

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



GENERAL

E/CN.12/922
Marzo de 1972

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

LA TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO TECNICO EN LA
INDUSTRIA SIDERURGICA DEL BRASIL

preparado por

Bruno Leuschner

Asesor Regional en Investigaciones Tecnológicas Industriales

Nota: Este informe forma parte del estudio sobre los problemas de la transferencia de tecnología industrial en el Brasil realizado por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la División de Hacienda Pública y de Instituciones Financieras del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas.



INDICE

	<u>Página</u>
Capítulo I	
EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA MUNDIAL DE LA PRODUCCION DE ACERO	1
1. Introducción	1
2. Altos hornos	2
a) Materias primas	2
b) Inyección de reductores líquidos o pulverizados y regulación del viento	6
c) Uso de prerreducidos	8
d) Automatización	9
3. Hornos eléctricos de reducción	9
4. Proceso de reducción directa	10
5. Desarrollo de los procesos de fabricación de acero	11
6. Colada continua y fundición al vacío	16
a) Colada continua del acero	16
b) Fundición de aceros al vacío o procesos de refinación al vacío	19
7. Evolución tecnológica mundial de la laminación	20
8. La automatización en la industria siderúrgica .	21
Capítulo II	
BREVE DESCRIPCION DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA BRASILEÑA	24
Capítulo III	
ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA DEL BRASIL Y DIFUSION DE LAS INNOVACIONES EN EL PAIS	31
1. Introducción	31
2. La tecnología aplicada a las materias primas ..	35
3. La tecnología aplicada a la reducción de minerales	41
4. La tecnología aplicada a la acería	44
5. La tecnología en el vaciado y lingoteamiento ..	47
6. La tecnología en la laminación	48
7. El control de calidad	49
8. Tecnología para la producción de aceros especiales	49
9. Investigación tecnológica para aplicación inmediata en la industria siderúrgica	50

/Capítulo IV

	<u>Página</u>
Capítulo IV	
CLASIFICACION POR TIPOS DE CONOCIMIENTO TECNICO Y DEFINICION DE LAS MODALIDADES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	52
1. Introducción	52
2. Breve reseña de la industria existente	54
a) Inversiones extranjeras	56
b) Iniciativa del estado	56
c) Iniciativa privada	57
3. Planificación, estudio de factibilidad, construcción y puesta en marcha de una usina siderúrgica nueva	58
a) Planificación, estudios del conjunto y estudio de factibilidad	59
b) Elaboración del proyecto general	60
c) Ejecución del proyecto	61
d) Capacitación del personal	62
4. Asistencia técnica para ampliaciones y modernizaciones	64
5. Asistencia técnica para la introducción de innovaciones tecnológicas que requieren poca o ninguna inversión	64
6. Asistencia técnica para mejorar la administración o la productividad	65
7. Asistencia técnica para la fabricación de nuevos productos	65
8. Asistencia técnica para mejorar el control de la calidad	66
Capítulo V	
MECANISMOS EMPLEADOS EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y EFICACIA RELATIVA DE LAS MODALIDADES DE APORTE TECNOLÓGICO	67
1. La asistencia técnica externa para la creación de usinas nuevas	67
2. El aporte externo para ampliaciones de la capacidad existente y para modificaciones importantes del equipo	84
3. La asistencia técnica extranjera para introducir mejoras en los procesos productivos que no requieren inversiones importantes para la fabricación de productos nuevos y para la investigación tecnológica	92
	(a) Innovaciones e

	<u>Página</u>
a) Innovaciones e investigaciones que se refieren a un solo departamento productivo	92
b) Mejoras de operación que se realizan sobre una base interdepartamental	97
4. Organización administrativa y aumento de la productividad en los países desarrollados	99
5. Evaluación de los métodos utilizados por la industria para obtener asistencia técnica extranjera	99
Capítulo VI OTROS PROBLEMAS	104
1. La importación de tecnología o su creación local	104
2. Factores que determinan la propensión a innovar	109
3. Influencia de las inversiones extranjeras	110
4. Influencia de la competencia por los mercados..	114
5. Influencia del personal técnico de las plantas	117
6. La influencia de los directorios	118
Anexo I DISTRIBUCION Y DISPERSION DE LAS RESPONSABILIDADES TECNOLOGICAS EN LA CONSTRUCCION DE UNA NUEVA INDUSTRIA SIDERURGICA	120
1. Planificación, construcción y puesta en marcha de usinas nuevas	121
2. Criterios básicos para el proyecto, las construcciones y la puesta en marcha	124
3. Criterios básicos para la planificación y el proyecto general	127

CUADROS

Número

1	Brasil: Abastecimiento de productos de acero laminado	24
2	Brasil: Plantas productoras de acero y producción de lingotes en 1967	26
3	Brasil: Evolución de la producción de arrabio por procesos, 1940-1969	33
4	Brasil: Evolución de la producción de acero en bruto por procesos, 1960-1968	33
5	Brasil: Consumo de carbón nacional e importado y producción de coque de la industria siderúrgica	39
6	Entidades que prestaron asistencia técnica y que tomaron decisiones respecto de la planificación, construcción y puesta en marcha de algunas plantas brasileñas	81

<u>Número</u>		<u>Página</u>
7	Brasil: Grado de dependencia tecnológica del extranjero para aumentar la capacidad existente y modificaciones importantes del equipo	87
8	La asistencia técnica externa a los diversos departamentos productivos para mejorar sus operaciones, fabricar nuevos productos y realizar investigación tecnológica, sin hacer grandes inversiones	94
9	Brasil: Clasificación de las siderúrgicas de la muestra según su propensión a innovar	111
10	Brasil: Abastecimiento de productos de acero laminados	115

Capítulo I

EL DESARROLLO DE LA TECNOLOGIA MUNDIAL DE LA PRODUCCION DE ACERO

1. Introducción

La producción mundial de acero llegó en 1940 a cerca de 150 millones de toneladas. Diez años después, en 1950, habían aumentado en 50 millones de toneladas, y en los años siguientes creció a un ritmo bastante más acelerado, llegando en 1968 a 526 millones de toneladas, es decir, 376 millones de toneladas más que en 1940. Gran parte de este aumento, como se verá más adelante, se debió sin duda al uso de oxígeno en algunos procesos siderúrgicos, como por ejemplo, en el Siemens-Martin, y al desarrollo del proceso básico al oxígeno.

Sin embargo, el rápido aumento de la producción mundial de hierro primario no puede atribuirse a una sola técnica, sino a la combinación de una serie de mejoramientos tecnológicos. En el caso de los altos hornos, principal proceso clásico para reducir los óxidos de hierro, que origina cerca de 98 % de la producción mundial de arrabio, las diversas técnicas que facilitaron no sólo un aumento de la producción y un consumo menor de reductores sólidos, sino también una operación más expedita y regular, son las siguientes: preparación de la carga, uso de viento a alta temperatura, inyección de vapor de agua, inyección de combustibles auxiliares, uso de material prerreducido, enriquecimiento del viento con oxígeno y uso de contrapresión.

Entre 1950 y 1966, por ejemplo, la producción media de los altos hornos de los Estados Unidos, se elevó de 850 a 1 440 toneladas diarias de arrabio, lo que significó un aumento de casi 60 %. Equipos reductores de tamaño más adecuado explican la mitad de este incremento, y el uso de nuevas técnicas explica la otra mitad. Durante el mismo período hubo una gran reducción en el consumo medio de coque, de 835 a 590 kg/t de arrabio, principalmente gracias al uso de las técnicas enumeradas en el párrafo anterior. Por las mismas razones, la productividad de los altos hornos del Japón también aumentó apreciablemente entre 1955 y 1966. La productividad media de los altos hornos japoneses, en producción diaria por metro /cúbico de

cúbico de volumen interno, se elevó de 0.81 a 1.54 t/m³ por día entre 1955 y 1966; es decir, se dobló casi en ese período, en tanto que el consumo medio específico de coque en el mismo período bajó de 711 a 505 kg/t de arrabio.

2. Altos hornos

a) Materias primas

Hasta 1945 la carga de metal de la mayoría de los altos hornos del mundo estaba formada por mineral de hierro con un alto contenido de finos (menos de 3 mm) que en muchos casos contenía combinaciones químicas de agua y dióxido de carbono en forma de hidróxidos y carbonatos. Mediante ensayos se comprobó que el tamizado del mineral y la sinterización de la parte fina asociada con otros componentes que constituían residuos en las propias empresas siderúrgicas (cascarilla de laminación, polvo del tragante o flue dust, etc.) aumentarían la permeabilidad de la carga de los altos hornos y mejorarían la eficiencia de contacto entre los sólidos y los gases. En consecuencia, el consumo específico de coque disminuiría y la producción aumentaría. En los Estados Unidos, por ejemplo, la disminución de la cantidad de finos en la carga dió lugar a una economía en la tasa de coque de cerca de 11.3 kg/t de arrabio, en tanto que la eliminación de agua en combinaciones químicas y de los carbonatos mediante la sinterización permitió economizar otros 11.3 kg/t de arrabio. En el campo de la sinterización, cabe destacar otro importante perfeccionamiento: la adición de cal o de dolomita a la mezcla destinada a la sinterización. Cuando se agrega el fundente a la mezcla que se va a sinterizar, se produce su precalcinación y su combinación posterior con la sílice del mineral o del concentrado, evitando la formación excesiva de un compuesto indeseable por su bajo punto de fundición y su difícil reducción. Esto disminuye la cantidad de calor que requiere el alto horno y aumenta el poder reductor de los gases por la eliminación del CO₂ que se produciría si se usase la piedra caliza en la carga. Por ejemplo, la mayor parte del mineral sinterizado que se usa en la actualidad en el Japón es autofundente, y su basicidad (CaO/SiO₂) es de 1:3 a 1:8.

/El desarrollo

El desarrollo de este proceso de aglomeración tuvo un papel preponderante en el considerable aumento de la producción mundial de arrabio, la producción de sinter subió de cerca de 50 millones de toneladas en 1950 a casi 360 millones de toneladas en 1965, lo que significa que aumentó siete veces en 16 años. La gran mayoría de las instalaciones de sinterización está equipada de cadenas continuas que se ciñen al antiguo invento de Dwight Lloyd. Estas máquinas se construyen en una gran variedad de tamaños, que van desde unidades con unos pocos metros de superficie útil, y que producen unas cien toneladas diarias de sinterización, hasta grandes unidades de cerca de 300 metros cuadrados, que están en la etapa de construcción en las usinas de Fuji, en el Japón.

La nodulación es el proceso de aglomeración más moderno, y su desarrollo ha sido un verdadero éxito en los últimos años. La primera instalación industrial entró en funciones en 1955, y ya en 1968 la capacidad anual de producción alcanzó 90 millones de toneladas. La aplicación industrial de la nodulación estuvo limitada entre 1955 y 1959 a los Estados Unidos y Suecia, pero en la actualidad hay también instalaciones en Canadá, Perú, Japón, Italia, Noruega, Brasil y otros países. La razón de que la nodulación haya comenzado en los Estados Unidos y Suecia es que es la única manera de aglomerar los ultrafinos procedentes de la concentración de sus minerales pobres, que requieren un alto grado de molienda. La expansión posterior fuera de esos dos países fue favorecida por las siguientes circunstancias: a) la existencia de grandes cantidades de finos de alto grado en países en los que hay grandes reservas de mineral de hierro de excelente calidad, b) la nodulación posible no sólo respecto de la magnetita, sino también para las hematitas o para mezclas de ambas; c) la producción de nódulos no está condicionada a la disponibilidad de combustible sólido, como en el caso del sinterizado. En el campo de los nódulos oxidados se registró un avance notable, el inicio de la producción en escala industrial de nódulos autofundentes (basicidad 1:3), hecho por la industria siderúrgica japonesa.

Probablemente el briquetaje sea el método más antiguo que se conoce para la aglomeración de los minerales o concentrados de hierro. En la actualidad los procesos consisten esencialmente en prensar entre moldes las partículas del mineral o concentrado, ya sea frío o precalentado,

/usando o

usando o no en la mezcla respectiva aglomerantes. El briquetaje tiene la ventaja de no requerir operaciones previas ultrafinas, pero, por otra parte, sigue siendo un proceso oneroso debido al gran desgaste de los moldes de acero en que se fabrica el aglomerado. Otra dificultad que aún no se ha superado se refiere a las características físicas del producto obtenido, ya que generalmente el aglomerado no es muy resistente a la manipulación. La primera usina en entrar en funciones en escala industrial será la de la Orinoco Mining, en Venezuela, destinada a producir un millón de toneladas anuales de aglomerados de finos de minerales prerreducidos, según el proceso desarrollado por la U. S. Steel. Las otras tres usinas (situadas en Inglaterra, Estados Unidos y Canadá), fueron instaladas en escala piloto y con una capacidad que varía entre 1 y 6 toneladas /hora.

La disminución cada vez mayor de las reservas mundiales de carbón coquizable adecuado para la industria siderúrgica y la fuerte influencia del costo del coque en el precio del arrabio estimula cada vez más a los industriales a buscar nuevos caminos para reducir el consumo específico de coque en los altos hornos. En los países miembros de la CECA se logró reducir considerablemente la cifra tradicional de 1 000 kg. de coque por tonelada de arrabio; en el Japón ya se registran en algunos altos hornos consumos específicos inferiores a 450 kg. de coque por tonelada de arrabio mediante la inyección de combustibles y el uso de carga preparada. Según un documento de la CECA, el consumo específico mundial de coque por tonelada de arrabio fue en 1967 de 620 kg., y en 1970 deberá oscilar entre 470 y 510 kg.

En los últimos años se han registrado progresos tecnológicos extraordinarios en el uso de métodos de análisis petrográficos para determinar las propiedades de coquización del carbón o de las mezclas de carbón. Esto permitió reducir la variedad de tipos de carbón que debían investigarse en escala piloto, investigación que tiene por objetivo no sólo producir un buen coque, sino también obtener un rendimiento máximo. Por ejemplo: cada 1 % de disminución de la materia volátil que contiene la mezcla representa aproximadamente un aumento igual en el rendimiento en coque; desde luego, es más atrayente la posibilidad de producir coque que subproductos que se desvalorizan cada vez más.

/Las características

Las características que establece el operador del alto horno para especificar el contenido de cenizas del coque están relacionadas con el tipo de mineral de hierro utilizado. Si se utiliza, por ejemplo, un mineral o aglomerado con una ley muy alta, el volumen de escoria resultante puede ser muy bajo (del orden de los 200 kg. por tonelada de arrabio, condición que limita la capacidad de desulfuración del proceso. Es oportuno recordar además que un alto porcentaje de cenizas en el coque significa no sólo una menor proporción de carbón fijo, sino también un aumento del consumo específico de coque en el alto horno; en cuanto al azufre, debe subrayarse que mientras más participe este elemento mayor será la necesidad de cal, lo que también se traduce en un aumento del consumo específico de coque. Una de las técnicas que emplean las industrias siderúrgicas para elevar al máximo los resultados a este respecto consiste en el uso de mezclas. Por ejemplo, en Polonia hay usinas que llegan a usar de ocho a diez tipos de carbón diferentes. Los países que carecen de carbón con poder coqueificante siguen buscando métodos que permitan reducir la proporción de los componentes importados. En este sentido se han estado empleando con éxito mezclas de ingredientes como coque de petróleo, finos de coque, semicoque, etc. También se han estado empleando, con excelentes resultados, pequeñas cantidades de petróleo para aumentar la densidad de la carga e influir simultáneamente en la calidad del coque y en la productividad del sistema.

En Francia se desarrolló con éxito el método de secar y calentar previamente el carbón. El método del secado previo se ha estado empleando con éxito en la usina de Hagondange, y en los Estados Unidos está en construcción una usina en la que se aplicará el proceso de precalentamiento. En ambos procesos desarrollados, por CERCHAR, las experiencias realizadas indicaron que con esas técnicas se podría aumentar la proporción de carbón de bajo poder coquizante en la mezcla.

