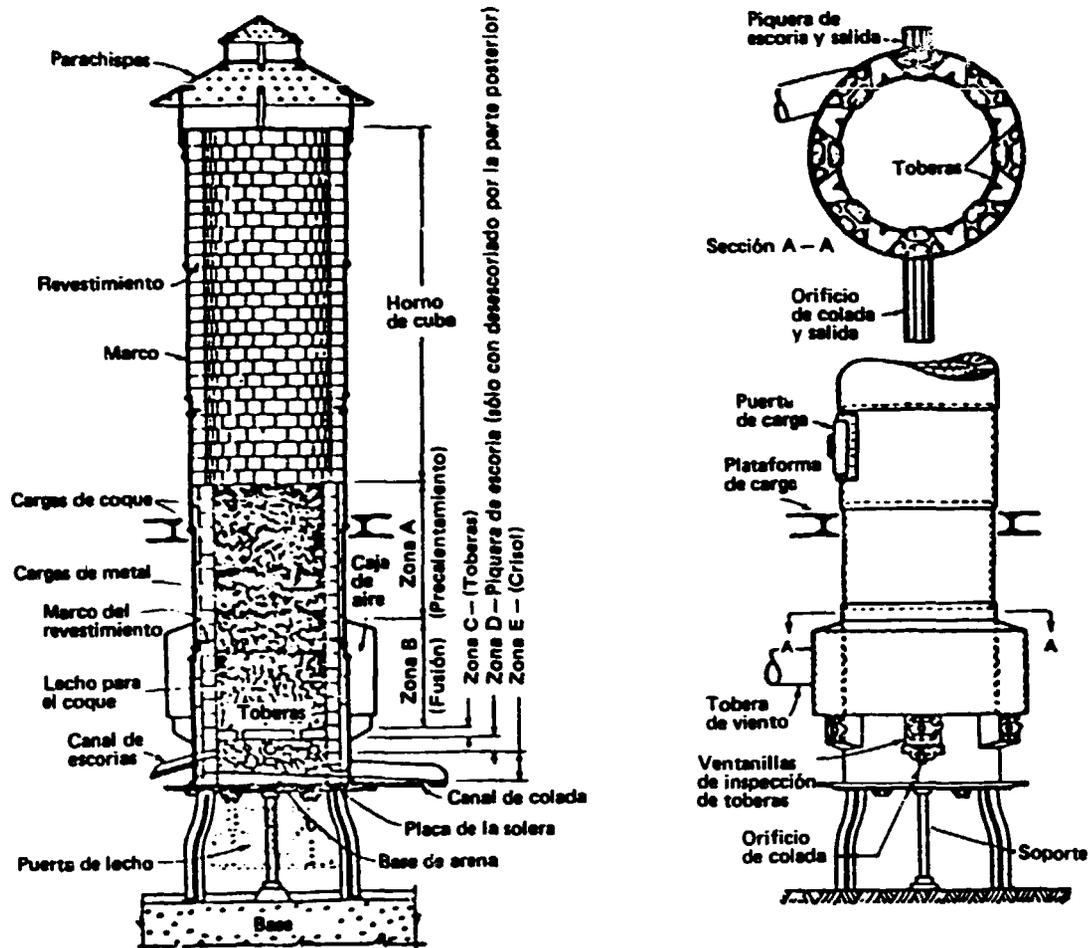


Figura 26. Cubilote clásico de aire frío

Un pulverizador aireador para arena preparada que puede adaptarse a un sistema de correa transportadora

Tolvas y embudos de alimentación pequeños, de forma apropiada, ajustados con vibradores y extractores que deben diseñarse para el proyecto concreto

La recuperación de arena desmoldada durante el proceso de moldeo con un mezclador continuo no se considerará debido a su bajo volumen y a la disponibilidad de materia prima prevista.

La figura 27 muestra etapas en la regeneración de arena de moldear. La figura 28 muestra un sistema de regeneración de arena para arenas químicamente aglutinadas. La figura 29 muestra un equipo de recuperación de arena. La figura 30 muestra mezcladores de arena. La figura 31 muestra una visión conceptual de la recuperación, de la mezcla con arena nueva y el batido en un proceso correlativo. En el cuadro 44 figura maquinaria para operaciones de recuperación de arena.

### Operaciones de limpieza

En el cuadro 45 figuran las características de las operaciones de limpieza. En los países en desarrollo se ha de efectuar manualmente el desarme y elaborar técnicas de colada para ayudar a la limpieza de embudos de colada y embudos ascendentes. Las figuras 32 y 33 muestran máquinas de limpiar.

Las piezas grandes deben chorrearse con arena mediante aire comprimido. Para evitar la silicosis (o la necesidad de trajes pesados de protección), los controles de los tubos de lanzamiento de chorro de arena deben hacerse fuera de la cabina en que se encuentra la parte.

Al parecer, lo más conveniente es un soplador de chorro de arena continuo con chapa protectora cargado manualmente (o, como variante, un soplador de chorro de arena de mesa giratoria). Las rectificadoras de columna para piezas pequeñas y las rectificadoras portátiles o suspendidas para grandes piezas se emplean con martinets de aire comprimido. La figura 34 muestra equipo de limpieza de piezas fundidas.