Desde hace mucho tiempo los especialistas han condenado el proceso corriente de producción de coque a base de hornos verticales de tipo recuperativo por las siguientes razones: a) inversiones excesivas por tonelada de coque producido; b) método lento (14 a 18 horas) y discontinuo; c) es un proceso limitativo con respecto al tipo de carbón, ya que exige buenos carbones coquizantes, cuyas reservas mundiales tienden a disminuir;

/d) el

d) el producto obtenido tiene poca uniformidad granulométrica y baja resistencia física, lo que acarrea una producción de finos que muchas veces tienen poca aplicación. Conviene observar que en los últimos 40 años no se registran progresos tecnológicos importantes, a menos que se considere como tales la automatización de algunos equipos auxiliares y el aumento de la capacidad de producción de coque. Los aumentos de capacidad fueron del orden de unas 20 toneladas de carbón por horno, pero no cabe esperar mayores aumentos de importancia por evidentes limitaciones de tipo estructural. En la actualidad especialistas de los Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Francia y otros países están estudiando nuevos procesos de coquización basados en principios radicalmente distintos de los convencionales, como el de la producción de coque preformado (formcoke), que se ha venido obteniendo en escala semiindustrial.

En lo que respecta al uso de coque en la carga de los altos hornos, durante mucho tiempo la práctica común consistió en el uso de la materia prima eliminando los tamaños inferiores a 18 o 22 mm. Actualmente también se controlan las dimensiones superiores, que, según la opinión de los especialistas, no deben exceder de 50 mm., y deben ser más uniformes dentro de esos límites de tamaño.

Respecto del carbón vegetal, no se dispone de mucha información. Sólo vale la pena mencionar los esfuerzos de algunos países como el Brasil en el que hay usinas que emplean carbón vegetal como fuente de energía térmica y química, aprovechando los finos producidos mediante la aglomeración por briquetaje. En la actualidad el IPT de Sao Paulo estudia los resultados del briquetaje de una mezcla de carbón vegetal con carbón mineral nacional en una proporción de 40 % y 60 %, respectivamente.

b) Inyección de reductores líquidos o pulverizados y regulación del viento

Desde el siglo XIX venía estudiándose el problema de la inyección de combustibles auxiliares en las toberas de los altos hornos. En 1838, W. Barret registró las primeras patentes para el proceso de inyección de alquitrán y de gas. En el período 1840-1845 se emplearon en Francia las inyecciones de carbón. En 1900 un alto horno escocés funcionaba con inyección de aceite. En 1918 se probó el proceso en la metalurgia del cobre para sustituir todo el coque del lecho de mezcla por inyección de carbón. En

/el período

el período 1920-1930 se experimentaron inyecciones de finos de coque en altos hornos de ARBED y HADIR. Ninguno de estos intentos obtuvo el éxito esperado, siendo las principales razones: a) el objeto de los primeros intentos de inyección era calentar el alto horno al enfriarse, en circunstancias que el efecto era precisamente el contrario; b) las temperaturas del viento eran muy bajas y el precio de los combustibles auxiliares era muy elevado; c) finalmente, en aquella época no se disponía de mecanismos de control adecuados para la seguridad de las instalaciones. Según los estudios realizados, el aumento de la temperatura del aire muy por encima de lo habitual, en un alto horno determinado, reduce bastante el consumo de coque. Entre tanto, la cantidad de gases reductores producida por tonelada de hierro disminuye hasta que el mineral alcanza las regiones más bajas y calientes del horno de reducción, con lo que disminuye la permeabilidad de la carga a causa de la mezcla que se forma de óxido de hierro, sílice y cal. Por tanto, para el uso de una mayor temperatura del viento se requiere otra fuente de gas reductor. Esta fuente puede ser el vapor, que fue la primera técnica de inyección que tuvo éxito industrial. El efecto del vapor de agua sobre el consumo específico de coque no es importante, ya que el aumento de calorías provocado por el aumento de la temperatura del viento es prácticamente absorbido por la disociación del vapor.

Las inyecciones de combustibles auxiliares son una consecuencia lógica de las inyecciones de vapor de agua, ya que llevan al alto horno otro combustible más, el carbono. Las inyecciones de hidrocarburos en las toberas se desarrollaron rápidamente. Las primeras investigaciones industriales que tuvieron éxito datan de 1958, y se realizaron en el horno bajo de Lieja y en la usina de Pompey. En la actualidad se equipan cada vez más altos hornos industrialmente, para la inyección en las toberas, con gas natural, gas de coque, hidrocarburos líquidos o combustibles sólidos.

En 1966 había en los Estados Unidos 66 altos hornos que usaban la inyección de gas natural, 21 que usaban aceite, 5 que usaban gas de coque, 2 que usaban alquitrán y 2 que usaban carbón. El predominio del proceso de inyección de gas natural en estos equipos estadounidenses de reducción se debe principalmente al bajo costo del gas natural y del equipo de inyección. En Europa y el Japón, sin embargo, se usa casi exclusivamente petróleo por su bajo costo en relación con el gas natural.

/Para aumentar

Para aumentar la productividad de los altos hornos se prestó mucha atención al uso del oxígeno industrialmente puro para sustituir el aire. Aunque esta técnica rindió beneficios por el aumento de la eficiencia y de la productividad de los altos hornos para el ferromanganeso (en el que los requisitos técnicos son de una elevadísima temperatura), sólo a partir de 1958 se obtuvo éxito en la producción de arrabio.

En general se reconoce que el enriquecimiento del viento con 1 % de oxígeno provoca un aumento de 5 % en la productividad. Emplean esta técnica usinas que poseen grandes unidades productoras de oxígeno y que, por consiguiente, lo obtienen con un bajo costo.

Se sabe que 90 % del arrabio producido en la URSS procede de altos hornos que operan con alta presión máxima, de 0.6 a 1.5 atm., lo que da como resultado un ritmo de operación más rápido y una economía de 10 % en el consumo de coque. Se desarrolló la técnica de la elevada presión máxima para mejorar el rendimiento del alto horno, operando con carga sin preparar, por el consiguiente aumento en la cantidad de gases reductores en la cuba.

c) Uso de prerreducidos.

Según un artículo aparecido en Iron-making Tomorrow, el reciente Congreso de Evian hizo un análisis profundo de los aspectos técnicos y económicos del uso de prerreducidos en la carga de altos hornos. Las principales conclusiones relativas a metalurgia, basadas en los resultados de los estudios teóricos y de los ensayos industriales realizados en el Japón, Francia y los Estados Unidos y presentados durante esa reunión son las siguientes: en las condiciones actuales de funcionamiento de los altos hornos, cargar cierta cantidad de mineral concentrado o aglomerado prerreducido reducirá el consumo específico de coque en un 7 % más o menos por cada 10 % de hierro en estado metálico en la carga, y la producción podrá aumentar simultáneamente en un 7 %.

Cabe agregar que, desde el punto de vista metalúrgico, existe un punto óptimo que limita el uso de prerreducidos en la carga de los altos hornos, por sobre el cual el porcentaje de prerreducidos provoca modificaciones profundas en el funcionamiento de los hornos de reducción y su perfil térmico se equipara prácticamente al de un cubilote.

/d) Automatización

d) Automatización

No estaría completo este examen de la tecnología moderna del alto horno si no se mencionase el control de la composición del metal caliente. Tanto en Francia como en Holanda existen instalaciones especiales en el alto horno en las que el gas de la parte superior es inspeccionado constantemente por una computadora que controla los cambios de temperatura causados por variaciones en las proporciones de reducción directa e indirecta. Cuando varía la temperatura, la computadora señala los cambios que deben hacerse para corregir la inyección de combustible.

3. Hornos eléctricos de reducción

Puede comprobarse en la bibliografía que los hornos eléctricos de reducción, al igual que el alto horno, están en plena evolución. Ya hay en funciones grandes unidades, como la de Matanzas, en Venezuela, de 33 MVA. Pero es en la preparación de la carga metálica en la que se han registrado los mayores progresos. Después del uso de aglomerados, y, en especial, de autofundentes, se ha difundido mucho en escala industrial el uso del precalentamiento y la prerreducción. Estas técnicas permitieron al horno eléctrico asegurar su posición de competencia con respecto a los procesos utilizados en las grandes usinas siderúrgicas, en las que, lógicamente, los costos de energía eléctrica son bajos. El desarrollo y el uso de sintetizado autofundente en la carga de los hornos eléctricos de reducción permitieron, como en el caso de los altos hornos, alcanzar excelentes resultados. Las ventajas de la aplicación de esta técnica en los hornos eléctricos son semejantes a las obtenidas en el caso de los altos hornos, y se pueden resumir en los siguientes puntos:

- eliminación casi completa de la evaporación y descomposición del agua contenida en la carga, y la disociación de los fundentes, lo que permite una economía de 230 a 300 kWh.
- mejor capacidad de reducción proveniente del tamaño más apropiado de la carga.

En suma, el uso de cargas prerreducidas y precalentadas en los hornos eléctricos de reducción constituye el principal progreso tecnológico de este proceso de reducción. El precalentamiento y la prerreducción de la

/carga se

carga se obtienen simultáneamente por aprovechamiento de los gases provenientes del crisol del horno eléctrico, como por ejemplo, el proceso Elektrokemisk.

4. Proceso de reducción directa

Durante la segunda guerra mundial se intensificaron en diversos centros de investigaciones metalúrgicas los estudios tendientes a mejorar el desarrollo de los procesos "no clásicos" de reducción de los óxidos de hierro, denominados "procesos de reducción directa". El objeto de estos procesos, fundamentalmente, es el de adaptarse a las condiciones especiales de determinadas empresas o regiones en lo que respecta a las características físicas y químicas de las materias primas, al volumen y naturaleza del producto requerido, y, finalmente, a los factores económicos.

Cabe mencionar que la expresión "directo" que se aplica a estos procesos de reducción no se relaciona con el proceso químico de reducción de los óxidos de hierro por el carbón sólido, sino que caracteriza más bien los procesos que, a partir del mineral aglomerado, se proponen obtener en una sola operación el acero que habitualmente se obtiene en dos operaciones (alto horno y acerería).

En la práctica, sin embargo, la aplicación de la mayoría de estos procesos nuevos reveló que resultan más "indirectos" que "directos" desde el punto de vista siderúrgico, ya que en muchos casos, además de que la preparación de la carga es análoga a la del alto horno, el producto "prerreducido" o "hierro esponja" requiere una transformación posterior en la acerería.

Cabe señalar como hecho importante de estos procesos "no clásicos" de reducción que sólo algunos de los centenares que fueron patentados resultaron técnica y económicamente aplicables en escala industrial.

Entre las usinas que emplean estos procesos y que están en funciones sólo las mexicanas, que utilizan el proceso HyL, y la sueca, que utiliza el proceso Wilberg, lo hacen a escala comercial. El proceso Krupp Renn, usado en Checoslovaquia, no tuvo el éxito esperado; el proceso Strategic-Udy no tuvo éxito en Venezuela, y debió ponerse término a su aplicación. En Nueva Zelandia y Corea entraron en funciones dos usinas que usan el proceso

/SL/RN. Dentro

SL/RN. Dentro de poco entrarán en funciones la usina de Oregon, en Estados Unidos, basada en el método Midrex, de Midland-Ross, y la usina de la Orinoco Mining, en Venezuela, que utilizará el proceso desarrollado por la U. S. Steel. Los procesos Puerfer y FIOR, desarrollados en Alemania y los Estados Unidos, respectivamente, aún están en la etapa piloto.

5. Desarrollo de los procesos de fabricación de acero

La historia de la producción masiva de acero tiene dos períodos distintos:

- 1) período de desarrollo de nuevos tipos de hornos, experimentados y adoptados industrialmente, entre 1856 y 1900
- 2) el período de perfeccionamiento conceptual de los procesos de producción y la expansión de la fabricación de acero en todo el mundo.

En los cien años que van desde el comienzo de la fabricación de acero en grandes cantidades, sólo puede considerarse que tres procesos son portadores de conceptos nuevos y revolucionarios: el proceso neumático, inventado en 1856 y caracterizado por la introducción de aire por la parte inferior, los hornos Bessemer; el proceso de reverberación, concebido en 1860 por W. Siemens y consagrado en la actualidad como horno Siemens-Martin y el horno al arco, desarrollado en 1900 por Heroult. También el proceso de fabricación de acero con oxígeno soplado en la superficie, desde que entró en funciones a escala industrial hace unos veinte años, es un proceso de fabricación de acero por vía neumática.

Por consiguiente, puede considerarse en definitiva que los tres procesos básicos de fabricación de acero están representados por cuatro métodos autónomos y distintos.

Sólo después de entrar en funciones el proceso Bessemer en 1858 tuvo lugar un aumento considerable de la producción mundial de acero, llegando en 1873 al millón de toneladas. Pese a que 95 % de la carga estaba constituido por arrabio líquido, que se producía a base de minerales con un alto contenido de fósforo y azufre, y pese a que no se conocían los refractarios básicos, inconvenientes que limitaron su empleo y la cantidad de producto obtenido, este proceso llegó a producir 80 % del total mundial en 1880, en tanto que en 1966 la producción fue de 5 millones de toneladas, es decir, menos de 1 % de la producción mundial.

/Esta caída

Esta caída en la participación de los hornos Bessemer en la producción de acero se debió a la entrada en funciones del proceso Thomas, que al utilizar revestimientos y escorias básicas permitió sacar del metal el azufre y el fósforo. Este proceso llegó a su punto máximo en 1910, año en que llegó a producir 25% de la producción mundial.

Desde ese año comenzó a bajar su importancia, y en 1966 su participación fue del orden del 7 %, es decir, unos 34 millones de toneladas.

La fabricación de acero en hornos Siemens-Martin tiene todavía una destacada participación en la producción mundial, pero llegó a su posición predominante entre 1937 y 1957, período en el cual 75 % de la producción mundial se obtenía con este proceso.

Pese a que la producción mundial de acero mediante el proceso Siemens-Martin aumentó en unas 60 millones de toneladas desde 1957, la gran difusión de la fabricación de acero mediante el proceso al oxígeno, con una producción de 90 millones de toneladas durante ese mismo período, redujo la participación del acero producido por el proceso Siemens-Martin a poco más de 60 % del total mundial.

El progreso de la fabricación de acero en hornos Siemens-Martin durante los últimos 15 o 20 años se debe especialmente a dos innovaciones técnicas introducidas en este proceso:

- a) la construcción del horno totalmente básico;
- b) el uso amplio del oxígeno como elemento de fusión y refinación.

No puede determinarse cual de estos progresos es el más importante, ya que en conjunto explican los rendimientos excelentes obtenidos en los diversos hornos Siemens-Martin del mundo. Aunque ambas prácticas se han usado ampliamente en los últimos diez años, los primeros intentos en este sentido fueron realizados hace más de 40 años. En la actualidad cerca del 75 % de los hornos Siemens-Martin con carga de metal líquido que hay en funciones en los Estados Unidos son de construcción básica.

Como la fabricación de acero consiste esencialmente en un proceso de oxidación a alta temperatura, la velocidad de producción depende básicamente de la rapidez con que la carga puede ser abastecida de calor y oxígeno. Las fuentes de oxígeno son el mineral de hierro, la cal, el aire y el oxígeno producido industrialmente. La cantidad de oxígeno depende del tipo de
/energía utilizada

energía utilizada para proporcionar el calor (combustible fósil o energía eléctrica) y de la cantidad de metal líquido en la carga.

Para los hornos Siemens-Martin se requiere media tonelada de oxígeno con objeto de quemar el combustible necesario para la fusión de la carga en un horno que funcione con 50 % de metal líquido. Además, el oxígeno químico necesario para refinar el metal llega a 50 kg/ton en las mismas condiciones. Hasta hace poco la carga y el mineral de hierro suministraban este oxígeno para las reacciones químicas, complementado con el oxígeno presente en los gases del horno y, en pequeñas cantidades, en la chatarra de hierro usada en la carga.

El uso del oxígeno contenido en el mineral de hierro para la refinación tiene la desventaja de producir reacciones químicas y físicas altamente endotérmicas entre el mineral de hierro y el hierro líquido, con gran absorción de calor. En este caso se necesitan de 660 a 830 cal/kg de mineral de hierro. La reacción del oxígeno del aire o del oxígeno puro con el hierro líquido para la combustión del carbón no sólo produce suficiente calor para mantenerse, sino que también libera calor. Por este motivo, durante los últimos 10 o 15 años, se difundió universalmente el uso de oxígeno en estado gaseoso en los hornos Siemens-Martin, así como en otros tipos de hornos de acero, obteniéndose una rápida descarburación y temperaturas altas para el baño.

Además de los dos progresos técnicos citados hay gran variedad de ideas nuevas sobre métodos, equipos y proyectos tendientes a mejorar los hornos Siemens-Martin. Entre ellas se destacan los hornos Ajax, de la U. S. Steel, que utilizan bolsas de escoria que pueden cambiarse sin interrumpir el funcionamiento del horno; los hornos de doble solera, quemadores de bóveda, oxígeno para el calentamiento interno y la rápida fusión de la escoria.

La aplicación industrial de electricidad para la fabricación de acero se inició a comienzos de este siglo, pero durante los primeros cuarenta años fue muy limitada debido al alto costo de la energía eléctrica. Su uso se limitó prácticamente a la producción de aleaciones de acero de alta calidad. Después de la segunda guerra mundial, aumentó considerablemente la capacidad de los hornos eléctricos construidos, y en la actualidad los

/hay con

hay con una capacidad superior a 180 toneladas. Además, hubo importantes progresos en los equipos mecánicos y eléctricos que, sumados a la reducción del costo de la energía eléctrica, permitieron un mayor empleo de estos hornos, no sólo para la producción de aleaciones de acero, sino también para fabricar aceros comunes.

Como en el caso de los hornos Siemens-Martin, el uso de oxígeno en los hornos eléctricos alcanzó un gran éxito. Respecto de óxido de hierro, por ejemplo, la reacción del oxígeno en estado gaseoso y el carbón es exotérmica, liberando energía del orden de 1kWh por cada 9 pies cúbicos de oxígeno (0.227 metros cúbicos), en tanto que la reacción del oxígeno del mineral de hierro es endotérmica, absorbiendo por tanto (0,5 kWh por libra de mineral). Las otras ventajas del uso del oxígeno en estado gaseoso por sobre el del oxígeno del mineral de hierro son: descarburación más rápida, menor oxidación de elementos metálicos, menor consumo de energía eléctrica, menor consumo de electrodos, mayor duración de los refractarios, mejor calidad del acero, y, finalmente, control más eficiente de la temperatura y de la composición del baño.

Recientemente se desarrolló un sistema para la alimentación continua del horno eléctrico con materiales en forma de partícula. En la actualidad se aplica comercialmente en Vera Cruz, en México, y en la Steel Company del Canadá. En ésta, la fusión y refinación de una carga continua de gránulos metalizados (90 % de hierro metálico) duro 153 minutos, en comparación con una corrida similar de 25 toneladas de chatarra fría, que duró 205 minutos. La reducción de 25 % en el tiempo de corrida se debió al empleo de carga continua, y por lo menos la mitad de la economía de tiempo alcanzada se debió al uso de una carga prerreducida. Según el trabajo presentado por Sibakin en el Congreso de Evian sobre "Producción y utilización de minerales prerreducidos", prácticamente se elimina el tiempo común de refinación al emplear prerreducidos; el consumo de electrodos es igual o algo superior cuando se usa chatarra; el consumo de refractarios es notablemente menor; a causa de la naturaleza "virgen" del prerreducido, deben agregarse más aleaciones de hierro. Según el mismo documento, "la combinación de reducción directa con hornos eléctricos y sistema de carga continua puede producir acero en grandes cantidades más económicamente (incluyendo costos de capital y de explotación) que la combinación tradicional de alto horno y conversión al oxígeno".

/La recomendación

La recomendación del uso de oxígeno puro en la producción de acero se inició en muchos países, como Francia, Alemania, la URSS y los Estados Unidos, alrededor de 1920. Algunas de las experiencias lograron alcanzar éxito desde el punto de vista del proceso, pero la baja producción y el elevado costo del oxígeno puro en esa época no recomendaban su uso en escala industrial.

El inicio de la producción de oxígeno puro en condiciones económicas hizo posible el desarrollo del proceso de refinación del arrabio mediante los procesos LD, Kaldo, etc., que constituyeron el mayor progreso técnico de la siderurgia mundial en los dos últimos decenios.

La primera acerería de oxígeno L.D. comenzó a funcionar en Austria en 1952 y en la actualidad hay en funciones 135 acererías de oxígeno en 34 países, sin contar una veintena que usa el horno de tipo Kaldo. Además se están instalando 31 acererías L.D. y hay 40 en fase avanzada de proyecto. Se prevé que a partir de 1971 la refinación al oxígeno puro será el proceso de producción de acero predominante y que a partir de 1972 le corresponderá más del 50% de la producción mundial del acero. El crecimiento paralelo consiguiente de la acerería eléctrica contribuirá a reducir el porcentaje de acero producido con los procesos Thomas y Siemens-Martin. Según algunas proyecciones, la producción mundial de acero fabricado mediante el proceso al oxígeno equivaldrá en 1977 al producido por todos los procesos existentes en 1969.

Entre los procesos de refinación basados enteramente en el uso de oxígeno se destacan:

- el proceso L.D., ampliamente difundido, cuyo éxito se debe a la simplicidad y economía del proceso, tanto en lo que respecta al equipo como a la operación;
- el proceso LD-AC y OLP, con inyección de finos y cal, y posiblemente de mineral, por el propio chorro de oxígeno. Las ventajas cinéticas y operacionales se elevan al máximo cuando se dosifica adecuadamente la gran cantidad de cal que debe inyectarse durante la operación, lo que sucede en la refinación de arrabio con un alto contenido de fósforo;
- proceso Kaldo: en un convertidor rotativo posibilita la quema de CO y de CO₂ dentro del propio convertidor sin dañar demasiado el refractario. La economía de calor lograda permite la fusión de mayor cantidad de mineral;

/proceso LD-Pompey

- proceso LD-Pompey, que permite refinar el arrabio mediante la formación de dos escorias, conservando la segunda en el convertidor para la operación siguiente;
- proceso Rotor, que utiliza la lanza sumergida. Su uso está limitado a algunos casos aislados a causa de las dificultades de operación.

El proceso al oxígeno cuyo uso se ha generalizado es el proceso LD. Sólo razones de orden económico relacionadas con el uso de determinadas materias primas (chatarra, mineral de hierro, etc.) justifican el uso del convertidor Kaldo, de menor simplicidad desde el punto de vista mecánico, y cuyo consumo de refractarios es casi cuatro veces superior al del LD. Una evolución tecnológica de los procesos de refinación intermitentes con oxígeno puro que merece especial mención es el proceso de refinación continua de acero que está desarrollando en Francia el IRSID. En la actualidad una instalación piloto en Maiziens-les-Metz produce 10 a 15 toneladas por hora, partiendo de arrabio de alto y bajo contenido de fósforo.

En líneas generales, el proceso consiste en lo siguiente:

- en un primer recipiente, llamado reactor, se crea una emulsión metal-escoriagas sobre una pequeña reserva de metal que se realimenta continuamente. La refinación se realiza en la emulsión. Al disminuir el efecto ascendente de las ampollas de gas, la emulsión alcanza una salida por la que pasa a un segundo recipiente llamado decantador, en el que se realiza en ese momento la separación de la escoria y del metal;
- el acero "bruto" se recoge en un proceso continuo, en un tercer recipiente en el que se hacen las adiciones normales del fin de la elaboración (ferromanganeso, productos desoxidantes y adiciones recarburantes).

6. Colada continua y fundición al vacío

a) Colada continua del acero

Para los especialistas en siderurgia, esta nueva técnica tiene el atractivo mágico de la palabra "continuo", ya que desde hace mucho tiempo se intenta hacer que sean continuos los procesos que en su origen eran intermitentes. Poco se ha logrado en este sentido en la parte metalúrgica propiamente tal de las usinas; sólo en los tres últimos años se consiguió en el IRSID, en

/Francia, un

Francia, un proceso de conversión continua del acero. Entre tanto, el equipo metalúrgico más antiguo - el alto horno - es, curiosamente, el equipo cuya operación es más continua. Sólo algunos detalles del funcionamiento del alto horno propiamente tal impiden que la producción de arrabio sea un proceso totalmente continuo.

En la laminación del acero la continuidad de la operación ya es una realidad en lo que respecta a las laminadoras de terminado. Las usinas de gran producción utilizan trenes continuos de laminación, no sólo de chapas y de láminas, sino también de perfiles, alambres, etc.

Las líneas de decapado y recocción son también continuas; también se logró ya la continuidad en el recubrimiento del acero con otros metales o productos diversos, especialmente en los procesos electrolíticos (láminas galvanizadas, estañadas, etc.). También se está llevando la continuidad a la fase primaria de la laminación, es decir, al desbaste, eliminando la fundición clásica. En algunas usinas los productos obtenidos por la colada continua ya siguen hacia las laminadoras de terminado mediante calentamiento intermedio, también continuo, o incluso sin él.

No debe atribuirse el mérito del proceso sólo a la continuidad, sino también a la simplificación extremada y al aumento del rendimiento que se obtiene al eliminar la fase "lingotes", cuyo desplazamiento y elaboración son costosos.

La colada continua comenzó a despertar verdadero interés en la industria del acero antes de 1930, sobre la base de las experiencias de Junghans, en Alemania, y de Williams, en los Estados Unidos. Junghans, considerado el inventor del proceso, registró las primeras patentes en Alemania en 1933, incorporando el principio del molde oscilante en Estados Unidos en 1938. El desarrollo del proceso tuvo mayor impulso en Europa, en usinas de Austria, Alemania e Inglaterra. Al mismo tiempo que se desarrollaba el proceso en el mundo occidental, la siderurgia rusa, echando mano de los mismos principios, se adelantó en la aplicación práctica, y en la actualidad es el país que posee mayor cantidad de máquinas para la colada continua. Hasta fines de 1967 había funcionando en el mundo 177 máquinas de colada continua y unas 30 en la etapa de montaje, previéndose su entrada en funciones para los años 1968 y 1969. La mayor instalación /existente es

existente es la de la National Steel Company, de los Estados Unidos, cuya capacidad es de un millón de toneladas anuales.

La adopción de un nuevo proceso tecnológico por la industria depende en definitiva de la capacidad revelada por el proceso en la práctica para fabricar un producto con la calidad que requiere el mercado y a un precio que permita por lo menos un margen de utilidad igual a los procesos ya consagrados por el uso. Desde el punto de vista económico la colada continua tiene las siguientes ventajas:

- exige menores inversiones a causa de la simplificación de los equipos; se citan porcentajes de disminución del costo de inversión del orden del 20 al 40 %;
- en cuanto al costo de explotación, es habitual citar una economía de 8 a 10 dólares por tonelada;
- pese a lo difícil que es cuantificar la reducción del espacio ocupado, se estima que para una usina con capacidad para producir un millón de toneladas al año se reduce de 20 550 m² a 8 400 m²;
- la ventaja económica más importante del proceso parece ser su rendimiento.

La relación "metal/semiterminados" llega en la "colada continua" al 95 %, en contraste con el rendimiento de 85 % que se registra en el proceso clásico.

En los aspectos de calidad y operación, este proceso tiene las siguientes ventajas:

- uniformidad de la calidad obtenida;
- ausencia de segregación y fácil control del tamaño del grano;
- buena calidad de la superficie, reduciendo los tratamientos posteriores;
- por su mayor simplificación requiere personal menos experimentado;
- se presta a la automatización;
- mayor productividad de la mano de obra.

En cuanto a sus desventajas y limitaciones, cabe destacar las siguientes:

- necesidad de sincronizar el aparato de producción de acero y la máquina de colada continua;

/- baja velocidad

- baja velocidad de producción;
- poca flexibilidad en lo que atañe a la forma de los semiterminados;
- no permite el control de efervescencia necesario para la fundición de aceros semicalmados.

A pesar del gran desarrollo del proceso de colada continua, los procesos clásicos, por razones obvias, siguen utilizándose normalmente en la industria siderúrgica. Naturalmente, se han introducido perfeccionamientos que buscan mejorar las características de los semi-terminados obtenidos en los procesos clásicos, como por ejemplo:

- mazarotas exotérmicas;
- protección con gases inertes, perfeccionamientos mecánicos teniendo en cuenta el llenado más regular de las lingoteras, etc.

b) Fundición de aceros al vacío o procesos de refinación al vacío

Bajo este título se agrupan los procesos que tienden a someter el acero líquido al vacío, incluso cuando se hace en el momento del vaciado (ya que en este caso se trata esencialmente de un proceso de refinación y no de una técnica especial de vaciado). Este tratamiento puede tender a la eliminación del hidrógeno y secundariamente a la del nitrógeno; a la desoxidación y a la reducción de las inclusiones. Se han propuesto diversos procesos, pudiendo aplicarse el vacío en el propio horno de fusión y refinación, en las cucharas de vaciar y en las lingoteras.

De los procesos de desgasificación en la lingotera deben citarse:

- la desgasificación del chorro de acero líquido durante la transferencia de una primera cuchara hacia una lingotera, estando ésta colocada en una cámara al vacío;
- desgasificación del chorro de metal líquido durante el llenado de las lingoteras con cubiertas especiales (una abertura para introducir el acero líquido y otra para la vinculación del sistema con el sistema al vacío).

Ya hay diversas empresas siderúrgicas que usan el vaciado al vacío, pero casi todas lo hacen en la fabricación de lingotes especiales y particularmente de aceros inoxidables. Tiene la ventaja de obtenerse tochos o planchones de dimensiones convenientes (hasta cerca de 10 m de longitud), con superficies de calidad excepcional que no requieren elaboración antes de la laminación.

7. Evolución tecnológica mundial de la laminación

También en la laminación existe la tendencia a aproximarse a mejores niveles de eficiencia que se registra en la producción de hierro primario y de acero.

Los principales factores que contribuyeron al rápido desarrollo de este aspecto de la producción de una siderúrgica fueron: aumento de la capacidad de las unidades productoras; aumento del índice de mecanización, y uso de la automatización.

En los mercados de casi todos los países del mundo se observa una participación cada vez mayor de los productos planos, no sólo para utilizarlos en su forma final, sino también como no planos, ya sea soldándolos o mediante transformaciones mecánicas.

Este hecho contribuyó al mayor uso de los trenes semicontinuos y continuos. Se observó también un aumento en el uso de estas laminadoras en la producción directa de productos no planos, como por ejemplo, tubos, alambres, etc. En ambos casos el uso de estas laminadoras se debe a la mejor calidad y a la mayor productividad, y a la obtención consiguiente de menores costos de producción.

Las mayores escalas de la producción, el aumento de la velocidad de laminación, etc., estimulaban el uso de la automatización en algunas unidades, permitiendo obtener productos de una calidad más uniforme con costos de producción menores.

Como se citó anteriormente, se verificó un aumento significativo de la demanda de productos planos. Además, se tornaron más rigurosas las exigencias impuestas a los límites de tolerancia, al estado de la superficie y a las especificaciones de calidad.