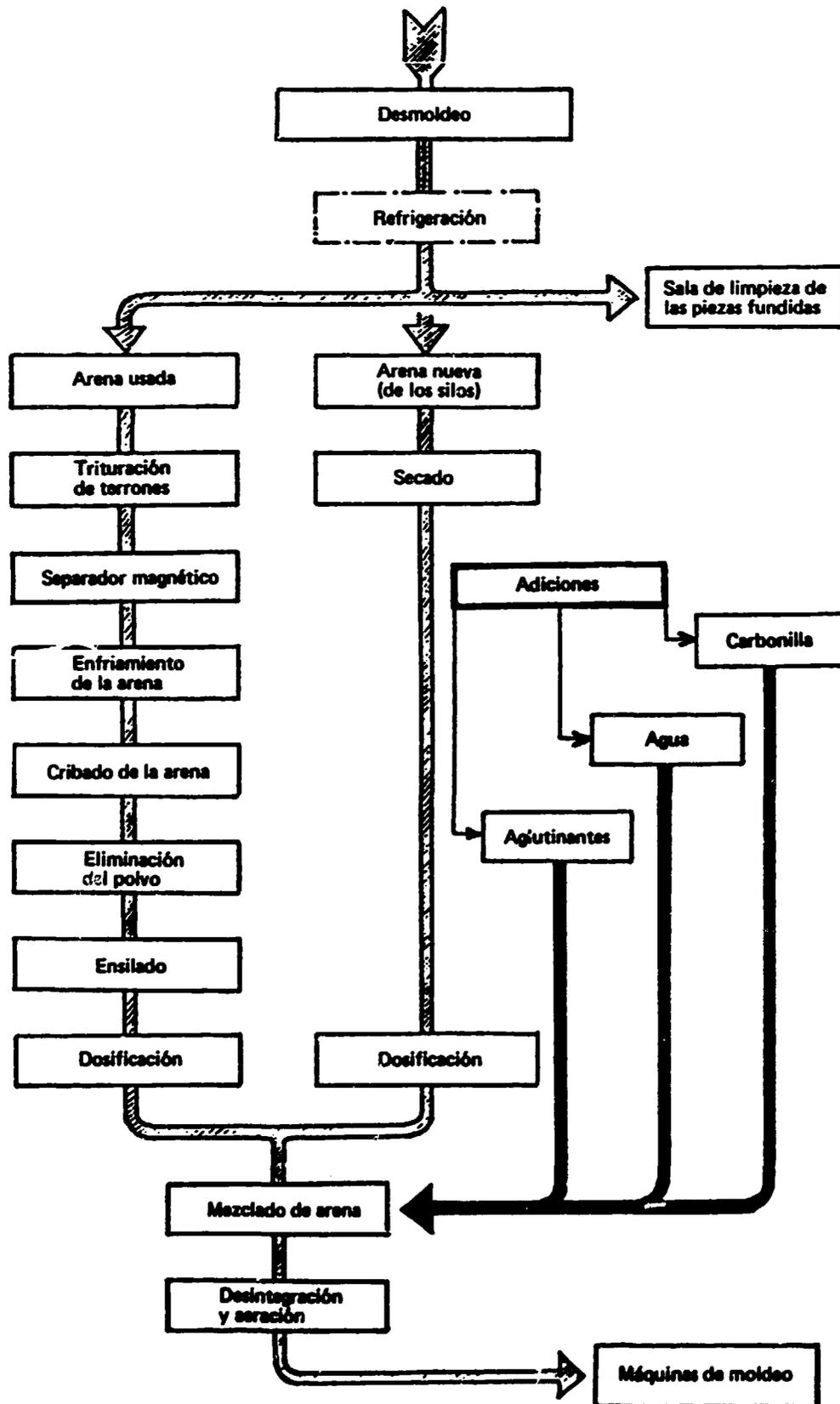


Figura 27. Etapas de la regeneración de la arena de moldeo

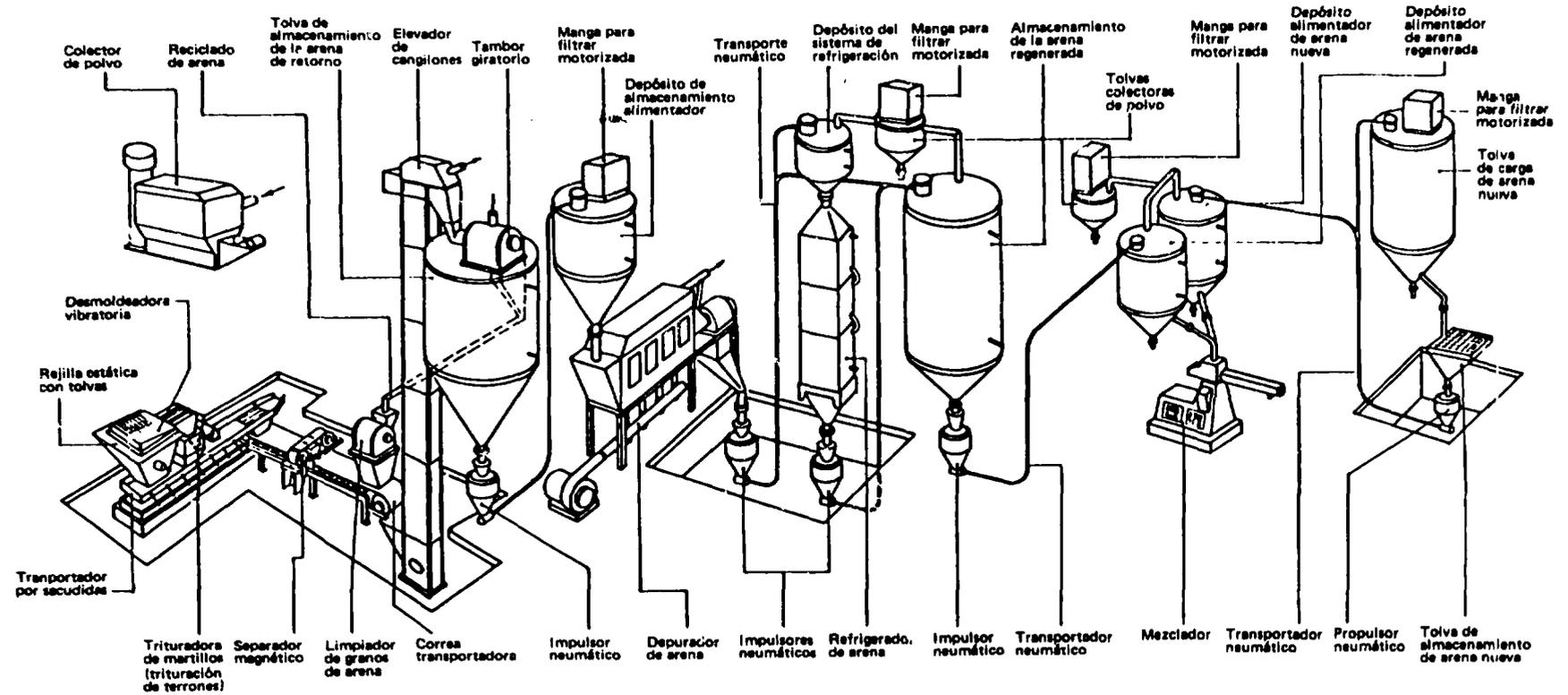
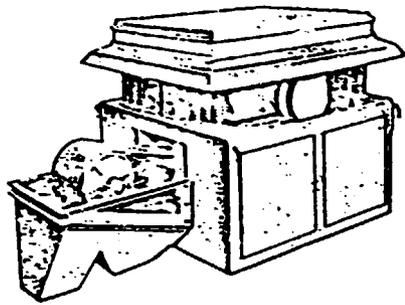
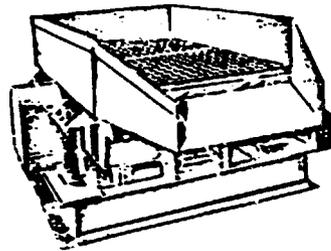


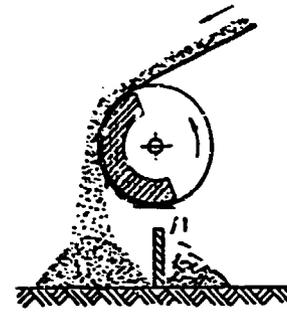
Figura 28. Sistema de regeneración de arenas para arenas ligadas químicamente



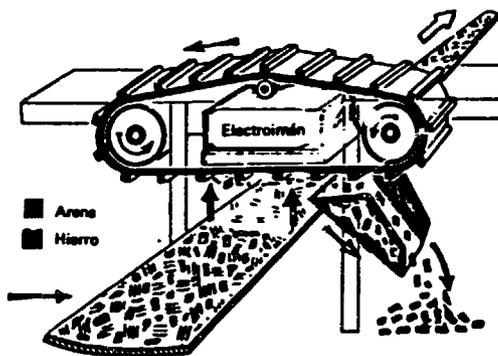
A. Desmoldadora de criba vibratoria con separador electromagnético



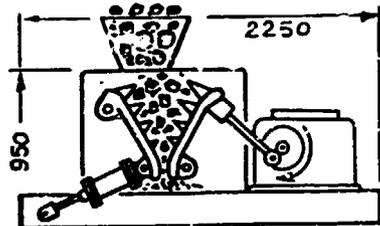
B. Desmoldadora vibratoria



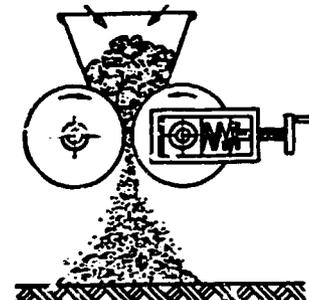
C. Separador magnético de polea



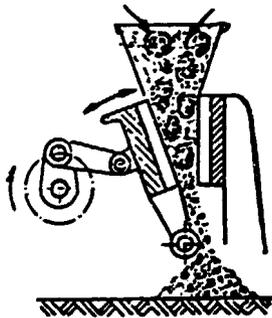
D. Separador magnético de correa



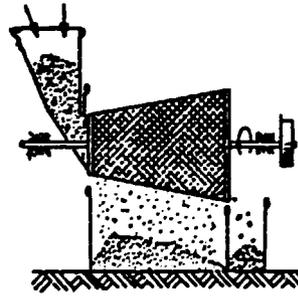
E. Quebrantadora de terrones



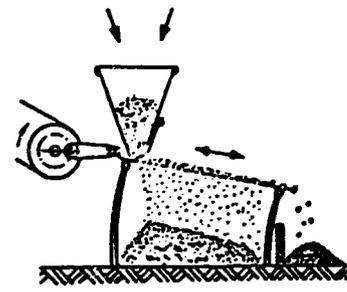
F. Otro tipo de quebrantadora de terrones