En vista de ello, casi todos los países productores de acero instalaron laminadores continuos y semicontinuos. Como contrapartida, se desarrollaron los laminadores planetarios para obtener una operación más económica en el caso de producciones relativamente pequeñas. En la actualidad casi todos estos laminadores se usan para obtener productos al frío. En 1966 había en el mundo un total de 241 laminadores del tipo Sendzimir en funciones y algunos en construcción. Respecto de los laminadores planetarios, debe mencionarse también los estudios que se están realizando para construir un laminador planetario en caliente para reducir en un solo paso los planchones a tiras planas.

/El uso

El uso de laminadores planetarios para fabricar productos planos en caliente no está limitado a la combinación con el vaciado continuo, que en definitiva constituye un esfuerzo por transformar toda la operación siderúrgica en un proceso continuo, toda vez que se están usando para reducir en un solo paso placas de 8 a 10 cm. de espesor en laminación al torno de 3 mm. Sin embargo, cabe mencionar que este proceso aún presenta problemas prácticos, y las cuatro unidades que hay en funciones en el mundo todavía enfrentan dificultades que van superando gradualmente.

8. La automatización en la industria siderúrgica

No puede ser completo un análisis de la industria siderúrgica moderna sin considerar las perspectivas técnicas y económicas que ofrece la automatización en esta importante industria básica.

La automatización de la administración de una empresa siderúrgica tiene como finalidad directa facilitar la gestión empresarial de la usina. En este punto deben distinguirse dos etapas principales:

- el objeto de la primera etapa es recopilar automáticamente los datos de fabricación requeridos para manejar las existencias, calcular los costos de explotación y los precios de cada producto o semiproducto y, en función de los pedidos, adquirir en la cantidad o calidad adecuadas los insumos que se requieren para la producción de acero;
- la finalidad principal de la segunda es la planificación óptima de la producción, es decir, fijar programas de fabricación semanales o mensuales sobre la base de las informaciones obtenidas en la usina y de las indicaciones de los servicios comerciales, programando la computadora de manera que agrupe automáticamente los pedidos, distribuya su producción de la manera más económica posible y oriente en este sentido la producción. Incluso, en función de los pedidos y del ritmo de evolución de la producción, fijar los programas diarios de cada etapa de ella y cambiar en caso necesario las programaciones.

En el proceso de producción de arrabio ya hay muchos altos hornos automatizados sobre la base de modelos siderúrgicos. La automatización consiste fundamentalmente en la regulación de la temperatura de la parte inferior del alto horno para estabilizar el contenido de azufre y silicio del arrabio producido. Es difícil cuantificar la ventaja económica global de la automatización de un alto horno, ya que no sólo debe evaluarse el mejoramiento del rendimiento de este equipo de reducción (traducido en principio en una disminución del consumo específico de coque o en un aumento de la productividad), sino también tomar en cuenta las ventajas transferidas a la acerería por el hecho de recibir arrabio más homogéneo y de mejor calidad en cuanto al contenido de azufre y silicio. La automatización del alto horno es difícil a causa de las variaciones de las propiedades físicoquímicas de la carga con el tiempo, por lo que el control automático del abastecimiento y condicionamiento de la carga debe tener prioridad respecto del control de la temperatura del alto horno.

Al igual que en el caso del alto horno, en la producción de acero mediante el proceso LD conviene regular previamente el abastecimiento de las cargas considerando la influencia de todos los parámetros, especialmente la temperatura del arrabio, la naturaleza de la chatarra, del mineral y de la cal, y, finalmente, la temperatura del convertidor. Además, deben tenerse en cuenta el análisis final del acero y de la escoria, así como la temperatura y el peso del metal líquido obtenido.

En la actualidad hay numerosas acererías equipadas con computadora para regular sus operaciones sobre la base de modelos matemáticos, dando al operador en tiempo mínimo datos precisos sobre los pesos adecuados de los materiales que se cargarán en el horno y sobre la cantidad de oxígeno que debe introducirse, lo que se denomina la "automatización estática".

Si se trata de usar la "automatización dinámica", como se hace, por ejemplo, en el alto horno, deben regularse las variables de insumo del sistema durante la operación de soplar para conocer la altura de la lanza, etc. Sus ventajas directas, habida cuenta de la mayor inversión requerida, no son tan aparentes como las de la "automatización estática". Sin embargo, permite reducir en algunos grados la dispersión de temperatura del acero y asegurar una mayor regularidad del análisis del acero y de la escoria.

/La automatización

La automatización de la laminación en caliente presenta la gran ventaja, con respecto a la automatización de la producción de arrabio y de acero, de partir de un proceso de fabricación menos complejo. A pesar de eso, sólo se han automatizado algunas operaciones primarias del ciclo de laminación, es decir, no se ha automatizado toda la secuencia de laminación. Por ejemplo, se procuró llevar a un grado óptimo el movimiento de los tornillos de presión en las laminadoras desbastadoras, el control de los cilindros de alimentación y de salida, estos últimos sincronizados.

La automatización de los trenes para bobinas en caliente tampoco ha sido completa. Hasta ahora la automatización de estos equipos procura regular el espesor medio y el largo de la chapa a la salida del terminador y en las temperaturas después de completarse las operaciones de laminación y bobinado.

Algunas estadísticas de que se dispone revelan que en 1968 la distribución porcentual de computadoras de procesos en uso en la industria siderúrgica mundial era la siguiente: elaboración de arrabio, 11.5 %; acererías LD y eléctrica, 25 %; laminadoras, 45.5 %, y otros, 18 %.

Finalmente, cabe agregar que la automatización en tiempo real con el modelo siderúrgico no reduce la mano de obra, sino que elimina sólo la necesidad de algunas operaciones intelectuales de los operadores. Presenta ventajas directas, que no siempre pueden cuantificarse fácilmente, y ventajas indirectas cuyo grado de importancia tampoco es cuantificable, como por ejemplo, la influencia que tiene el mejoramiento de la regularidad y de la calidad del producto obtenido en una etapa de fabricación sobre los costos de explotación de la etapa siguiente y sobre el costo final del producto terminado.

Capítulo II

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA BRASILEÑA

Durante los últimos 20 años la industria siderúrgica brasileña ha aumentado notablemente su producción anual, y en la actualidad ha llegado a abastecer prácticamente la totalidad del mercado interno, como puede deducirse de las cifras del cuadro 1, en el cual se presentan las producciones, importaciones y exportaciones en años seleccionados y las cifras correspondientes a los laminados planos y a los no planos.

Cuadro 1

BRASIL: ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DE ACERO LAMINADO.

(Miles de toneladas)

Años	Laminados no planos				Laminados planos			
	Producción	Importación	Exportación	Porcentaje de importaciones netas <u>a/</u>	Producción	Importación	Exportación	Porcentaje de importaciones netas <u>a/</u>
1951	433	237	-	35	249	150	-	37.5
1953	505	97	-	16.2	290	115	-	28.5
1955	519	212	12	28	413	133	-	24.5
1957	667	225	3	25	463	170	-	27
1959	877	339	-	28	615	168	-	21.5
1961	941	175	8	15	880	159	-	15.3
1963	1 176	188	-	13.8	1 041	288	-	21.7
1965	1 074	132	16	9.8	1 074	124	154 ^{b/}	(-3)
1967	1 403	178	20	11	1 428	161	234 ^{b/}	(-5.4)
1969 ^{c/}	1 993	173	70 ^{d/}	5	1 977	231	255 ^{b/}	(-1.2)

Fuente: CEPAL, basado en las estadísticas del comercio exterior del Brasil y de informaciones publicadas por ILAFA.

a/ Porcentaje del consumo aparente que representa la importación neta.

b/ Incluye semiterminados planos, exportados principalmente a la Argentina.

c/ Fuente: Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS)

d/ Incluye exportaciones de semiterminados no planos.

/Cabe señalar

Cabe señalar que parte de los productos importados está constituida por aceros especiales - en cuanto a dimensiones, formas o composición metalúrgica - que la industria brasileña aún no produce, y que la otra parte corresponde a importaciones de aceros comunes destinados a zonas muy alejadas de los centros productores, que los fletes internos a causa de las enormes distancias a que se encuentran, no permiten abastecer económicamente desde los centros de producción.

Respecto de los productos no planos, puede observarse en el cuadro que las importaciones netas han descendido de 35% del consumo aparente en 1951 a entre el 10 y 11% en los últimos años. En cambio, en la producción de planos se ha excedido la capacidad de consumo del mercado nacional, ya que en 1965 y 1967 hubo un saldo exportable neto, situación que debe compararse con la que existía en 1951, en que la importación neta fue de 37.5% del consumo aparente.

En el cuadro 2 se presenta la lista de la casi totalidad de las plantas productoras de acero que existían en el Brasil en los años 1967 y 1968. Se han exceptuado dos usinas que se encontraban paralizadas, si bien han sido reorganizadas y han comenzado a trabajar nuevamente, y además, por definición, todos los altos hornos que sólo producen arrabio, aunque completen su ciclo con la fabricación de tubos centrifugados.

No puede dejar de llamar la atención el hecho de que en 1967 prácticamente la totalidad de la industria siderúrgica brasileña se encontraba en una posición muy desventajosa en cuanto a las economías de escala, ya que, en líneas generales, una usina integrada que emplee coque como reductor estaría en mejores condiciones si su producción anual de lingote bordeara los 2 a 2.3 millones de toneladas anuales, y las que usen carbón de leña deberían alcanzar un millón, aproximadamente. En cuanto a las plantas semintegradas, los tonelajes anuales pueden ser menores, pero salvo en casos especialísimos, deberían situarse alrededor de las 300 000 toneladas.

La mayor parte del análisis siguiente se refiere a la situación de las seis plantas integradas del grupo I, es decir, aquellas que fueron planeadas desde el comienzo como tales. Por este motivo no se hace mayor

/referencia a

referencia a ellas en este sitio. Estas seis plantas produjeron en 1967 el 77% del total del acero, expresado en lingotes. En cuanto a las plantas semintegradas, que totalizaron el 16% del acero producido, algunas, la minoría, se han quedado rezagadas en cuanto a tecnología, conservando el mismo tipo de producción y organización con que comenzaron, mientras que la mayoría ha trabajado seriamente a fin de diversificar su producción elaborando productos especiales, ya sea por su forma o dimensiones, ya por la composición metalúrgica de sus aceros, productos éstos que permiten obtener mayores precios en el mercado interno. Debido a los pequeños tonelajes y a la dispersión de este tipo de usinas, de las 18 que figuran en el cuadro sólo se visitaron cuatro que, aparte de aparecer en el cuadro con tonelajes de producción más bien importantes pertenecían todas al grupo de empresas que, tecnológicamente, deben clasificarse entre las progresistas. Cabe advertir que esta pequeña muestra no puede considerarse como representativa del sector, puesto que las usinas visitadas fueron seleccionadas, precisamente, debido a la reputación de innovadoras que tienen en el medio siderúrgico del país.

Cuadro 2

BRASIL: PLANTAS PRODUCTORAS DE ACERO Y PRODUCCION DE LINGOTES EN 1967
(Miles de toneladas de lingotes)

Planta	Ubicación	Estructura técnica	Producción en 1969
I. <u>Plantas integradas proyectadas desde el comienzo como tales</u>			
V. <u>Cía Siderúrgica Nacional</u> (Volta Redonda)		Sintercoquería, altos hornos a coque, acería S.M., desbastador, laminador semicontinuo de chapas en caliente, laminador de chapas en frío, laminador de perfiles medianos, es-	1 392
		tañadura, galvanización	

/V. Usinas

Planta	Ubicación	Estructura técnica	Producción en 1969
V. <u>Usinas Sid. de Minas Gerais (USIMINAS)</u>	Minas Gerais	Sintercoquería, altos hornos a coque, acería L.D., desbastador, laminadores de chapas en caliente, laminadores de chapas en frío	791
V. <u>Cía. Sid. Belgo Mineira (Monlevade)</u>	Minas Gerais	Sinter, altos hornos a leña, acería L.D. y S.M., desbastadores, laminadores de barras y alambre, laminador de chapas Steckel	585
V. <u>Cía Sid. Paulista (COSIPA)</u>	São Paulo	Sintercoquería, alto horno a coque, acería L.D., desbastador, laminador de chapas en caliente, laminador de chapas en frío	551
V. <u>Cía Sid. Mannesmann</u>	Minas Gerais	Alto horno a coque, hornos eléctricos de reducción, acería L.D. y eléctrica, desbastador, laminación de barras, planta de tubos	313
V. <u>Cía. de Aços Especiais Itabira (ACESITA)</u>	Minas Gerais	Sinter, alto horno a leña, horno eléctrico de reducción Bessemer, hornos eléctricos, desbastador, laminador de perfiles livianos, laminador chapas en caliente, laminador chapas en frío.	184

/Producción total

Planta	Ubicación	Estructura técnica	Producción en 1969
<u>Producción total del Grupo I</u>			3 786
II. <u>Plantas proyectadas inicialmente como semintegradas e integradas posteriormente</u>			
<u>Sid. Barra Mansa S.A.</u>	Rio	Altos hornos a leña, acería S.M., desbastador, laminador perfiles medianos, laminador perfiles livianos, torcionador	111
<u>Sid. J.L. Aliperti S.A.</u>	São Paulo	Altos hornos a leña, acería S.M., desbastador, laminador perfiles medianos, laminador redondos	112
<u>Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas</u>	Minas Gerais	Altos hornos a leña, acería S.M., desbastador, laminador perfiles medianos, laminador perfiles livianos	27
<u>Cia. Sid. Pains</u>	Minas Gerais	Altos hornos a leña, acería S.M., desbastador, laminador perfiles livianos	35
<u>Laminacão de ferro (LAFERSA)</u>	Minas Gerais	Altos hornos a leña, acería S.M., desbastador, laminador perfiles livianos	20
<u>Producción total del Grupo II</u>			305
<u>Producción total de las usinas integradas</u>			4 091
III. <u>Plantas semintegradas</u>			
V. <u>Sid. Riograndense S.A.</u>	Río Grande do Sul	Acería eléctrica, colada continua y desbastador, laminador de perfiles medianos, laminador perfiles livianos, torcionador	154
<u>M. Dedini S.A.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, acería S.M., colada continua y desbastador, laminador perfiles livianos	81
V. <u>Acos Villares S.A.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, desbastador, laminadores barras, prensas desgasificación	51

/Acos Anhangüera

Planta	Ubicación	Estructura técnica	Producción en 1969
V. <u>Acos Anhangüera S.A.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, desbastador, laminador barras	70
<u>Usina Siderúrgica São José</u>	São Paulo	Acería eléctrica, desbastador, laminadores perfiles medianos, laminadores perfiles livianos, laminadores perfiles finos	77
		Producción parcial de semi-integrados	<u>346</u>
V. <u>Ind. Met. Nossa Senhora da Aparecida S.A.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, laminadores para perfiles medianos, laminadores para perfiles livianos, forja	31
<u>Us. Santa Olimpia de Ferro e Aço</u>	São Paulo	Acería eléctrica, desbastador, laminador de perfiles	41
<u>Sid. Açonorte S.A.</u>	Pernambuco	Acería eléctrica, desbastador, tren de alambrón	36
<u>Cía. Sid. de Amazonia (SIDERAMA)</u>	Amazonas	Laminador de perfiles livianos y alambrón	25
<u>Sid. Coferrez S.A.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, desbastador, laminador perfiles livianos	31
<u>Lanari S.A. Ind. e Comercio</u>	Rio	Acería, desbastador, laminadores perfiles medianos, laminadores perfiles livianos	23
<u>Cobrasma S.A. Ind. e Cem.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, prensas	18
<u>Fábrica FI-EL Ltda.</u>	São Paulo	Acería eléctrica	22
<u>Cía Brasileira do Aço</u>	São Paulo	Acería S.M., desbastador, laminador perfiles livianos	18
<u>Cía Metropolitana do Aço</u>	Rio	Laminador de barras redondas	28

/Electro Aços

Planta	Ubicación	Estructura técnica	Producción en 1969
<u>Electro Aços Altona S.A.</u>	Sta. Catarina	Acería eléctrica, desbastador, laminadores perfiles livianos	9
<u>Electrometal Aços Finos S.A.</u>	São Paulo	Acería eléctrica, forja	3
<u>Ind. Electro-aços Plangg S.A.</u>	Rio Grande do Sul	Acería eléctrica, forja	1
		Producción total semi-integrados	719
		Total general	4 810

Fuente: ILAFA, Repertorio de las Empresas Siderúrgicas Latinoamericanas, 1969.

Nota: Las usinas a cuyos nombres se antepone la letra V. fueron visitadas durante el trabajo sobre el terreno.

Capítulo III

ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGIA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA DEL BRASIL Y DIFUSION DE LAS INNOVACIONES EN EL PAIS

1. Introducción

La metalurgia del hierro fue iniciada en el Brasil por Alfonso Sardinha en 1587, en la Sierra de Cubatão, en São Paulo. La expansión continuó en pequeña escala con la construcción de varias forjas catalanas en los estados de São Paulo y Minas Gerais a fines del siglo XVI y durante todo el siglo XVII.

Defendiendo la idea de crear grandes usinas y explorar los minerales del valle del río Doce, el intendente Manoel Ferreira de C. Bethencourt instaló en 1809 el primer alto horno verdadero del país en el Morro del Pilar, en el que se fundió arrabio líquido en diciembre de 1813. En São Paulo se dio nuevo vigor a la actividad siderúrgica con la iniciativa de establecer una usina. En 1888 se fundó la usina Esperanza, cerca de Itabira do Campo, con la instalación de un alto horno con capacidad para 6 toneladas diarias. Los constructores de ese alto horno construyeron otro en la localidad de Burnier con una capacidad de 15 toneladas diarias.

En 1905 la industria siderúrgica brasileña contaba con dos altos hornos, de los cuales sólo había uno en actividad con una producción de 2 100 toneladas anuales de arrabio, y cerca de 100 forjas que producían 2 000 toneladas anuales de hierro en barras.

Sólo durante el período 1917-1930 se desarrolló una nueva ambición industrial. En Sabará los ingenieros Amaro Lanari y Gil Guatimosim, establecieron la Companhia Siderúrgica Brasileira, con un alto horno moderno, que más tarde, en 1922, se transformó, con la cooperación de la ARBED, de Luxemburgo, en la Companhia Belgo-Mineira, instalando un horno Siemens-Martin y laminadoras para fabricar perfiles pequeños y alambre.

En 1930 la producción brasileña ascendía sólo a 36 000 toneladas de arrabio y 26 000 toneladas de laminados de acero. En 1937 se inauguró la usina de Monlevade, de la Companhia Siderúrgica Brasileira, con una capacidad inicial de 50 000 toneladas anuales.

/En 1939

En 1939 una comisión de técnicos brasileños y estadounidenses estudió la instalación de la primera usina siderúrgica a coque del Brasil, que comenzó a funcionar en 1942 en Volta Redonda, siendo su propietaria la Companhia Siderúrgica Nacional. En junio de 1946 se produjo por primera vez una corrida de arrabio en alto horno a coque en el Brasil. Ese mismo año la producción brasileña de arrabio llegó a la cifra de 371 000 toneladas, y la de acero fue de 343 000 toneladas.

La economía brasileña, en pleno desarrollo, llevó a la usina de Volta Redonda a sucesivas ampliaciones, hasta llegar a su producción actual de 1 500 000 toneladas anuales. Pero la cantidad producida no bastaba para atender las necesidades del país, por lo que se instalaron otras industrias siderúrgicas para atender al ritmo de industrialización cada vez mayor por el que atraviesa el país: COSIPA, Mannesmann, USIMINAS, etc.

En el cuadro III se ve la evolución de la producción brasileña de arrabio, por procesos, durante el período 1940/1969, y se observa que sólo a partir de 1964 pasó a predominar la producción de altos hornos a coque por sobre la de los altos hornos a carbón vegetal.

Este predominio inicial de los altos hornos a carbón vegetal se debe principalmente a la gran atracción que ejerció la existencia de reservas forestales junto a las de mineral de hierro en el Cuadrilátero Ferrífero.

La evolución de la producción brasileña de acero en el período 1940-1969 fue incluso más marcada, pasando de 141 000 toneladas en 1940 a 4 925 000 toneladas en 1969. Como hecho principal cabe destacar el aumento considerable y cada vez mayor de la producción de acero obtenido mediante el proceso al oxígeno (véase el cuadro 4). En 1960 el acero producido con ese proceso fue sólo 10% del total, en tanto que en 1969 llegó a cerca del 38%.

Cuadro 3

BRASIL: EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE ARRABIO POR PROCESOS, 1940-1969

(En miles de toneladas)

	1940	1950	1960	1962	1964	1966	1968	1969
A carbón vegetal	186	315	966	1 132	1 070	1 011	1 212	1 471
A coque	-	193	793	808	1 358	1 783	2 019	2 108
En hornos eléctricos de reducción	-	-	79	69	59	94	117	138
Total	<u>186</u>	<u>508</u>	<u>1 838</u>	<u>2 009</u>	<u>2 487</u>	<u>2 888</u>	<u>3 348</u>	<u>3 717</u>

Fuente: Associação Brasileira de Metais, ILAFA e IBS.

Cuadro 4

BRASIL: EVOLUCION DE LA PRODUCCION DE ACERO EN BRUTO POR PROCESOS, 1960-1968a/

(En miles de toneladas)

	1960	1962	1964	1966	1968	1969
Siemens-Martin	1 529	1 737	1 771	1 731	1 850	2 062
Eléctrico	495	575	632	608	892	945
Convertidor L.D.	235	250	664	1 357	1 665	1 866
Total	<u>2 260</u>	<u>2 562</u>	<u>3 067</u>	<u>3 696</u>	<u>4 407</u>	<u>4 873</u>

Fuente: Associação Brasileira de Metais, ILAFA e IBS.

a/ En 1960 se produjeron 400 toneladas de acero en horno Bessemer, tonelaje que fue aumentando gradualmente hasta llegar a 51 000 toneladas en 1969. No se incluye esa producción en el cuadro por haberse fundido en lingotes y usado como duplex para su refinación posterior en otros tipos de hornos.

/Tanto la

Tanto la producción de laminados planos como la de no planos aumentó en medida importante en los últimos años en el Brasil, subiendo de 834 000 y 974 000 toneladas en 1961 a 1 977 000 y 1 993 000 toneladas en 1969, respectivamente.

No cabe duda de que el aumento cada vez mayor de la producción de arrabio, acero y laminados en el Brasil se debe en gran parte a la instalación de nuevas usinas integradas y semiintegradas. Con objeto de lograr una mayor producción, mejor calidad y menores costos de explotación, gran número de empresas brasileñas procuran absorber las más recientes tecnologías de producción extranjeras y desarrollar y aplicar su propia tecnología, como ocurrió en el Japón en la segunda etapa de su desarrollo industrial de postguerra.

Como ejemplo del primer caso está el uso de una carga metálica mejor preparada unido a la inyección de aceite y de aire enriquecido con oxígeno en los altos hornos de la Belgo-Mineira, en Monlevade, que logró aumentar la producción en 23% y una economía de reductor de un 6%, más o menos. El uso del proceso de fabricación de acero al oxígeno en COSIPA, USIMINAS, Belgo-Mineira y Mannesmann, y mejoras introducidas en ese proceso permitieron a algunas de esas industrias alcanzar un aumento superior al 30%. Gran parte de estas innovaciones tecnológicas y de la técnica de producción de productos nuevos se obtuvo mediante contratos de asistencia técnica con empresas extranjeras, entre las cuales se destacan empresas estadounidenses, alemanas, francesas y japonesas.

Como ejemplo del segundo caso están las iniciativas tomadas por algunas empresas nacionales en el sentido de lograr perfeccionamientos en la fabricación de los productos destinados a los mercados interno y externo, teniendo en cuenta características especiales de sus materias primas, los productos y equipos que ofrece el parque fabril brasileño, y, finalmente, las exigencias específicas del mercado consumidor.

En USIMINAS, por ejemplo, por razones técnicoeconómicas, basadas en los resultados de estudios y ensayos realizados íntegramente por sus ingenieros, se están usando para explotar sus materias primas refractarios de magnesita en los convertidores, con excelentes resultados. Para alcanzar resultados más efectivos y en menor tiempo, empresas como la CSN y USIMINAS implantaron sus propios centros de investigaciones tecnológicas y otras, como COSIPA, recurren a institutos de investigación, como el IPT, de São Paulo.

2. La tecnología aplicada a las materias primas

Se conocen en el Brasil innumerables yacimientos ferríferos distribuidos a través de gran parte de su territorio. Sin embargo, en el Estado de Minas Gerais en el que se concentra la mayor parte de la producción de arrabio, están las mayores reservas de mineral de hierro hasta ahora conocidos. Una pequeña fracción de los minerales está constituida por magnetitas, estando compuesto el resto por hematitas e itabiritas. La concentración más elevada de tales minerales se localiza en el famoso Cuadrilátero Ferrífero, y sus reservas, de ley superior al 60%, son del orden de los 4 150 millones de toneladas métricas. En Brasil, por lo tanto, la industria siderúrgica no necesita preocuparse en términos cuantitativos por su materia prima básica ni tampoco de su concentración.

El consumo interno de mineral de hierro pasó en el Brasil de 3 millones de toneladas en el año 1960 a más de 5.3 millones en 1968, y el esfuerzo por obtener coeficientes de productividad cada vez más elevados de los altos hornos obligó a los siderurgistas no solamente a preparar mejor esta materia prima en cuanto a su forma natural, sino también a desarrollar intensamente el uso de aglomerados.

Durante el decenio de 1950 se generalizó en los Estados Unidos la preocupación por encuadrar el mineral de hierro que se carga en el alto horno dentro de una faja granulométrica cada vez más estricta. El proceso, que se inició en dos plantas que no contaban con mineral del famoso Messabi Range^{1/}, se generalizó pronto a toda la industria del país y trajo como corolario la aglomeración de los finos. Los industriales brasileños más alertas a las innovaciones tecnológicas iniciaron casi de inmediato el trabajo en este sentido, y uno de los mejores ejemplos es la Cía. Siderúrgica Belgo Mineira. A partir de junio de 1964 inició una serie de transformaciones de sus instalaciones de beneficiamiento minero, ubicadas en la Mina de Andrade, en el sentido de producir la granulometría ideal para el

^{1/} Kaiser, Fontana y Birmingham, Alabama.

componente ferrífero de la carga de sus altos hornos. Así, a mediados de 1968 estaban produciendo mineral clasificado entre 6 y 20 mm, que se suele llamar pellets naturales, además de trozos de mineral calibrado entre 20 y 30 milímetros. En vista de que la producción de estos pellets es limitada, se están empleando solamente entre un 50 y 60% en la carga de dos de los cuatro altos hornos. El empleo de este tipo de mineral, en la proporción citada, permitió un aumento de la producción del alto horno de 10% y una reducción del consumo específico de coque del orden de 6 a 7%.

La preocupación por la granulometría de la carga de los altos hornos se ha generalizado en toda la industria siderúrgica brasileña, habiéndose abandonado completamente la práctica antigua de triturar los trozos de mineral a un tamaño definido que se aceptaba como máximo y enviar todo el producto, incluso los finos, al alto horno. En la actualidad pocas plantas, si las hay, han llegado al perfeccionamiento de Monlevade. Que aún falta algún camino por recorrer lo señala el hecho de que aún quedan usinas en las cuales la faja granulométrica del mineral empleado varía entre 12 y 65 mm.

Hasta hoy, toda la aglomeración de minerales de hierro para consumo interno se hace en las industrias siderúrgicas brasileñas mediante el proceso de sinterización. Esta forma de aglomeración, que se encontraba en sus comienzos en la industria mundial en 1940, fue iniciada también en el país por la Cia Siderúrgica Belgo Mineira en 1948, basándose en estudios realizados en el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. El objetivo de la innovación era doble: por un lado, anticipándose al movimiento generalizado en favor de una mejor granulometría, recién descrite, mejorar ésta eliminando los finos que se separan para usarlos como materia prima del sinter y, por el otro, permitir la eliminación de la extracción minera selectiva para producir solamente trozos y pasar a la extracción en masa, incluyendo los finos.

La producción de sinter en el Brasil pasó de 827 000 toneladas en 1961 a unos 2.5 millones de toneladas en 1968. En la actualidad existen nueve

/industrias con

industrias con máquinas sinterizadoras, cuyas capacidades nominales varían entre 150 y 2 500 toneladas diarias. Debe agregarse que en la capacidad instalada predominan las máquinas Dwight-Lloyd, mientras que la primera máquina de Monlevade utiliza el proceso Greenawalt.

Entre las plantas integradas modernas del Brasil solamente la Mannesmann no cuenta con sinterización. Debe recordarse que el sinter permite un mejor acondicionamiento de la carga para la secuencia de los fenómenos que más adelante tienen lugar dentro del alto horno, además de conferir al mineral mejores características de granulometría, de resistencia a la presión y abrasión y de reductibilidad y, finalmente, de permitir el uso del polvo de óxido de hierro que escapa por la salida de los altos hornos. Pero la producción de sinter, según sean los costos de los insumos y la escala de la operación, cuesta entre 3 y 6 dólares por tonelada, y a fin de justificarla deben recuperarse estos costos por las ventajas operativas que derivan del empleo del sinter.

Es posible que ese cálculo no produzca resultados positivos en el caso de Mannesmann. En efecto, esta empresa se abastece de mineral de un yacimiento propio que posiblemente produzca pocos finos, y del cual exporta una parte, por lo que está en situación de elegir el mineral con la mejor granulometría para usarlo en su planta. En efecto, las ventajas del empleo de sinter se reducen mucho si el mineral está compuesto exclusivamente por gránulos de tamaño uniforme resistentes a la presión, tanto en frío como en caliente, que ejerce normalmente la carga de un alto horno.

A pesar de que las cifras dadas muestran que la sinterización es una operación bien establecida en el Brasil, parecería que aún queda mucho trabajo tecnológico útil por hacer. En efecto, recién a partir de junio de 1969 USIMINAS revisó cuidadosamente sus operaciones de sinter y obtuvo un aumento significativo de la producción de su equipo, manteniéndose la calidad, como resultado de un mejor acondicionamiento de las materias primas, principalmente de los finos de coque, de modificaciones en los equipos y de un mayor índice de funcionamiento de la máquina sinterizadora, junto con un mayor control operacional. En septiembre de 1969 la productividad del equipo había subido a 39.8 toneladas de sinter diario y por metro cuadrado de parrillas, lo que representaba un aumento del 40% con respecto a la cifra inicial de junio.

/En cuanto

En cuanto al empleo de pellets, la otra forma habitual de aglomeración en la carga de los altos hornos brasileños, no existe experiencia debido a que no se los produce en la actualidad. Solamente a partir de abril de 1970 será posible que algunas empresas siderúrgicas los utilicen, ya que recién en esta época entrará en operación comercial la planta de peletización de la Cía. Vale do Rio Doce, en el Estado do Espírito Santo.

Lo dicho con respecto al volumen y calidad de las reservas de mineral de hierro no es válido respecto del carbón mineral nacional. De acuerdo con los estudios realizados hasta el presente, las reservas carboníferas brasileñas son del orden de los 3 mil millones de toneladas, y el centro más importante se encuentra en el Estado de Santa Catarina, que constituye la única región hasta ahora conocida que abastece el mercado de carbón metalúrgico.