G. Trituradora de martillos



H. Tambor giratorio



I. Criba vibratoria

Figura 29. Equipo para la recuperación de arena

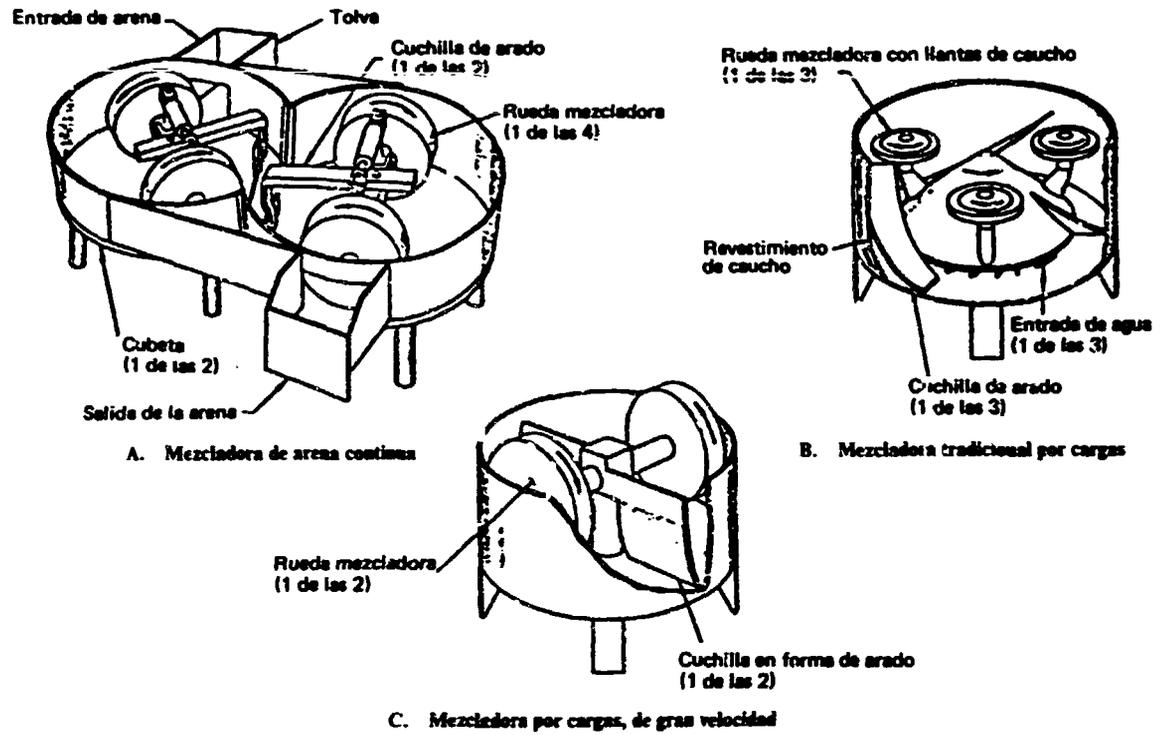


Figura 30. Mezcladoras de arena

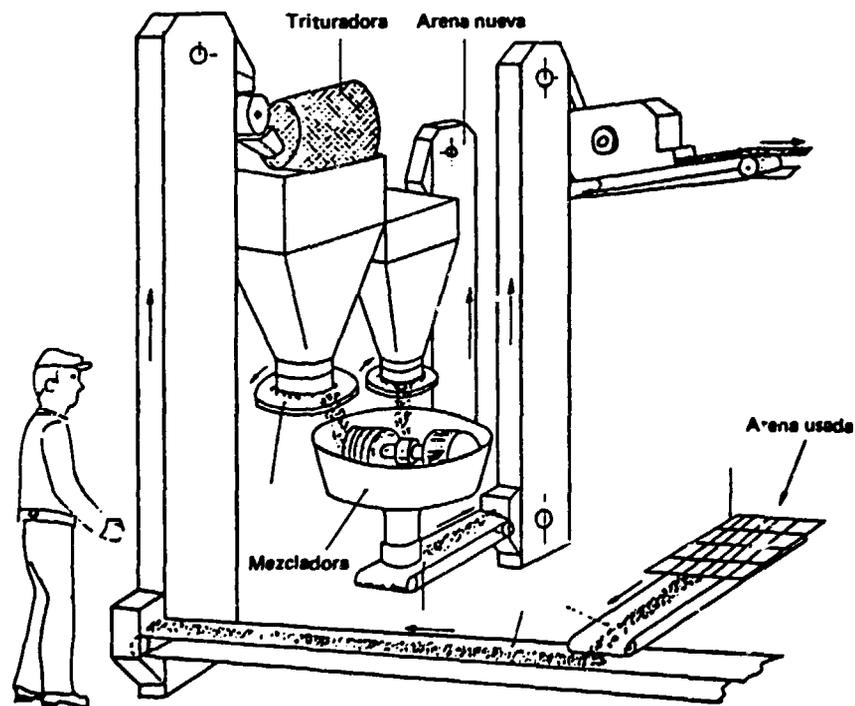


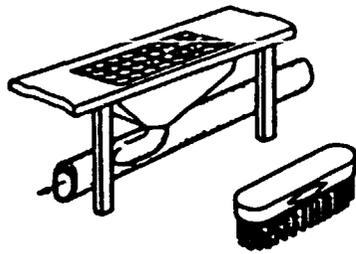
Figura 31. Esquema conceptual de la recuperación, la mezcla con arena nueva y el amasado-mezclado de arenas usadas en una secuencia de procesos

CUADRO 44. MAQUINARIA PARA LAS OPERACIONES DE RECUPERACION DE LA ARENA Y SUS CARACTERISTICAS

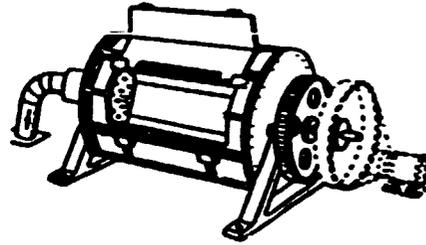
| <i>Operación</i>            | <i>Maquinaria o técnica utilizada</i>  | <i>Características de interés para los países en desarrollo</i>  |
|-----------------------------|--|--|
| Desmoldeo                   | A mano, en parrilla fija<br>Parrilla vibratoria o parrilla de sacudidas  | Las piezas de tamaño pequeño y medio se hacen sobre una parrilla de sacudidas movable. Las piezas fundidas de gran tamaño en una parrilla fija. Se aconseja el desmoldeo a mano para evitar costos elevados                                    |
| Trituración de terrones     | Cilindros trituradores elásticos de compresión<br>Trituradora de martillo<br>Trituradora desintegradora  | Para triturar la arena no estufada se requiere un desintegrador  |
| Separación magnética        | Polea magnética<br>Separador magnético de cinta  |  |
| Enfriamiento                | Tambores giratorios de enfriamiento (piezas fundidas y arena juntas)<br>Elevador de enfriamiento<br>Refrigerador con serpentines de agua   | Se requieren piezas fundidas homogéneas y una instalación bajo el piso de trabajo  |
| Cribado                     | Cribas giratorias<br>Cribas vibratorias<br>Mallas de clasificación   | La criba giratoria suele utilizarse en plantas medianas o grandes. Las cribas vibratorias son adecuadas para las plantas más pequeñas  |
| Recolección de polvos       | Succión, en los procesos de cribado o de otra índole   | Debe separarse el polvo de la corriente de arena en las pequeñas plantas. Eso exige un buen aparato de succión   |
| Transporte y almacenamiento | Transportadores de cinta, elevadores cangilones. Los transportes se utilizan mucho para el transporte horizontal de arena verde. Los sistemas neumáticos se utilizan a menudo para las arenas ligadas químicamente. El almacenamiento se hace en silos de distintas formas | Los elevadores ahorran espacio. El cangilón tiende a apretar la arena. Se sugiere que el transportador neumático sólo se emplee para acarrear la arena nueva desde los depósitos de almacenamiento hasta la tolva del mezclador                |
| Adición de agentes          | Existe una amplia gama de aparatos mezcladores   | Lo más seguro es emplear un método semimanual. Se necesita personal calificado   |
| Mezcla de arenas            | Cuba fija, ciclo continuo<br>Cuba giratoria, ciclo continuo<br>Cuba fija, ciclo discontinuo<br>Cuba giratoria, ciclo discontinuo<br>Mezcladora intensa   | Muchos de estos tipos son adecuados. Es aconsejable una mezcladora de cuba fija y ciclo discontinuo, para la cual pueda preseleccionarse el tiempo de las operaciones. La sincronización del ciclo es muy importante en la dosificación manual |
| Desintegración y aeración   | Se pueden utilizar diversos medios para la aeración de la arena durante el transporte  | Aconsejable para pequeñas plantas  |