En el cuadro 5 figuran las cifras de consumo de carbón nacional e importado y la producción de coque de la industria siderúrgica integrada que trabaja a base de coque. La limitación de la participación del carbón brasileño en las mezclas, que hasta hace poco tiempo fue del 40% y ha ido bajando lentamente, se debe a las siguientes tres razones:

- baja calidad metalúrgica, ya que, incluso después de lavado y seleccionado, tiene un alto contenido de cenizas y de azufre;
- la extracción y el beneficiamiento son difíciles y onerosos debido a las condiciones naturales del carbón y de los yacimientos;
- existencia de una estructura de transportes que contribuye fuertemente a la elevación del costo puesto en la usina siderúrgica.

Cuadro 5

BRASIL: CONSUMO DE CARBON NACIONAL E IMPORTADO Y PRODUCCION DE COQUE DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA

(En miles de toneladas métricas)

	1960	1962	1964	1966	1967	1968 ^{a/}	1969
Carbón nacional	395	482	556	585	665	785	734
Carbón importado	616	869	698	1 298	1 215	1 364	1 382
Producción de coque	705	764	909	1 233	1 317	1 464	1 807

Fuente: Luiz Fernando Sarcinelli Garcia, Mercado de carbón brasilero para fines metalúrgicos, trabajo presentado al Seminario sobre el Carbón Mineral y el Coque, organizado por ILAFA en Santiago en agosto de 1969.

a/ CPCAN.

Con el objeto de reducir el costo del coque producido en su planta, USIMINAS realizó una serie de estudios tendientes a aprovechar el fino del coque como materia inerte de la mezcla que se coquizaría. Se concluyó que puede emplearse hasta un 7% de este material en substitución de carbón americano de altos volátiles en la producción de coque para fundición y sólo un 1.8% para fabricar coque de alto horno. En la actualidad la usina está estudiando la posibilidad de emplear con el mismo objeto finos de carbón vegetal en una proporción del orden del 5%.

Debido a las dificultades que se vislumbran respecto del abastecimiento de carbón vegetal para las futuras expansiones de la industria siderúrgica, y a causa además de la insuficiencia de las actuales coquerías de las usinas que cuentan con ellas y de la insuficiencia previsible, desde hace algunos años está considerándose la posibilidad de instalar en Belo Horizonte una gran coquería central. No se dispone de antecedentes respecto de los estudios técnicoeconómicos que puedan haberse realizado con este fin ni del estado actual del proyecto.

/En el

En el pasado, la existencia de grandes reservas forestales en Brasil cercanas a yacimientos de mineral de hierro dio origen a la instalación de muchas industrias productoras de arrabio, integradas algunas y no integradas otras, que emplean el carbón vegetal como combustible y reductor. El previsible agotamiento de las reservas forestales movió a algunas compañías a plantar importantes extensiones de bosques artificiales, después de una cuidadosa selección de las especies de crecimiento más rápido, que permitieran la producción de un carbón con buenas características metalúrgicas. Los ensayos se limitaron, fundamentalmente, a algunas especies de eucaliptos importados de Australia y a variedades nativas de árboles leguminosos. En cuanto a la carbonización de la leña, después de algunos ensayos de plantas centralizadas, con o sin recuperación de los subproductos, se ha generalizado la carbonización descentralizada en los mismos bosques y el transporte posterior del carbón resultante a las usinas siderúrgicas. Es de notar que los precios de los subproductos del carbón de leña, al igual que los del coque, han bajado considerablemente debido a la competencia de los productos petroquímicos, haciendo poco económica la recuperación de los primeros. Los problemas tecnológicos fundamentales que restan son: por un lado, la humedad que acumula el carbón vegetal si se expone a la lluvia, problema que se ha solucionado con la acumulación de grandes existencias en galpones techados, a fin de permitir la reducción de la humedad a cifras aceptables por evaporación natural, y, por el otro, la degradación del carbón que produce abundantes finos, para los cuales se está buscando aplicación. Ya se ha expresado que USIMINAS está ensayando la inclusión de hasta un 5% de éstos en la mezcla de carbón mineral para coquización. Otros estudios se refieren a la posibilidad de fabricar briquetas apropiadas, problema en el cual están trabajando el I.P.T. en São Paulo y la usina de ACESITA en Minas Gerais.

3. La tecnología aplicada a la reducción de minerales

En la actualidad, el 60% del arrabio brasileño se produce en altos hornos a coque, el 36% en altos hornos a carbón vegetal y el resto en hornos eléctricos de reducción.

Con el fin de obtener una mayor productividad de sus altos hornos y un menor consumo de reductor, las empresas siderúrgicas integradas están empleando en sus instalaciones de reducción diferentes tecnologías, no sólo respecto de un mejor acondicionamiento de la carga metálica, sino también de inyecciones de hidrocarburos y/o oxígeno en las toberas, aumento de la temperatura del soplo, etc.

Así, USIMINAS, con el empleo de un mayor porcentaje de sinter, de basicidad 1:3, y el aumento de la temperatura de soplo de 737 a 940 grados, consiguió en los meses de mayo a octubre de 1969 una producción del orden de 1 000 toneladas diarias de arrabio, 43% superior a la capacidad nominal de 700 toneladas de su alto horno N° 1. Al mismo tiempo, su consumo específico de coque bajó de 592 kilos por tonelada a 550, o sea, en 7%.

El alto horno N° 2 de la Companhia Siderúrgica Nacional fue el primero del Brasil al que se aplicó, en 1963, la inyección de petróleo a través de las toberas. Debido a una serie de problemas, como por ejemplo, dificultades de adaptación de los instrumentos existentes, se ensayó la inyección comenzando con 6 de las 16 toberas. Recién en 1964 se extendió a todas el proceso. El aumento medio de la producción en el horno 2 fue de 12.1% con una reducción del consumo de coque del 10.6%, con una tasa de sustitución de 1.43kg. de coque por kg. de petróleo. En el horno N° 1, al cual se aplicó inmediatamente después la misma técnica, la tasa de sustitución fue de 1.85%, con un aumento de la producción de sólo 7.2%. Los resultados relativamente desfavorables de la experiencia en el horno 2 se debieron a que no fue posible utilizar temperaturas más elevadas en el soplo, a un menor porcentaje de sinter en la carga y a defectos en el perfil interno del horno, cuyos refractarios se encontraban al final de su campaña. Actualmente esta técnica se usa, además de la CSN, en los hornos de Belgo-Mineira y de COSIPA. USIMINAS se propone introducir esta técnica durante su presente expansión, teniendo en vista, principalmente, que su capacidad de producción de coque será insuficiente para alcanzar la producción deseada.

/En los

En los altos hornos de los países más avanzados se está generalizando cada vez más el empleo de alta presión en el tragante de los altos hornos. Esta técnica permite una mayor velocidad de reducción, con lo que se aumenta la productividad de los altos hornos y se reduce el consumo específico de coque. En vista de que ello demanda una serie de refuerzos y modificaciones a la salida de los hornos, en trabajos anteriores de la CEPAL^{2/} han estimado que sería muy difícil en las instalaciones actuales de América Latina introducir las transformaciones pertinentes. En cambio, el alto horno de COSIPA, el último instalado en el Brasil por una de las grandes usinas integradas, cuenta con las instalaciones necesarias para el empleo de alta presión en el tragante. Cabe señalar que después de cinco años de funcionamiento del alto horno, allí aún no se ha hecho uso de este adelanto, debido tal vez a que la empresa no ha necesitado hasta ahora hacer trabajar esta unidad a toda su capacidad, a causa de problemas de puesta a punto de la usina y de la estrechez actual del mercado.

En cuanto a los altos hornos a carbón vegetal, deben citarse los de Monlevade, cuya productividad y bajo consumo específico de carbono reductor los colocan, junto con algunas unidades de Suecia, a la vanguardia de este tipo de actividad en el mundo. La inyección de petróleo en las toberas se inició en el alto horno N° 2 a comienzos de 1967, con el empleo de unos 40 kg de petróleo por tonelada de arrabio. Para esta cifra, y con un consumo de 50% de sinter, el consumo específico de carbono fijo oscila entre 440 y 480 kg por tonelada y la producción creció en 6%, siendo la tasa de sustitución de carbón por kilo de petróleo del orden de 1.6. En junio de 1969 se inició la inyección de petróleo en los hornos restantes.

Gracias a una ampliación de la fábrica de oxígeno de la usina de Monlevade, resultó posible emplear la técnica de enriquecimiento con oxígeno del aire insuflado en los altos hornos. En la actualidad se trabaja con un contenido de 26% de oxígeno en el aire, comparado con el 21% que tiene el aire natural. Gracias a esta medida, fue posible aumentar :

^{2/} CEPAL, "La tecnología actual y los obstáculos para su incorporación en la industria siderúrgica latinoamericana", por el consultor Armando P. Martijena, pág. 24.

la productividad de los hornos en 21%, cifra igual a las mejores alcanzadas en el Japón. Como es inevitable debido al aumento en la intensidad de la marcha del alto horno, la mejora de productividad fue acompañada con un aumento de 5% del consumo específico. Al tomar esta medida, Monlevade conocía bien el precio que tenía que pagar por el aumento de producción de arrabio, pero tenía un interés fundamental en dicho aumento. La no aplicación de esta técnica en las otras usinas obedece a la razón inmediata que ninguna tiene capacidad excedente de producción de oxígeno para ello y, probablemente, a una causa más inmediata, que el combustible reductor representa el insumo de mayor precio en la producción de arrabio, y el uso de oxígeno aumenta el consumo específico de combustible.

En dos instalaciones, ACESITA y Mannesmann, se utilizan hornos eléctricos de reducción para producir 4% del total del arrabio que se fabrica en el Brasil. Aparte de una serie de estudios hechos en la usina Mennesmann sobre la carga ferrífera, la humedad del carbón vegetal y la ruptura de los electrodos, también hicieron algunos sobre el reductor. Debido a las dificultades obvias existentes en el Brasil con respecto al reductor, se consideraron en el estudio: carbón mineral de Santa Catarina, tipo de bajos volátiles, coque de la CSN y carbón vegetal. Se llegó a las siguientes conclusiones:

- el consumo específico de energía crece cuando se substituye el carbón vegetal por coque y también cuando se substituye coque por una mezcla de coque más carbón mineral;

- la productividad disminuye cuando se substituye carbón vegetal por una mezcla de coque más carbón vegetal y también cuando se substituye la última por coque.

Respecto de los procesos llamados de "reducción directa", cabe señalar que en la actualidad no existen en el Brasil instalaciones para la producción de pre-reducidos (esponja). Sin embargo, hay dos empresas en formación que se proponen instalar estos procesos en las plantas que proyectan erigir. Son ellas Aços Finos Piratini, en Rio Grande do Sul, y Usinas Siderúrgicas da Bahia, en el Estado de Bahia. Las razones que llevaron a estas empresas a elegir estos procesos derivan, en mayor o menor grado, de peculiaridades y condiciones específicas de las respectivas /regiones: sea

regiones: sea por constitución física o química de las materias primas, por la naturaleza o el volumen del producto requerido y, finalmente, por los precios de algunos de los insumos y otras consideraciones económicas.

El proyecto de Piratini se propone emplear el proceso SL/RN que le permitirá utilizar carbón no coquizable de Río Grande do Sul, con un contenido de cenizas del 35%, mientras que el de USIBA consiste en construir en el nordeste una planta integrada de 140 000 toneladas anuales de capacidad, basada en el proceso H y L, de México, y utilizando gas natural de la región.

4. La tecnología aplicada a la acería

De los cuatro procesos fundamentales para producir acero que se emplean en la industria mundial, en el Brasil se utilizan solamente los tres más modernos: la acería de solera abierta (Siemens Martin), la eléctrica y el convertidor soplado con oxígeno puro sobre la superficie, con una producción de 42, 20 y 38% del total, respectivamente, en 1968. De los procedimientos más antiguos, el uso de los convertidores soplados con aire natural por el fondo, solamente el Bessemer tiene alguna aplicación aún, ya que en 1968 se fabricaron en la planta de ACESITA 31 000 toneladas de este acero, pero no para la producción de bienes finales, sino solamente como duplex en un paso intermedio para su refinación ulterior en horno eléctrico. El convertidor básico (Thomas) del mismo tipo, nunca ha encontrado aplicación en el Brasil debido al bajo contenido de fósforo de sus minerales. Asimismo, debido a las múltiples restricciones y a la poca flexibilidad que ofrece, es muy poco probable que se construyan nuevos convertidores Bessemer en el futuro. Más aún, los convertidores de este tipo que existían en las plantas de Monlevade y Mannesmann fueron transformados en convertidores a oxígeno, sistema L.D. en 1957 y 1964, respectivamente.

Como se ha visto en el primer capítulo, la principal innovación aparecida en los últimos veinte años en el campo de la fabricación de acero fue la aplicación masiva de oxígeno industrialmente puro en las acerías y, muy particularmente, el desarrollo del convertidor a oxígeno /soplado en

soplado en la superficie del metal líquido, mediante el uso de lanzas. En el Brasil, con su industria siderúrgica incipiente aún en 1953, cuando se inventó el proceso, esta innovación tuvo oportunidad de imponerse técnicamente. Su participación en el total del acero fabricado aumentó del 10% en 1962 al 38% en 1968, a expensas en parte de la acería a base de electricidad, pero principalmente a costa de los hornos Siemens Martin. Al igual que en la industria de los países más avanzados, las acerías basadas en convertidores a oxígeno tienden a aumentar cada vez más en el país.

La Belgo-Mineira no solamente fue la primera siderurgia latinoamericana en instalar este proceso, al entrar su unidad en funciones en 1957, sino que fue también una de las primeras que lo aceptaron en el mundo. Le siguió la Mannesmann, algunos años después, transformando, al igual que lo había hecho la Belgo Mineira, sus dos convertidores Bessemer de 20 toneladas cada uno a L.D. de 25 toneladas. Por su parte, las dos grandes usinas integradas, USIMINAS y COSIPA, se proyectaron utilizando este proceso para la producción de sus aceros.

A pesar de tratarse de un proceso relativamente nuevo, algunas usinas brasileñas ya adoptaron una serie de innovaciones en sus convertidores a oxígeno con el fin de obtener una mejor calidad del producto final y también para aumentar la productividad. Así, por ejemplo, USIMINAS, mediante un convenio de asistencia técnica con Yawata Iron and Steel del Japón, principió en 1969 a utilizar lanzas con tres canales de soplo en sus convertidores. Esto ha permitido una mayor continuidad en la operación del soplado, un aumento de los índices de productividad y mejor calidad del acero, etc. Hasta el presente, sólo USIMINAS emplea esta tecnología.

Por su parte, la CSN aprovecha al máximo sus ocho hornos de solera abierta, de los cuales dos fueron construidos después de haberse instalado el convertidor a oxígeno en Monlevade. Con el fin de aumentar la productividad de sus instalaciones, está utilizando todo el oxígeno de que dispone para inyectar 30 000 pies cúbicos de oxígeno por hora en dos de sus hornos S.M. alternativamente. La no instalación de una planta de oxígeno para

/el uso

el uso en sus hornos restantes se debe principalmente a los problemas técnicos que originaría la manipulación de los materiales y el producto obtenido si los hornos aumentaran la productividad más allá de la actual mediante la extensión del uso del oxígeno. Los proyectos de expansión de esta usina basarían la acería en el uso de convertidores a oxígeno.

En algunos países más industrializados, como los Estados Unidos, por ejemplo, el empleo de la acería eléctrica ha ido creciendo casi a la par con el de la basada en el convertidor a oxígeno por diferentes causas, de las cuales la más importante es la mayor flexibilidad para fundir chatarra. En vista de que en el Brasil, por lo menos en los últimos años, no ha habido abundancia de este material de desecho, el fenómeno no se ha producido allí. Si bien el tonelaje de acero fabricado en hornos eléctricos ha subido en términos absolutos de 575 a 892 000 toneladas entre 1962 y 1968, el porcentaje ha caído del 21.6 al 20.2%. Es de notar que la expansión ha tenido lugar fundamentalmente en las usinas no integradas que, por lo general, están ubicadas en los centros industriales en los que se produce la chatarra, y también por la mayor flexibilidad del horno eléctrico para fabricar aceros especiales cuya producción, relativamente, es mucho más importante para las plantas semintegradas de tamaño mediano o pequeño que para las grandes usinas integradas, cuya producción fundamental son los aceros comunes.

Si se observa la estructura productiva de las industrias semintegradas, que figura en el cuadro 2, puede constatarse que, entre las que figuran en la lista, aún quedan varias cuya acería está basada en hornos Siemens Martin de tamaño mediano o pequeño, los cuales indudablemente son mucho menos eficientes que el horno eléctrico. Las razones para este atraso tecnológico seguramente se deben a dos causas diferentes: por un lado, puede ser imposible contar con una fuente de energía eléctrica barata y segura y, por el otro, puede ser que la situación financiera de la empresa no le permita embarcarse en inversiones y modificaciones importantes.

5. La tecnología en el vaciado y lingoteamiento

En el Brasil la casi totalidad del vaciado y lingoteamiento del acero se hace utilizando el proceso clásico de producción de lingotes y su desbaste posterior. Sólo dos plantas semintegradas han introducido las más recientes técnicas en este sector del ciclo siderúrgico:

a) en 1961 la Siderúrgica Riograndense instaló un equipo de colada continua basado en una máquina construida en Austria y puso en funcionamiento en 1968 una segunda máquina, igual a la primera, construida en el Brasil sobre la base del modelo de la importada. Es de notar que la empresa ha mantenido en servicio su antiguo tren desbastador y que sólo utiliza la colada continua para los aceros de mayor precio que las barras comunes de acero para la construcción, y b) Aços Villares instaló en 1969 un equipo para la desgasificación al vacío del acero líquido, tratamiento al cual se someten sólo ciertos aceros dentro de la gran variedad que produce la industria.

En cuanto a la colada continua, por razones fundamentalmente financieras no parece probable que los trenes desbastadores existentes sean substituidos por un equipo de colada continua y para la mayor difusión del sistema deberá esperarse hasta que aquéllos se hagan insuficientes y tengan que ser reforzados para hacer frente a la demanda interna que puedan generar futuras ampliaciones. No parece ser el caso de las previstas en la actualidad, salvo posibles excepciones en alguna industria pequeña. Por otra parte, si se concretara algún proyecto para la construcción de una gran usina productora de no planos, es muy posible que en el proyecto se considere el uso de máquinas de colada continua.

Por su parte, la desgasificación del acero líquido tiene por principal objetivo extraerle las pequeñísimas cantidades de hidrógeno y nitrógeno que el acero puede contener a fin de mejorar la calidad de los productos, problema que es importante en la fabricación de algunos tipos de aceros finos. Es muy posible que algunas de las plantas de tamaño medio dedicadas a la fabricación de estos tipos de acero imiten en un futuro

/no muy

no muy lejano la iniciativa de Aços Villares. Por su parte, en la producción de aceros comunes, la desgasificación al vacío parece justificarse solamente en la producción de planchones (slabs) en máquinas de colada continua para la fabricación de productos planos con buena superficie, ya que ello permite el vaciado de acero efervescente que produce las mejores superficies de las chapas en máquinas de este tipo. Dado que está copada la capacidad máxima del desbastador actualmente instalado en Volta Redonda, cualquiera expansión de la usina probablemente conduciría a la instalación de máquinas de colada continua para slabs, con desgasificación previa al vacío del acero líquido.

6. La tecnología en la laminación

Los avances tecnológicos en la laminación de acero se orientan fundamentalmente en tres direcciones, a saber: a) hacia el aumento de la velocidad de rotación de los cilindros, con el objeto de aumentar la capacidad de los trenes; b) hacia la transformación del proceso en una operación lo más continua posible, con el fin de evitar la marcha en sentido contrario de los productos en elaboración y c) hacia la automatización parcial del trabajo para controlar la velocidad de rotación de los cilindros y las presiones, con el objeto de permitir una mayor producción y asegurar la calidad del producto, especialmente en cuanto a espesores y otras dimensiones.

Hasta la fecha no se tiene noticias de que alguna industria brasileña haya aumentado la velocidad de rotación de sus laminadores. En cambio, la Belgo Mineira instaló en 1968 un tren Morgan casi completamente continuo para la producción de alambón (wire bar). No es probable que alguna industria brasileña sustituya su actual equipo de laminación por un tren más continuo pero, en cambio, sí lo es que sigan esta tendencia los trenes que se adquieran para la producción de grandes volúmenes de productos cuyas dimensiones varíen dentro de pequeños límites, como también los que correspondan a nuevos proyectos. Finalmente, en cuanto al control electrónico de los cilindros, Volta Redonda ha instalado un sistema para controlar la presión del laminado en su desbastador, con miras a aprovechar mejor su capacidad, y USIMINAS está utilizando desde 1966 algunos controles

/automáticos en

automáticos en sus laminadores de productos planos. No se tiene noticias de que otras plantas tengan proyectos en este campo específico.

7. El control de calidad

En vista de las exigencias cada vez mayores de los usuarios del acero, la totalidad de las plantas visitadas está implantando un mayor control operacional durante las distintas etapas de la producción con el fin de mejorar y uniformar la calidad de los productos. Se controla la composición de las materias primas, de los productos semiacabados y de los finales. En este sentido, no sólo se están equipando adecuadamente los laboratorios de control, sino que se está capacitando personal, especialmente en el extranjero, para la atención de este sector fundamental.

8. Tecnología para la producción de aceros especiales

El crecimiento y la diversificación de la industria metalmeccánica del Brasil durante los últimos 20 años ha dado lugar a una demanda cada vez mayor de todos los aceros no comunes y especiales de que disponen los países industrialmente más avanzados. La industria siderúrgica brasileña ha realizado serios esfuerzos a fin de colocarse en posición de suministrar un sinnúmero de estos aceros dentro de las más estrictas normas de calidad.

Así las grandes plantas integradas están satisfaciendo la demanda del país con aceros de calidad estructural general, estructurales soldables, acero para alta presión, soldables de alta resistencia a la corrosión atmosférica, chapas de acero silicosas, alambres de diferentes ligas para fabricación de cables, etc.

Por su parte, la planta de aceros especiales ACESITA y numerosas usinas semiintegradas fabrican aceros de diferentes tipos para herramientas, inoxidable para construcción mecánica, con acabamientos especiales de superficie, piezas de acero fundidas, piezas de acero fundidas de alta liga, aceros para rodamientos, etc.

La práctica generalizada para la puesta a punto de la fabricación de estos tipos de acero es la de recurrir al aporte técnico extranjero, en la mayoría de los casos fabricantes acreditados en el ramo, y muchas veces a costa de un derecho de patente expresado en un porcentaje de la

/facturación del

facturación del acero respectivo. Existen algunos casos en los cuales estas actividades se emprendieron desarrollando una tecnología local para estos productos, pero hay varias industrias que, después de llegar a un cierto perfeccionamiento por esta vía, han recurrido con posterioridad a la asistencia técnica del exterior debido en parte a que los rendimientos no eran satisfactorios y, en parte, a la falta de uniformidad de la calidad de los aceros resultantes.

9. Investigación tecnológica para aplicación inmediata en la industria siderúrgica

La dificultad de la definición de campos determinados dentro de las actividades que generalmente se agrupan bajo el nombre genérico de "investigación y desarrollo experimental" determina una actitud negativa de los industriales cuando se los interroga respecto de si se realiza investigación tecnológica en sus plantas. Es muy frecuente que crean que su interlocutor tiene en vista alguna clase de investigación pura o sólo muy lejanamente aplicada a la industria, lo que, evidentemente, no es el caso. En cambio, en muchas de las plantas se realiza investigación para aplicación inmediata, generalmente por el mismo personal encargado del control de calidad, pero en ciertos casos también en secciones separadas, diferentes de los controles de rutina que, por supuesto, no son ni trabajo científico ni pueden llamarse investigación.

En varias de las usinas, convencidos de que el aporte extranjero es insuficiente para transmitir todos los conocimientos necesarios para la operación, sobre todo en caso de cambios en las materias primas o de otros de los factores operativos, se está procediendo a reforzar las secciones capaces de realizar estos trabajos de investigación y adaptación, con miras a lo que algunos han dado en llamar la creación de una tecnología nacional.

/Así, por

Así, por ejemplo, USIMINAS creó en 1967 su propio Centro de Investigaciones, que ya cuenta con casi 30 ingenieros. Por su parte, la CSN posee un laboratorio muy bien equipado para este objeto, pero enfrenta problemas de personal para una operación realmente eficiente, y ACESITA está realizando un intenso trabajo, principalmente en el sector del mejor aprovechamiento del carbón de leña y de los finos resultantes. Finalmente, COSIPA ha firmado un acuerdo de investigación tecnológica y asesoría en esta materia con el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Mediante este arreglo, el IPT realiza algunos de los trabajos que se le encomiendan en sus propios laboratorios y efectúa otros a escala industrial en la planta de COSIPA.

Capítulo IV

CLASIFICACION POR TIPOS DE CONOCIMIENTO TECNICO Y DEFINICION DE LAS MODALIDADES DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

1. Introducción

La construcción de usinas siderúrgicas en los países en desarrollo requiere la inversión de gran parte de los escasos recursos de capital de que disponen, y para ponerlos efectivamente en acción aproximándose a los niveles más elevados de tecnología y eficiencia deben contar con una importante cuota de ayuda técnico-financiera extranjera.

Por otra parte, la construcción de una usina acompañada del desarrollo paralelo de la infraestructura (minas, usina para el beneficio de minerales, ferrocarril, puentes, etc.) requiere un plazo largo. Durante ese período el mercado de productos de acero, que generalmente está en evolución, está sujeto a oscilaciones que pueden ser importantes. Así las cosas, debe hacerse la planificación de la industria para un largo período. La complejidad de la industria y su encadenamiento con las fuentes de materias primas y servicios, por una parte, y con los mercados para los productos y sub-productos, por otra, hace casi imprescindible incorporar esas actividades en un "plan siderúrgico" a largo plazo.

Esta planificación es especialmente importante en los países de gran extensión territorial y muy poblados, como el Brasil, en el que hay centros de consumo distantes entre sí y con abundantes fuentes de la principal materia prima, el mineral de hierro, pese a que el carbón siderúrgico está concentrado en una sola región. Es claro que la actual industria siderúrgica brasileña no fue objeto en sus comienzos de una planificación integrada, sino que los proyectos de usinas se estudiaron por separado, habiendo sido presentados por diversos promotores, a los que se hará referencia más adelante. Cabe señalar que una planificación general de la industria hecha en los primeros años del decenio de 1940 no habría tenido resultados muy realistas, a causa de la imposibilidad de prever en esa época la evolución que tuvo el mercado de productos de acero, por una parte, y las transformaciones tecnológicas registradas en ese período, que vienen orientándose desde entonces, decididamente, hacia las usinas siderúrgicas de grandes dimensiones.

/Recientemente, en

Recientemente, en la segunda mitad del decenio de 1960, se elaboró y aprobó el plan siderúrgico nacional, basado inicialmente en un estudio hecho por una empresa consultora norteamericana. Aprobado en 1967, ha venido experimentando frecuentes modificaciones con objeto de ajustarse a las modificaciones estructurales que han tenido lugar en el país y a las disponibilidades de recursos para las inversiones. Debido principalmente a la falta de recursos financieros y de decisiones definitivas que tienen diverso contenido político, la ejecución del plan cedió su prioridad a otros sectores económicos, pero a comienzos de 1970 algunas medidas del gobierno revelaron el firme propósito de recuperar el retraso de tres años en que se encontraba su ejecución.

Cabe señalar que las dificultades financieras por las que atraviesa el sector siderúrgico no provienen de la falta de ayuda externa, sino de la escasez de recursos propios, debido principalmente al deterioro de la relación precio-costo que tuvo lugar en el período 1966/69, causado por las elevadas cargas tributarias y financieras, que aún existen, y por el riguroso control de precios que ejerce el gobierno.

Recientemente, por Resolución No. 19 del Consejo Interministerial de Precios (CIP), organismo gubernamental encargado del control de los precios, se otorgó un nuevo reajuste de precios con objeto de dotar al sector siderúrgico de recursos para nuevas inversiones. El Decreto-Ley No. 569, de 7 de mayo de 1969, actualmente vigente, procuró dar a la industria siderúrgica medios para que financie por sí misma su expansión, sin buscarlos en los reajustes de precios autorizados. Este Decreto-Ley exime del pago de derechos, durante un período de treinta meses, la importación de materias primas, materiales de consumo, equipos y repuestos destinados al funcionamiento, modernización o ampliación de las empresas productoras o laminadoras de acero.

Las dificultades para obtener recursos complementarios subsisten por una parte a causa de la demora de las contribuciones estatales directas que, cuando llegan, no alcanzan el monto requerido y, por la otra, de la imposibilidad en que se encuentra el mercado de capitales privados del Brasil para financiar la parte en moneda nacional de las inversiones de las usinas siderúrgicas de tamaño grande o mediano en los casos en que hay financiamiento externo para adquirir equipos que no tienen un equivalente /nacional.

nacional^{1/}.

En estas condiciones, inevitablemente, el sector siderúrgico necesita la ayuda financiera estatal, que el gobierno concede generalmente por intermedio del Banco del Brasil, del Banco Central o del Banco Nacional de Desarrollo Económico (BNDE) y de otros organismos, como los gobiernos de Minas Gerais y São Paulo. El Ministro de Industria y Comercio, Sr. Marcos Vinicius Pratini, fijó en 1970 las metas de las industrias siderúrgicas para los cuatro años siguientes y aseguró la dotación de los recursos necesarios para alcanzarlas.

Estos recursos suman hasta 1974 1 618 300 000 dólares, 933 500 000 dólares para atender a los planes de expansión de las tres grandes usinas estatales y 684 800 000 dólares para las demás, incluyendo las pertenecientes a capitales privados. De ese total, 575 300 000 dólares se cubrirán en moneda extranjera.

Todo señala que la fuente de los recursos en moneda nacional será el Banco Nacional de Desarrollo Económico (BNDE), quien tiene la mayoría de las acciones de las tres empresas siderúrgicas estatales, y que ya adelantó recursos a dos de ellas - COSIPA y USIMINAS - por el valor de 90 y 98 millones de cruzeiros, respectivamente.

2. Breve reseña de la industria existente

En el Brasil operan seis usinas planificadas desde sus inicios como usinas integradas^{2/} y siete usinas integradas que tuvieron su origen en la unión de usinas que comenzaron siendo usinas semiintegradas, sobre la base de altos hornos a carbón vegetal para la producción de arrabio.^{3/} De éstas,

- 1/ Incluso en estos casos, estos tipos de financiamiento requieren el aval del gobierno.
- 2/ Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS), Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA), Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (Belgo-Mineira), Companhia Siderúrgica Mannesmann (Mannesmann) y Companhia Aços Especiais Itabira (ACESITA).
- 3/ Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas (CBUM), Companhia Ferro Brasileiro S.A., Companhia Metalúrgica Barbará, Siderúrgica Barra Mansa S.A., Siderúrgica J.L. Aliperti S.A., Companhia Siderúrgica Pains e Laminação de Ferro S.A. (LAFERSA).