CUADRO 45. CARACTERÍSTICAS DE LAS OPERACIONES DE LIMPIEZA

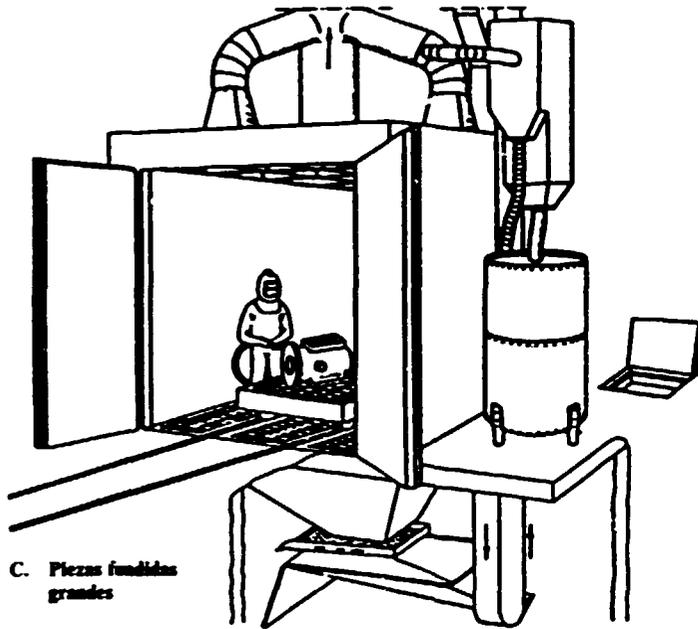
| Operación  | Técnicas utilizadas  | Observaciones respecto a su adaptación por los países en desarrollo   |
|--|--|---|
| Desmoldeo  | A mano con sacudidas y martillos   | La entalladura correcta en las entradas y los bebederos del molde facilitan la fractura tanto durante el desmoldeo como después de éste   |
|  | Por medios mecánicos, con sierras circulares, discos abrasivos, prensas y otros instrumentales   | Salvo en casos especiales, posiblemente sea preferible utilizar discos abrasivos y herramientas portátiles  |
| Limpieza por chorro de arena<br>(debe prestarse especial cuidado a la eliminación del polvo de la granalla de acero) | En cabina de aire comprimido   | Aconsejable para piezas fundidas de tamaño grande o mediano (mayores de 50 kg). Se trata de un método barato  |
|  | Técnica de mesa o correas giratorias con impulsores que arrojan el abrasivo  | El tipo provisto de una pequeña cámara parece el más adecuado   |
|  | Técnica de mesa suspendida o de cinta monocarril, con impulsores que arrojan el abrasivo   | Un medio bueno pero caro para la producción continua  |
|  | En un tambor de limpieza con piezas fundidas y abrasivos   | Adecuado para piezas brutas de fundición. Barato, ruidoso y no muy productivo   |
| Acabado<br>Desincrustado   | Herramienta neumática accionada a mano sobre un banco o transportadores  | Las herramientas neumáticas se utilizan en un banco fijo para las piezas fundidas pequeñas o en el suelo para las piezas fundidas de tamaño grande a mediano                                    |
| Operación con prensa   | Las máquinas están ajustadas para cortar las rebabas o para ajustar por precisado las dimensiones finales. Técnica utilizada generalmente para grandes series de piezas fundidas | Sólo para piezas fundidas de fundición nodular  |
| Rectificado  | Rectificadora neumática portátil<br>Rectificadora basculante o rectificadora fija de soporte y rectificadoras especiales y múltiples   | Se pueden utilizar las rectificadoras portátiles para piezas fundidas de tamaño mediano y grande. Se recomiendan las rectificadoras basculantes o de pedestal para las piezas fundidas pequeñas |
| Tratamiento térmico  | Hornos de una solera o de solera doble<br>Hornos continuos<br>Atmósfera normal o neutra  | Podría utilizarse un horno de solera doble para el tratamiento de fundiciones especiales y de fundición de grafito esferoidal; se puede conseguir la estanqueidad por medio de arena y brasca   |
| Comprobación<br>Análisis de la composición de la colada  | Química, espectrografía y otros medios   |   |
| Visual<br>Dimensional  | Luces y lentes de aumento<br>Galgas, aparatos de inspección, instrumentos de trazado   | Deben fijarse normas precisas<br>Deberán fabricarse en la empresa   |
| Integridad de la superficie  | Fluidos penetrantes-diferentes técnicas crean y detectan el campo magnético  | Los fluidos penetrantes utilizados debieran bastar en la mayoría de los casos. Para una inspección cuidadosa podría requerirse el empleo de un magnetoscopio                                    |
| Estructura metalográfica<br>Integridad interna   | Microscopio de reflexión   | Un microscopio óptico con un poder amplificador de 1 000 a 2 000 veces  |
|  | Radiación penetrante, incluidos rayos X y vibraciones ultrasónicas   | Puede comprarse un aparato de rayos X (300 kW) para las producciones en gran escala   |
| Arena de moldeo  | Instrumentos para comprobar la dureza, humedad, resistencia, permeabilidad y grado de finura   |   |



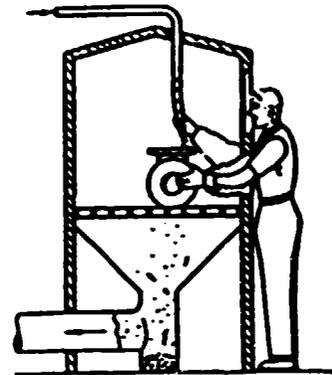
A. Banco para eliminar la arena de las piezas fundidas



B. Tractor de limpieza

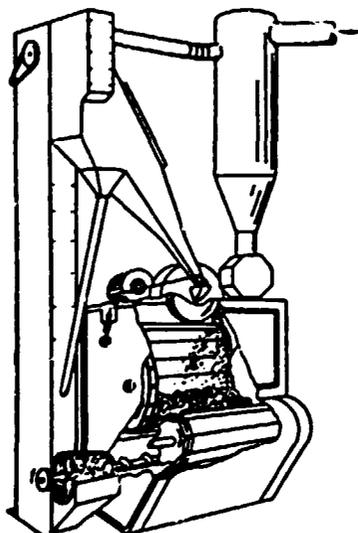


C. Piezas fundidas grandes

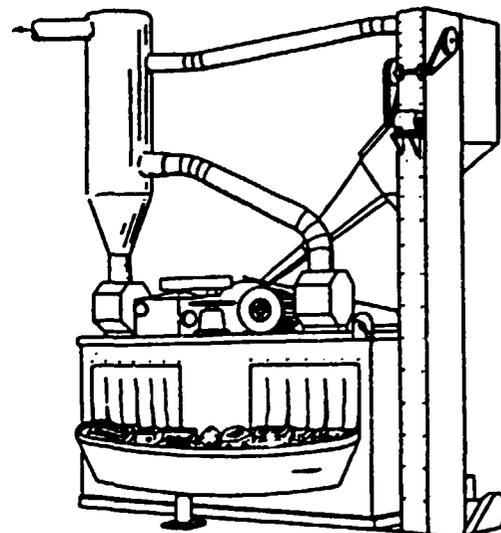


D. Pequeña cabina accionada a mano desde fuera por un trabajador de pie

Figura 32. Limpieza manual de las piezas fundidas

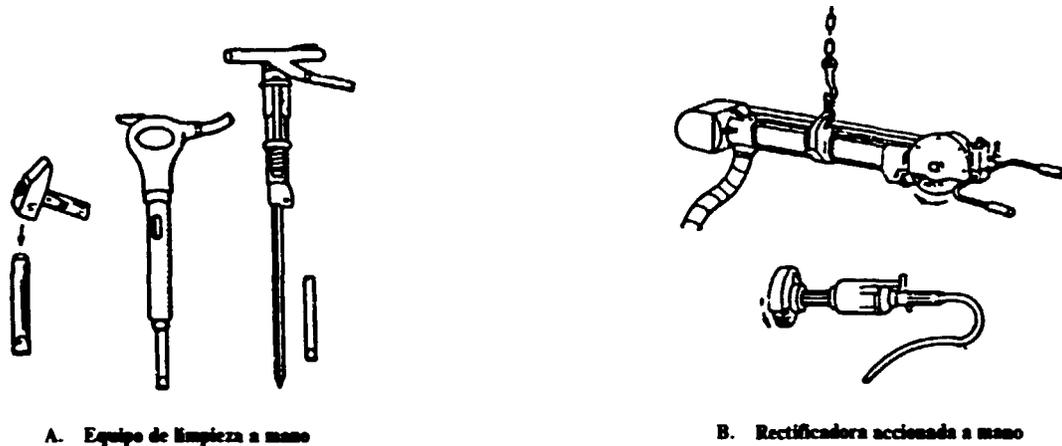


A. Chorro de arena con impulsores que arrojan el abrasivo y transportador de mandril sin fin



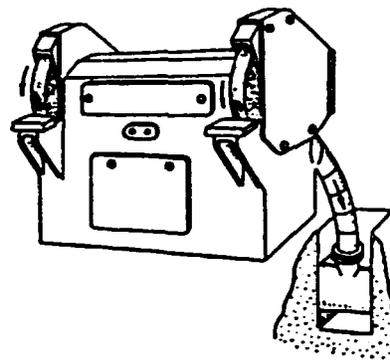
B. Chorro de arena de mesa giratoria, con colector de polvo (operación continua)

Figura 33. Limpieza mecanizada de las piezas fundidas



A. Equipo de limpieza a mano

B. Rectificadora accionada a mano



C. Rectificadora de columna de dos cabezas, con colector de polvo

Figura 34. Equipo de limpieza de las piezas fundidas

En una fecha posterior, cuando las necesidades de las operaciones estén mejor definidas, se pueden introducir operaciones de soldadura para pequeños defectos.

Se requieren dispositivos de medición dimensional, equipo de control, dispositivos para medir la composición química, la integridad de los componentes principales (magnetoscopio), la nodularidad (microscopio metalográfico) y dispositivos para medir la humedad, la cohesión, la finura, la permeabilidad y la refractariedad de la arena.

#### *Fundición de metales no ferrosos*

La creación de un pequeño departamento para material no ferroso tiene por objeto producir pequeñas piezas fundidas no ferrosas. Dicha producción requerirá:

a) Moldeo manual para piezas fundidas livianas hechas por un solo obrero en un banco con moldes separados, sobre chapas de madera o sobre cajas de moldeo;

b) Moldeo de piezas más grandes con cajas de moldeo sobre una máquina de sacudida simple. El apisonado se hace con un pisón de aire comprimido;

c) Dos pequeños bancos para moldeos en serie (válvulas, pistones, herramientas caseras e industriales);

d) Con respecto a la producción de machos, un soplante de machos de cinco litros y moldeo manual. Para machos grandes, puede ser útil el mezclador continuo de fundición;

e) Un horno de gasoil de 135 litros con doble crisol puede suministrar suficiente metal de calidad adecuada;

f) La máquina más importante para la rebarba es una sierra de cinta.

## Apéndice I

## COSTOS DE INSTALACION ESTIMADOS DE LA FUNDICION

En la siguiente lista se proporcionan detalles sobre los costos del equipo, la maquinaria, los edificios y el terreno necesarios para la fundición de hierro principal:

| Partida  | Costo<br>(miles de<br>dólares) | Partida  | Costo<br>(miles de<br>dólares) |
|--|--------------------------------|--|--------------------------------|
| Cubilote de fusión y colada  | 86                             | Moldeo en arena verde  | 150                            |
| Cubilote de viento frío (dos cubas), dispositivos de peso y carga de 2 t/h, sopladores, equipo de regulación del aire, aparatos para sangrar y pesar el hierro fundido, control de la emisión, monocarril de colada  |                                | Dos máquinas de apisonar por sacudidas y presión (presión estática máxima, 6 atmósferas; tamaño máximo de la caja de moldeo, 700 x 850 mm) |                                |
| Horno de inducción   | 140                            | Dispositivos elevadores  |                                |
| Horno de fusión por inducción de frecuencia media (capacidad del crisol, 1,5 t; producción por hora, 0,6 t; demanda máxima de energía eléctrica, 450 kW; bobina enfriada por agua en circuito cerrado con termostato recuperador), transformadores de energía, dispositivos de seguridad, capacitores y equipo de control en tablero. Un crisol con dispositivos basculantes hidráulicos |                                | Rodillos   |                                |
| Otros equipos de fusión y colada   | 9                              | Mesas transbordadoras por rodillos   |                                |
| Taller para calentar calderas  |                                | Cajas de moldeo  |                                |
| Recipientes para chatarra y aleaciones   |                                | Moldeo en arena sin secar  | 60                             |
| Calderas de colada y equipo diverso  |                                | Silo de arena nueva  |                                |
| Total del equipo de fusión y colada  | 235                            | Mezcladora continua (de 3 a 4 t/h)   |                                |
| Equipo para arena nueva  | 33                             | Depósito para almacenar la arena nueva   |                                |
| Rejilla de vuelo, recipientes, elevador para alimentar el silo de almacenamiento con arena nueva, silo (65 m <sup>3</sup> ), transportador neumático   |                                | Mesa vibratoria  |                                |
| Equipo para arena verde  | 276                            | Rodillos   |                                |
| Desmoldeadora vibratoria   |                                | Mesas transbordadoras  |                                |
| Correas para transportar arena usada   |                                | Dispositivo elevador para la manipulación del molde  |                                |
| Separadores electromagnéticos  |                                | Moldeo en fosa   | 5                              |
| Elevadores   |                                | Herramientas manuales  |                                |
| Cubas giratorias de trituración  |                                | Fosa con compartimientos móviles   |                                |
| Silos para la arena usada  |                                | Martillo de aire comprimido  |                                |
| Dispositivos de refrigeración de la arena  |                                | Total del equipo de moldeo   | 215                            |
| Tolvas para arena regenerada con distribución volumétrica  |                                | Taller de machos   | 35                             |
| Alimentador de tornillo sin fin para aglutinantes  |                                | Mezcladoras de arena para machos (2)   |                                |
| Mezcladora de arena (8 t/h)  |                                | Máquina accionada a mano para endurecer machos de arena (regulación automática del gas)  |                                |
| Mezcladora especial de arena   |                                | Sopladora de machos de banco (5 litros)  |                                |
| Aireadores   |                                | Sopladora de machos (de 12 litros, con sistema mecanizado para la extracción de machos)  |                                |
| Rejillas y correas para arena usada  |                                | Bancos para machos con embudos de entrada de la arena (4)  |                                |
| Estructuras de la red portadora  |                                | Estufa de machos con calentador (2 compartimientos)  |                                |
| Equipo para arena sin secar  | 18                             | Estanterías de machos para el cocido en horno  |                                |
| Desmoldeadora vibratoria   |                                | Carretilla elevadora manual de plataforma baja para cargar el horno  |                                |
| Correa para arena usada  |                                | Taller de terminado y limpieza   | 90                             |
| Elevador y tolva para extraer la arena usada   |                                | Chorreadora de arena con mandril sin fin   |                                |
| Total del equipo para arena  | 327                            | Cabina de aire comprimido  |                                |
|  |                                | Rectificadora de pedestal  |                                |
|  |                                | Cortadora de disco abrasivo (hierro nodular)   |                                |
|  |                                | Bancos para desbarbado   |                                |
|  |                                | Rectificadora de muela pendular  |                                |
|  |                                | Desbastadoras de muela abrasiva (portátiles)   |                                |
|  |                                | Soldadora por arco eléctrico (se utilizará sólo posteriormente)  |                                |
|  |                                | Otras herramientas portátiles  |                                |
|  |                                | Puentes grúa   | 90                             |
|  |                                | Puente grúa (de 14,5 m de alcance, controlado desde el suelo)  |                                |

| <i>Partida</i>   | <i>Costo<br/>(miles de<br/>dólares)</i> | <i>Partida</i>   | <i>Costo<br/>(miles de<br/>dólares)</i> |
|--|---|--|---|
| Puentes grúa (2) para las dos naves (de 14,5 m de alcance, controlados desde el suelo) |   | Colector de polvo húmedo para desmoldeos (tanque de arena)   |   |
| Puente grúa para la nave del horno (4,5 m)   |   | Sistema de absorción de polvo en bolsa seca para el chorreo de arena                               |   |
| Inspección y ensayos en laboratorio  | 100                                     | Sistema de absorción de polvo en bolsa seca para el rectificado                                    |   |
| Banco de trazado   |   | Equipo para uso general  | 190                                     |
| Magnetoscopio  |   | Compresores de aire de 3.000 m <sup>3</sup> /min con secador de aire y unidad de refrigeración (2) |   |
| Banco de trazado con equipo  |   | Equipo eléctrico: transformadores de 500 kVA (tableros de voltaje medio y bajo).                   |   |
| Microscopio y equipo micrográfico  |   | Grupo electrógeno de reserva de 100 kW y otras instalaciones eléctricas                            |   |
| Cuantómetro  |   | Sistemas de agua reglamentarios (tanque de 1.000 m <sup>3</sup> )                                  |   |
| Equipo de laboratorio para análisis y control de la arena                              |   | Sistema sanitario hidráulico   |   |
| Equipo de inspección   |   | Gas, petróleo y otros combustibles y sistema de distribución                                       |   |
| Fabricación de modelos (madera o resina)   | 170                                     | Edificios de la planta de fundición principal  | 400                                     |
| Fresadoras (2)   |   | Nave de fusión (16 m de altura)  |   |
| Fresadora copiadora  |   | Naves de fundición (12 m de altura)  |   |
| Cepilladora rotatoria de eje vertical  |   | Taller de limpieza (9 m de altura)   |   |
| Lijadora   |   | Vertiente lateral (planta de arena)  |   |
| Bruñidora  |   | Taller de fabricación de modelos, mantenimiento de máquinas y general                              | 140                                     |
| Sierra de cinta  |   | Edificios para oficinas (a 300 dólares por m <sup>2</sup> )  | 300                                     |
| Torno  |   | Cabinas para transformadores y compresores   | 30                                      |
| Regruesadora   |   | Costo total de los edificios   | 879                                     |
| Taladradora  |   | Carreteras y acondicionamiento de la zona (incluidos parques de chatarra)                          | 50                                      |
| Rectificadora  |   | Vallado  | 25                                      |
| Bancos para trazado (2)  |   | Alcantarillados y desagüe  | 15                                      |
| Bancos de carpintero (7)   |   | Costo total de acondicionamiento del lugar   | 90                                      |
| Equipo para el taller mecánico   | 323                                     |  |   |
| Torno paralelo   |   |  |   |
| Fresadora universal  |   |  |   |
| Rectificadora de superficie frontal  |   |  |   |
| Taladradora radial   |   |  |   |
| Perforadoras de columna (2)  |   |  |   |
| Taladradora de banco   |   |  |   |
| SERRUCHO de costilla   |   |  |   |
| Rectificadora de dos cabezas   |   |  |   |
| Tornos revólver horizontales (2)   |   |  |   |
| Prensa (15 t)  |   |  |   |
| Afiladora universal  |   |  |   |
| Soldadora por arco eléctrico de 7 kW   |   |  |   |
| Estación móvil de soldeo oxiacetilénico  |   |  |   |
| Taladradora portátil   |   |  |   |
| Mesa de referencia (1.500 × 1.500 mm)  |   |  |   |
| Bancos con tornillos (8)   |   |  |   |
| Juegos de llaves de tuerca, clarificadores, equipo diverso (5 juegos)                  |   |  |   |
| Juegos de herramientas e instrumentos eléctricos para mantenimiento (3 juegos)         |   |  |   |
| Herramientas y accesorios  | 176                                     |  |   |
| Manómetros   | 35                                      |  |   |
| Estanterías, contenedores, armazones de soporte, etc.                                  | 157                                     |  |   |
| Total del equipo para el taller mecánico y de mantenimiento                            | 691                                     |  |   |
| Equipo para manipulación de materiales   | 125                                     |  |   |
| Carretillas de horquilla elevadora (3)   |   |  |   |
| Estaciones para la carga de acumuladores (3)   |   |  |   |
| Carretillas (2)  |   |  |   |
| Coches de pasajeros (2)  |   |  |   |
| Excavadora mecánica  |   |  |   |
| Camión basculante  |   |  |   |
| Sistema de aspiración y recogida de polvo  | 120                                     |  |   |
| Colector de polvo húmedo para la planta de arena (1.000 m <sup>3</sup> /min)           |   |  |   |

Para la fundición de metales no ferrosos suplementaria se necesitaría el siguiente equipo: para la fusión, un horno de crisol de fueloil (135 litros) con equipo de regulación, tres calderas y un calentador, además de mantenimiento de revestimientos y materiales refractarios. Para el moldeo se necesita una máquina de apisonar por sacudidas y presión para coladas en arena, embudos, mezcladores, elevadores, aereadores para el moldeo en arena, un banco para el moldeo a mano, dos bancos para la fundición de matrices por gravedad con operaciones manuales, y cajas de moldeo y equipo conexo. Para la fabricación de machos se necesita un taller de machos, mezcladores, un embudo, mesas de machos para dos puestos de trabajo con un proceso de arena no secada, y equipo auxiliar. Para el taller de terminado y limpieza, una sierra de cinta, bancos para terminado y limpieza, dos rectificadoras, accesorios y equipo de taller. Para la inspección, equipo de laboratorio para la inspección de la arena y las fundiciones. Entre los dispositivos elevadores figuran dos elevadores reglamentarios para el sangrado y la colada. El costo total del equipo necesario para la fundición de metales no ferrosos es de 106.000 dólares.

En el cuadro 46 figuran todos los costos antes enumerados con los respectivos gastos de flete e instalación.

CUADRO 46. COSTOS DE INSTALACION TOTALES ESTIMADOS DE LA FUNDICION  
(Miles de dólares)

| Grupo de costos                              | Equipo       | Flete e instalación | Total        |
|--|--------------|---------------------|--------------|
| Fusión y colada                              | 235          | 127                 | 362          |
| Arena  | 327          | 130                 | 457          |
| Moldeo                                       | 215          | 32                  | 247          |
| Taller de machos                             | 35           | 10                  | 45           |
| Taller de terminado y limpieza               | 90           | 34                  | 124          |
| Puentes grúa                                 | 90           | 25                  | 115          |
| Inspección y ensayos en laboratorio          | 100          | 15                  | 115          |
| Fabricación de modelos                       | 170          | 25                  | 195          |
| Taller mecánico y de mantenimiento           | 691          | 89                  | 780          |
| Equipo para la manipulación de materiales    | 125          | 10                  | 135          |
| Aspiración y recolección de polvo            | 120          | 40                  | 160          |
| Servicios públicos                           | 190          | 40                  | 230          |
| Edificios                                    | 870          | 30                  | 900          |
| Acondicionamiento del terreno                | 90           | 10                  | 100          |
| Planta de fundición de minerales no ferrosos | 106          | 32                  | 138          |
| <b>Total</b>                                 | <b>3 454</b> | <b>649</b>          | <b>4 103</b> |

### Apéndice II

#### COSTOS DE CAPACITACION Y ASISTENCIA TECNICA DE LA FUNDICION

Entre los costos de capacitación no local de la planta de fundición figuran la capacitación colectiva en el trabajo introductorio para un director general, un director general adjunto, seis ingenieros y seis capacitadores de contraparte, es decir, un total de 14 personas, por un período de cuatro meses. La distribución es como sigue:

| Partida:     | Costo por participante (en dólares) | Costo total (en dólares) |
|--------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Viajes       | 3 000                               | 42 000                   |
| Dietas       | 4 000                               | 56 000                   |
| Capacitación | 6 000                               | 84 000                   |
| <b>Total</b> |                                     | <b>182 000</b>           |

La capacitación no local en el trabajo de ocho capacitadores y ocho ingenieros (16 en total) durante cuatro meses cada uno, a lo largo de cinco años, costará 208.000 dólares.

En el cuadro 47 figuran los costos de un programa de asistencia técnica en materia de capacitación, y en el cuadro 48 figuran los costos del programa local. En el cuadro 49 se resume la distribución de todos estos costos a lo largo de cinco años.

CUADRO 47. PROGRAMA DE ASISTENCIA TECNICA PARA LA FUNDICION<sup>a</sup>

| Función  | Necesidad de personal (años-persona) | Costo por año (miles de dólares) |       |       |       |       | Costo total (miles de dólares) |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|
|  |                                      | Año 1                            | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |                                |
| Director de proyecto (director general interino en los tres primeros años) | 5                                    | 80                               | 90    | 90    | 100   | 100   | 460                            |
| Gerente-capacitador del taller de fundición                                | 4                                    | 40                               | 80    | 80    | 90    | 45    | 335                            |
| Capacitador en moldeo  | 3                                    | 35                               | 70    | 80    | 40    |       | 225                            |
| Capacitador en fusión y fundición  | 3                                    | 35                               | 70    | 80    | 40    |       | 225                            |
| Capacitador de operadores de máquinas herramientas                         | 3                                    | 35                               | 70    | 80    | 40    |       | 225                            |
| Capacitador de mecánicos de máquinas herramientas                          | 4                                    |                                  | 70    | 80    | 80    | 80    | 310                            |
| Capacitador de modelistas  | 5                                    | 70                               | 80    | 80    | 80    | 80    | 390                            |

CUADRO 47 (continuación)

| Función  | Necesidades<br>de personal<br>(años-persona) | Costo por año<br>(miles de dólares) |       |       |       |       | Costo total<br>(miles de dólares) |
|--|--|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|
|  |  | Año 1                               | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |                                   |
| Ingeniero de la planta de fundición  | 3  | 70                                  | 80    | 80    |       |       | 230                               |
| Diseñador de fundición   | 4  |                                     | 80    | 80    | 90    | 90    | 340                               |
| Ingeniero-economista industrial  | 3  | 35                                  | 80    | 80    | 40    |       | 235                               |
| Metalúrgico  | 2  |                                     | 80    | 80    |       |       | 160                               |
| Ingeniero de comercialización  | 2  | 70                                  | 80    |       |       |       | 150                               |
| Corta duración (4-6 meses cada uno)  |  |                                     |       |       |       |       |                                   |
| Expertos en ingeniería especializada<br>(para la fundición de latón, el diseño<br>de productos especiales y el diseño<br>de plantas, etc.) | 4  |                                     | 20    | 80    | 80    | 150   | 330                               |
| Proyecto preparatorio en el primer año<br>(compra de equipo, construcción de<br>edificios, contratación, etc.)                             |  |                                     |       |       |       |       | 150                               |
| Total de asistencia técnica  | 45   | 470                                 | 950   | 970   | 680   | 545   | 3 765                             |

\*Para establecer un taller de fabricación de herramientas se necesitan otros ocho años-persona de expertos en talleres y ocho años-persona de expertos en ingeniería.

CUADRO 48. PROGRAMA DE CAPACITACION LOCAL PARA LA FUNDICION

| Función  | Año 0                    |                          | Año 1                   |                          | Año 2                   |                          | Año 3                   |                          | Año 4                   |                          | Año 5                   |                          | Sueldo inicial (dólares por año) |
|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|  | Necesidades de personal  | Costo (miles de dólares) | Necesidades de personal | Costo (miles de dólares) | Necesidades de personal | Costo (miles de dólares) | Necesidades de personal | Costo (miles de dólares) | Necesidades de personal | Costo (miles de dólares) | Necesidades de personal | Costo (miles de dólares) |                                  |
| Director general   |                          |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                                  |
| Director general adjunto   | 2                        | 16                       |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          | 8 000                            |
| Secretario-contable  | 1                        | 6                        |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                                  |
| Capacitadores supervisores de contraparte (moldeo, modelos, máquinas herramientas) | 8 por ½ año, 2 por 1 año | 18                       | 12                      | 40                       | 12                      | 42                       | 14                      | 56                       | 14                      | 62                       | 14                      | 68                       | 3 000                            |
| Ingenieros y técnicos de contraparte (un ingeniero y un técnico por cada experto)  | 6 por ½ año              | 15                       | 6                       | 30                       | 2                       | 10                       | 2                       | 10                       | 2                       | 10                       | 2                       | 10                       | 5 000                            |
| Capacitandos modelistas  | 10                       | 10                       | 18                      | 20                       | 15                      | 20                       |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                                  |
| Capacitandos y obreros de fundición  | 18 × ½ año               | 9                        | 20                      | 22                       | 20                      | 30                       |                         |                          |                         |                          |                         |                          | 1 000                            |
| Capacitandos y mecánicos de máquinas herramientas y otros trabajadores calificados | 20 × ½ año               | 10                       | 20                      | 22                       | 30                      | 45                       |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                                  |
| Ayudantes de contable y otro personal de secretaría                                | 2                        | 5                        |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          | 2 500                            |
| Oficinistas, conductores y obreros   | 4                        | 4                        |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          |                         |                          | 1 000                            |
| Total  |                          | 93                       |                         | 134                      |                         | 147                      |                         | 66                       |                         | 72                       |                         | 78                       |                                  |

CUADRO 49. COSTOS TOTALES DE CAPACITACION DE LA FUNDICION, POR AÑOS  
(Miles de dólares)

| Partida   | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Total |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Capacitación colectiva en el trabajo introductoria (no local)                         |       | —     | —     | —     | —     |       |
| Perfeccionamiento profesional de ingenieros y capacitadores de contraparte (no local) | 182   | 52    | 52    | 52    | 52    | 390   |
| Programa de asistencia técnica  | 150   | 950   | 970   | 660   | 545   | 3 765 |
|   | 470   |       |       |       |       |       |
| Capacitación local  | 225   | 149   | 66    | 72    | 88    | 600   |
| Total   | 1 027 | 1 151 | 1 088 | 804   | 685   | 4 755 |

### Apéndice III

#### PRODUCCION Y PERSONAL DE LA FUNDICION

CUADRO 50. PRODUCCION DE PIEZAS BRUTAS DE FUNDICION, POR AÑOS<sup>a</sup>

| Partida             | Año 2        |                        | Año 3        |                        | Año 4        |                        | Año 5        |                        |
|---------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|
|                     | Cantidad (t) | Fracción del total (%) |
| Fundición gris      | 500          | 90                     | 1 000        | 89,5                   | 1 250        | 88                     | 1 360        | 83                     |
| Hierro nodular      | 50           | 9                      | 100          | 9                      | 150          | 10                     | 240          | 15                     |
| Metales no ferrosos | 6            | 1                      | 16           | 1,5                    | 25           | 2                      | 30           | 2                      |
| Total               | 556          |                        | 1 116        |                        | 1 425        |                        | 1 630        |                        |

<sup>a</sup>En el año 1 no hay producción.

CUADRO 51. NUMERO DE EMPLEADOS EN LA PRODUCCION DE FUNDICION, POR AÑOS

| Categoría                       | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Calificados                     |       | 20    | 20    | 24    | 30    |
| Semicalificados                 |       | 37    | 37    | 45    | 48    |
| No calificados                  |       | 45    | 45    | 52    | 52    |
| Supervisores                    |       | 10    | 10    | 12    | 12    |
| Personal directivo e ingenieros |       | 10    | 10    | 11    | 12    |
| Total                           |       | 122   | 122   | 144   | 154   |

CUADRO 52. NUMERO Y TIPO DE PERSONAL DE LA FUNDICION EN PLENA PRODUCCION

| Departamento          | Total | Categoría  |                |               |
|-----------------------|-------|------------|----------------|---------------|
|                       |       | Calificado | Semicalificado | No calificado |
| Moldeo                | 30    | 5          | 15             | 10            |
| Fusión                | 13    | 3          | 7              | 3             |
| Colada                | 8     | —          | 4              | 4             |
| Desmoldeo             | 6     | —          | 1              | 5             |
| Planta de arena       | 7     | 2          | 3              | 2             |
| Fabricación de machos | 8     | 3          | 3              | 2             |
| Terminado             | 26    | 2          | 6              | 18            |
| Mantenimiento         | 8     | 8          | —              | —             |
| Almacenamiento        | 5     | 1          | 2              | 2             |

| Departamento                    | Total | Categoría  |                |               |
|---------------------------------|-------|------------|----------------|---------------|
|                                 |       | Calificado | Semicalificado | No calificado |
| Chorro de arena                 | 4     | —          | 2              | 2             |
| Inspección de laboratorio       | 8     | 3          | 4              | 1             |
| Tareas generales                | 7     | 3          | 1              | 3             |
| Total de personal de producción | 130   | 30         | 48             | 52            |
| Taller de modelos               | 16    | 10         | 5              | 1             |
| Taller mecánico                 | 10    | 6          | 4              | —             |
| Total                           | 156   | 46 (29%)   | 57 (37%)       | 53 (34%)      |

CUADRO 53. SALARIOS Y SUELDOS POR EMPLEADO DE LA FUNDICION, POR AÑOS

(Miles de dólares)

| Categoría                           | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Calificado                          | 1,5   | 2,0   | 2,5   | 2,8   | 3,0   |
| Semicalificado                      | 1,0   | 1,2   | 1,5   | 1,8   | 2,0   |
| No calificado                       | 1,0   | 1,1   | 1,4   | 1,6   | 1,8   |
| Supervisor                          | 3,0   | 3,5   | 4,0   | 4,5   | 5,0   |
| Ingeniero                           | 5,0   | 5,5   | 6,0   | 6,5   | 7,0   |
| Personal directivo y administrativo | 5,5   | 6,0   | 7,0   | 7,5   | 8,0   |
| Total                               | 17,0  | 19,3  | 22,4  | 24,7  | 26,8  |

CUADRO 54. TOTAL DE SALARIOS Y SUELDOS DEL PERSONAL DE PRODUCCION DE PIEZAS BRUTAS DE FUNDICION, POR AÑOS

(Miles de dólares)

| Categoría                           | Año 1            | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Calificado                          |                  | 40    | 50    | 67,2  | 90    |
| Semicalificado                      |                  | 44,4  | 55,5  | 81    | 96    |
| No calificado                       |                  | 49,5  | 63    | 83,2  | 93,6  |
| Supervisor                          |                  | 35    | 40    | 54    | 60    |
| Ingeniero                           |                  | 11    | 12    | 13    | 21    |
| Personal directivo y administrativo |                  | 55    | 56    | 67,5  | 72    |
| Total                               | 165 <sup>a</sup> | 235   | 276   | 366   | 432   |

<sup>a</sup>Sólo el costo de capacitación.

CUADRO 55. SUELDOS, SALARIOS Y GASTOS FIJOS POR CONCEPTO DE LOS SERVICIOS DE TALLERES Y DE INGENIERIA DE FUNDICION, POR AÑOS

| Partida                            | Año 1                  |                             | Año 2                  |                             | Año 3                  |                             | Año 4                  |                             | Año 5                  |                             |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
|                                    | Número de trabajadores | Cantidad (miles de dólares) | Número de trabajadores | Cantidad (miles de dólares) | Número de trabajadores | Cantidad (miles de dólares) | Número de trabajadores | Cantidad (miles de dólares) | Número de trabajadores | Cantidad (miles de dólares) |
| Taller de modelos                  | 4                      | 6                           | 8                      | 16                          | 8                      | 20                          | 10                     | 28                          | 10                     | 30                          |
| Taller mecánico y de mantenimiento | 4                      | 6                           | 8                      | 16                          | 10                     | 25                          | 10                     | 28                          | 10                     | 30                          |
| Ingenieros y técnicos              | 2                      | 11                          | 8                      | 48                          | 10                     | 70                          | 12                     | 90                          | 12                     | 96                          |
| Gastos fijos <sup>a</sup>          | —                      | 40                          | —                      | 80                          | —                      | 90                          | —                      | 100                         | —                      | 100                         |
| Total                              | 10                     | 63                          | 24                     | 160                         | 28                     | 205                         | 32                     | 246                         | 32                     | 256                         |

<sup>a</sup>Calculados en 5.000 dólares por máquina.

## Apéndice IV

## GASTOS E INGRESOS DE LA FUNDICION

CUADRO 56. COSTOS DE LOS MATERIALES  
(Dólares por tonelada de piezas brutas de fundición)

| Partida   | Fundición gris | Hierro nodular | Metales no ferrosos |
|---|----------------|----------------|---------------------|
| <b>Materias primas</b>  |                |                |                     |
| Compra de chatarra de arrabio, agentes de cementación, aleaciones ferrosas y no ferrosas  | 195            | 235            | 1 750               |
| <b>Materiales auxiliares</b>  |                |                |                     |
| Arenas, aglutinantes, materiales fundentes, baños para moldes y machos, discos y muelas, etc.   | 70             | 95             | 150                 |
| Energía para fusión y terminado del metal fundido, para secado de machos o moldes fabricados a mano, incluido el coque para el cubilote                 | 110            | 165            | 120                 |
| <b>Materiales fungibles</b>   |                |                |                     |
| Gas, combustible, energía, instalaciones generales, incluida refrigeración, absorción de polvo y alumbrado. También agua, lubricantes y otros artículos | 117            | 147            | 120                 |
| <b>Materiales de mantenimiento</b>  |                |                |                     |
| Materiales refractarios, revestimientos, reparación de modelos, piezas de recambio  | 140            | 150            | 150                 |
| <b>Total</b>  | <b>632</b>     | <b>792</b>     | <b>2 290</b>        |

CUADRO 57. COSTOS DE PRODUCCION DE LA FUNDICION, POR AÑOS  
(Miles de dólares)

| Partida   | Año 1      | Año 2 <sup>a</sup> | Año 3      | Año 4      | Año 5        |
|---|------------|--------------------|------------|------------|--------------|
| <b>Materias primas y materiales auxiliares</b>        | —          | 160                | 247        | 329        | 396          |
| <b>Materiales fungibles y de mantenimiento</b>        | —          | 90                 | 134        | 185        | 245          |
| <b>Sueldos y salarios</b>                             | 165        | 235                | 276        | 366        | 432          |
| <b>Imprevistos (10% de los costos de fabricación)</b> | 17         | 70                 | 62         | 83         | 101          |
| <b>Total</b>  | <b>182</b> | <b>555</b>         | <b>719</b> | <b>963</b> | <b>1 174</b> |

<sup>a</sup>Se considera que en el segundo año (cuando se inicia la producción) el rendimiento es el 50% del rendimiento óptimo y que el porcentaje de rechazos es del 50%. Asimismo, los imprevistos se aumentaron al 15%. Para los años siguientes, se prevé un aumento del rendimiento y un porcentaje de rechazos del 10%.

CUADRO 58. INGRESOS POR CONCEPTO DE VENTA DE SERVICIOS DE TALLERES Y DE INGENIERIA, POR AÑOS  
(Miles de dólares)

| Tipo de servicio | Año 1     | Año 2     | Año 3      | Año 4      | Año 5      |
|------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| Talleres         | 9         | 35        | 86         | 151        | 182        |
| Ingeniería       | 4         | 34        | 90         | 180        | 227        |
| <b>Total</b>     | <b>13</b> | <b>69</b> | <b>176</b> | <b>331</b> | <b>409</b> |

## CUADRO 59. INVERSION Y AMORTIZACION, POR AÑOS

(Miles de dólares)

| Partida                                       | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Inversiones</b>                            |       |       |       |       |       |
| Edificios y acondicionamiento de los terrenos | 1 000 | —     | —     | —     | —     |
| Instalaciones generales                       | 525   | —     | —     | —     | —     |
| Equipo técnico                                | 1 500 | 420   | 350   | 305   | —     |
| Total   | 3 025 | 420   | 350   | 305   | —     |
| <b>Amortización</b>                           |       |       |       |       |       |
| Edificios y acondicionamiento de los terrenos | 40    | 40    | 40    | 40    | 40    |
| Instalaciones generales                       | 26    | 26    | 26    | 26    | 26    |
| Equipo técnico                                | 150   | 192   | 227   | 275   | 275   |
| Total   | 216   | 258   | 293   | 341   | 341   |

### La serie "Desarrollo y Transferencia de Tecnología de la ONUDI"

- \*Núm. 1. Experiencias nacionales en la adquisición de tecnología (ID/187), núm. de venta: S.78.II.B.7. Precio: \$8,00 (EE.UU.)
- Núm. 2. UNIDO Abstracts on Technology Transfer (ID/189)
- \*Núm. 3. La fabricación de vehículos económicos en los países en desarrollo (ID/193), núm. de venta: S.78.II.B.8. Precio: \$3,00 (EE.UU.)
- Núm. 4. Manual de instrumentación y control de calidad en la industria textil (ID/200)
- \*Núm. 5. Tecnología para aprovechar la energía solar (ID/202), núm. de venta: S.78.II.B.6. Precio: \$10,00 (EE.UU.)
- Núm. 6. Técnicas Audiovisuales para la Industria (ID/203)
- Núm. 7. Tecnologías procedentes de países en desarrollo (I) (ID/208)  
Tecnologías procedentes de países en desarrollo (II) (ID/246)
- Núm. 8. Tecnologías de procesos para la fabricación de fertilizantes fosfatados (ID/209)
- Núm. 9. Process Technologies for Nitrogen Fertilizers (ID/211)
- \*Núm. 10. Fábricas de ladrillos: perfil de una industria (ID/212), núm. de venta: S.78.II.B.9. Precio: \$4,00 (EE.UU.)
- Núm. 11. Perfiles tecnológicos de la industria siderúrgica (ID/218)
- Núm. 12. Pautas para la evaluación de acuerdos de transferencia de tecnología (ID/233)
- Núm. 13. Fertilizer Manual (ID/250) (En preparación)
- Núm. 14. Case-studies in the Acquisition of Technology (I) (ID/257)
- Núm. 15. Dependencia Tecnológica del Tercer Mundo: Hacia la Formulación de Estrategias Operacionales (ID/262)
- Núm. 16. Plantas de desarrollo de producción de metales (ID/271)

En América del Norte, Europa y Japón pueden obtenerse gratuitamente todas las publicaciones arriba enumeradas excepto las marcadas con un asterisco, que en esas zonas se distribuyen, al precio indicado, en una edición para la venta publicada aparte. En el resto del mundo pueden obtenerse gratuitamente todas las publicaciones arriba enumeradas, sin excepción alguna.

Las solicitudes de ejemplares gratuitos deben enviarse, con indicación del título y la signatura (ID/ . . .) de la publicación, a: Redacción, *Boletín Informativo de la ONUDI*, P.O. Box 300, A-1400 Viena (Austria).

Las publicaciones de venta deben encargarse, por título y número de venta, a los distribuidores autorizados de publicaciones de las Naciones Unidas o a una de las oficinas siguientes:

*Para Europa*  
Sección de Ventas  
United Nations Office  
CH-1211 Ginebra 10  
Suiza

*Para América del Norte y Japón*  
Sección de Ventas  
United Nations  
Nuev York, Nueva York 10017  
Estados Unidos de América



**1.10.18**

**AD.86.07**

**111 5.511**