/la Companhia

la Companhia Metalúrgica Barbará no produce acero, sino que utiliza el arrabio para fabricar tubos de arrabio. Salvo COSIPA y la CSN, las usinas integradas del primer grupo fueron planificadas sobre la base de la ubicación de sus fuentes de materias primas; se procuró ubicar la usina de Volta Redonda en un terreno situado entre las fuentes de materias primas y los mercados consumidores; COSIPA, pese a que inició sus actividades : siendo una usina integrada, se desarrolló de la misma manera que las usinas que comenzaron semiintegradas, es decir, se escogió su ubicación en las cercanías del mercado de productos terminados.^{4/} Finalmente, los altos homos productores de arrabio a base de carbón vegetal y las usinas que se iniciaron en esa forma y se integraron de algún modo tuvieron su base en la facilidad de adquisición de la materia prima más escasa, el combustible.

Los estudios necesarios para proyectar desde el comienzo una usina siderúrgica integrada son muy complejos, y requieren la asistencia de varias decenas de profesionales altamente especializados, especialmente en materias de conocimiento tecnológico y económico. Como consecuencia de ello, las seis usinas integradas del primer grupo contaron con asistencia técnica extranjera para su planificación, en circunstancias que lo mismo sólo ocurrió excepcionalmente en la industria semiintegrada y prácticamente, nunca en las no integradas. Es probable que sólo las usinas semiintegradas que fabrican productos muy especializados o que emplean procesos tecnológicamente más avanzados hayan tenido necesidad de recurrir a la asistencia técnica extranjera para su instalación y para comenzar a funcionar, incluyendo en caso necesario la tecnología para fabricar productos especiales.

La regla general en el Brasil respecto de las usinas surgidas de la iniciativa nacional ha sido contar con la colaboración técnica externa para el estudio preliminar realizado después de concebirse la idea de construir la usina. Se divulgaron ampliamente los resultados y conclusiones de estudios preliminares cuando fueron favorables, con objeto de atraer recursos y obtener apoyo para costear los estudios que se convirtieron en

^{4/} Generalmente las usinas semiintegradas a base de chatarra se sitúan en los centros consumidores de acero, fuente principal de esta materia prima.

la planificación preliminar. Esos estudios se encomendaron casi invariablemente a una empresa consultora extranjera con prestigio internacional. Cuando se trataba de usinas financiadas directamente con recursos extranjeros, la matriz extranjera orientó los estudios.

De acuerdo con la experiencia brasileña, los orígenes y la formación de los grupos financieros han sido diversos:

a) Inversiones extranjeras

El caso más representativo de este tipo de iniciativa es la Companhia Siderúrgica Mannesmann, cuyas actividades se iniciaron en 1956 y que en 1969 produjo 313 000 toneladas de lingotes. El proyecto preveía originalmente la producción de tubos sin costura según el proceso Mannesmann, y recientemente agregó a su línea de producción la fabricación de algunos tipos de aceros especiales. La iniciativa provino de la matriz, en Alemania, que se encargó de todos los detalles del proyecto.

La Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira es la empresa de mayor dimensión surgida por iniciativa de capitales extranjeros. Su usina de Monlevade entró en funciones en 1938, y en 1969 produjo 585 000 toneladas de lingotes.

Pero la iniciativa no se debió en los comienzos exclusivamente a capitales extranjeros, ya que inició sus actividades adquiriendo la pequeña usina de Sabará, que había sido construida por un grupo de empresarios de Minas Gerais. El capital extranjero desarrolló parte de la usina de Sabará, que había sido desmontada poco antes, y proyectó la usina de Monlevade con sus propios recursos técnicos. Además, la Companhia se constituyó en sociedad anónima brasileña, en la que la participación de ARBED, la matriz, está reducida a un 3%.

b) Iniciativa del estado

A esta categoría corresponde la Companhia Siderúrgica Nacional que inició sus operaciones en 1946, produciendo 1 392 000 toneladas en 1969.

La usina de Volta Redonda es fruto de la preocupación del Gobierno Federal, que en 1939 organizó un comité formado por personalidades y especialistas brasileños, que en un plazo relativamente breve obtuvieron la colaboración por separado de técnicos de alto nivel, financiados por el gobierno de los Estados Unidos, formando un grupo mixto que realizó los estudios preliminares. Una vez que se contó con información suficiente para asegurar el financiamiento del proyecto, se contrataron los servicios

/de la

de la firma consultora Arthur G. Mckee, que asesoró - en la medida que lo permitía el estado de guerra en que se encontraban los Estados Unidos - al grupo brasileño en la planificación general del estudio de conjunto, en el estudio de factibilidad, en el proyecto general y detallado, y en la construcción y puesta en marcha de la usina.

Otra usina surgida de la inspiración estatal es la Usina Siderúrgica de Minas Gerais S.A. (USIMINAS). El gobierno del Estado de Minas Gerais, en el que están situados los mejores yacimientos de mineral de hierro del país, para dejar de ser sólo un exportador de materias primas, reunió un grupo de empresarios privados que compartían ese deseo, entre los cuales se hallaban varios de los metalúrgicos mejor considerados del país, y obtuvo su colaboración para elaborar los estudios preliminares. Ese grupo de empresarios logró interesar a un consorcio de empresas siderúrgicas y de fabricantes de equipos del Japón para que participaran en el proyecto y suministraran toda la asesoría técnica necesaria. Así se construyó la usina, que inició sus operaciones en 1963, produciendo en 1969 791 000 toneladas de acero en lingotes. Inicialmente la participación financiera de la empresa japonesa en el proyecto fue considerable, con el 40%, y en la actualidad aún conserva 18.82 % del capital en acciones.

c) Iniciativa privada

La Companhia de Aços Especiais Itabira (ACESITA) es la usina integrada más antigua, y su existencia se debe exclusivamente a la iniciativa de un grupo privado brasileño. Inició sus operaciones en 1951, y en 1969 produjo 154 000 toneladas de acero.

Como su nombre lo señala, se dedica a la fabricación de aceros especiales, principalmente planchas de acero silicio, siendo la única productora de este material en América Latina. Para fabricar algunos de sus productos cuenta con la asesoría de algunas empresas extranjeras. Los promotores del proyecto consiguieron la asesoría técnica de la empresa estadounidense H.B. Brassert & Co. para la elaboración del proyecto preliminar. Para las ampliaciones programadas y realizadas posteriormente contó con los servicios de diversas otras empresas.

La Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) cuenta con la usina de mayor tamaño, habiendo correspondido la idea y el proyecto inicial a un grupo de industriales metalúrgicos de São Paulo en el período 1951/53. La usina inició sus actividades en 1965, y en 1969 produjo 551 000 toneladas de acero /en lingotes.

en lingotes. El grupo inicial obtuvo el apoyo del gobierno del Estado de São Paulo, y pudo contratar los servicios técnicos de las empresas estadounidenses Koppers y Kaiser para la elaboración del estudio y del proyecto inicial, adoptando el plan de disposición (lay-out) de Kaiser y empleando los servicios de ingeniería de COBRAPI de la Companhia Siderúrgica Nacional.

3. Planificación, estudio de factibilidad, construcción y puesta en marcha de una usina siderúrgica nueva 5/

Estas operaciones requieren la colaboración de especialistas en campos muy diversos, los que deben estudiar y proyectar las partes correspondientes con miras a un objetivo común, que consiste, en general, en que la usina sea capaz de producir acero de calidad adecuada con el menor costo posible. Teóricamente no habría obstáculos para contratar los especialistas por separado, pero, con el fin de asegurar la unidad de miras y el trabajo en equipo, la industria por lo general recurre a firmas consultoras que tienen práctica en esta clase de trabajos y que cuentan con una gran variedad de especialistas en las disciplinas necesarias.

Si la empresa en formación se limitara a contratar una firma consultora extranjera para la ejecución del proyecto, sin intervenir con personal propio en esta etapa de la creación de la industria, perdería la oportunidad de retener para sí una parte importante del acervo tecnológico que posee la firma consultora, puesto que los profesionales de ésta que intervienen en el estudio, una vez terminado, vuelven a su país a dedicarse a otras tareas. La experiencia enseña que para el equipo que va a operar la industria es muy importante conocer las razones que motivaron la selección de una técnica, proceso o equipo determinado de entre las diversas posibilidades. Por otra parte, es imposible esperar que una firma consultora radicada en el extranjero tenga o pueda adquirir, en el corto tiempo que durará el contrato, un cabal conocimiento de las condiciones locales, como entre otras: materias primas disponibles, infraestructura industrial de apoyo, problemas administrativos y condiciones socioeconómicas. Por ello,

5/ Véase el anexo I el detalle de la división de la responsabilidad en la transferencia de asistencia técnica externa entre la empresa nacional y los consultores extranjeros, así como los riesgos derivados de la dispersión de la responsabilidad.

/existe una

existe una clara necesidad de que la industria en formación constituya, cuanto antes, un departamento técnico propio que ha de continuar actuando durante la operación regular y cuya función principal durante el período de proyecto y construcción ha de ser la información y asesoría a la firma consultora en lo que respecta a las condiciones locales. La intervención de ese departamento técnico debe extenderse a todas las fases en que interviene la asesoría extranjera del proyecto: planificación, construcción, puesta en marcha, capacitación del personal, así como también posteriormente a los otros tipos de aporte técnico externo que pueda contratar la empresa durante su operación.

Los integrantes de este departamento deben ser, en lo posible, profesionales nacionales, formados en las escuelas de ingeniería y técnicas del país o en el extranjero, preferentemente con algún estudio o trabajo de especialización adicional en los ramos pertinentes al proyecto. En caso necesario puede complementarse este núcleo de profesionales nacionales contratando especialistas extranjeros que se comprometan a seguir al servicio de la empresa por lo menos hasta después de la puesta en marcha y a transferir al personal local una parte suficiente de sus conocimientos.

Es posible que las usinas que se instalaron en el Brasil con capitales extranjeros no hayan recurrido a la contratación formal de una firma consultora, sino que hayan distribuido el trabajo entre los especialistas de sus propios departamentos técnicos, pero en todo caso, si ello fue así, éstos han debido actuar en la misma forma en que proceden habitualmente aquéllas, que puede resumirse de la siguiente manera:

a) Planificación, estudios del conjunto y estudio de factibilidad

Estos trabajos deben incluir un estudio del mercado de los productos de acero y de sus tendencias, ya que el plazo dentro del cual comenzará a operar la usina será cuando menos de cuatro a cinco años, pudiendo extenderse en algunos casos a siete o diez años, y siempre resulta conveniente evaluar el probable comportamiento del mercado a corto plazo.

Sobre la base del estudio del mercado, deben examinarse todas las posibilidades de ampliar el programa de fabricación o de reducirlo a menos productos, con el objeto de obtener ventajas de las economías de escala, en el primer caso, y de una relativa especialización, en el segundo.

/Paralelamente al

Paralelamente al estudio del mercado debe hacerse una investigación de las posibles fuentes de materia prima, incluyendo, si fuera necesario, estudios geológicos y mineros, y análisis de los recursos disponibles y de los métodos para su beneficiamiento. Las materias primas más importantes las constituyen:

- a) el mineral de hierro;
- b) el combustible: carbón de leña (o carbón mineral), o energía eléctrica;
- c) los fundentes: piedra caliza, dolomita y otras, y
- d) el agua de enfriamiento.

Una vez conocidos estos dos puntos, resulta necesario proceder a determinar la ubicación de la planta, tratando de decidir cuál de las ubicaciones posibles ofrece las mayores ventajas globales considerando los costos de acopio de las materias primas, los de los transportes del producto al mercado y la condición de la infraestructura social y económica que corresponde a cada una de ellas. Simultáneamente con el estudio de la ubicación, debe procederse a una elección preliminar de los procesos que han de sugerirse, ya que, aparte de la capacidad de la planta, puede influir en ellos la selección de las materias primas: mineral de hierro, reductores y combustibles, que, a su vez, pueden estar estrechamente ligados con determinadas ubicaciones.

Resulta perfectamente posible que a esta altura del trabajo haya necesidad de elaborar varios proyectos basados en diferentes procesos, cada uno para una ubicación determinada, antes de poder realizar los cálculos básicos para la ubicación definitiva de la planta. Una vez que se tiene información relativamente concluyente respecto de todos los puntos enumerados, procede elaborar un estudio de conjunto en líneas muy generales, y sobre la base de éste se realiza en seguida un estudio de factibilidad económica, señalando la cantidad y tipos de productos que pueden esperarse, y los costos aproximados de inversión y de explotación de la planta.

b) Elaboración del proyecto general

El estudio de conjunto debe servir de base para planificar el financiamiento inicial del proyecto. Una vez asegurado éste, la firma consultora debe preparar el proyecto general. Aparte de la verificación de los puntos

/que aún

que aún no estaban definitivamente confirmados al prepararse el estudio de conjunto, especialmente los referentes a las materias primas y su beneficio, el proyecto general debe contener los siguientes elementos adicionales:

- i) selección y descripción detallada de los procesos que se emplearán, selección del equipo y preparación de diagramas de flujos de materias primas y productos durante la operación;
 - ii) ubicación y dimensionamiento de los edificios y talleres en el terreno y disposición del equipo y división del trabajo dentro de los departamentos;
 - iii) necesidad de mano de obra (directa e indirecta) para la operación efectiva de la usina, con la descripción de las tareas que le corresponderán a cada uno, la capacitación e idoneidad con que ha de contar, subrayando especialmente la información respectiva a los puestos que el consultor considera imprescindibles para el éxito de la empresa;
 - iv) estimación definitiva de los costos de inversión y de explotación de la planta;
 - v) evaluación final del proyecto;
 - vi) plan de ejecución del proyecto.
- c) Ejecución del proyecto

Aprobados el proyecto general y el plan de ejecución y asegurado el financiamiento, corresponde proceder a la creación de la planta, las pruebas del equipo, la puesta en marcha y la puesta a punto.

Esta fase del desarrollo del proyecto exige mucha acción ejecutiva local, motivo por el cual la empresa habitualmente pasa a desempeñar un papel destacado en la dirección ejecutiva.

En esta etapa la asistencia técnica extranjera sigue teniendo una importancia fundamental, ya sea suministrada por una sola empresa que centralice la responsabilidad, o que actúe simplemente como asesora de varias firmas que actúen en forma solidaria o complementándose. Son muchas las modalidades que pueden emplearse en estos casos, pudiendo señalarse las siguientes:

- 1) la misma firma que preparó el proyecto general y el plan de ejecución asume la dirección general, estableciéndose claramente cuáles son las funciones ejecutivas que se reserva la empresa; /2) la

- 2) la firma que preparó el proyecto general y el plan de ejecución es reemplazada por otra que asume las funciones directivas totales en las mismas condiciones contempladas en el número anterior;
- 3) la empresa asume la dirección total, contando con asistencia técnica en calidad de asesoría, que puede ser suministrada por la firma que preparó los estudios y proyectos originales o por una nueva;
- 4) la empresa asume la dirección total y subdivide los trabajos que deben realizarse contratando con firmas constructoras, proveedoras de equipos y otras.

Evidentemente, cualquiera de estas modalidades que se emplee, la empresa puede recibir, cuando sea aconsejable, mayor asistencia técnica especializada para la solución de problemas específicos, con el objeto de resolver dudas o diferencias de opinión.

Las principales tareas que deben realizarse desde la iniciación de la construcción hasta la puesta a punto de la usina son las siguientes:

- i) revisión y aprobación de los diseños de los equipos;
 - ii) especificaciones y evaluación de las propuestas de suministro;
 - iii) servicios de compras, inspección en los talleres y transporte;
 - iv) diseños y planos detallados para la construcción de la planta;
 - v) diseños de los servicios de energía, tuberías, transporte y otros servicios generales. Análisis de los flujos dentro de estos sistemas;
 - vi) informes periódicos respecto del progreso de la obra en conjunto;
 - vii) evaluación del trabajo y aprobación;
 - viii) control del costo del proyecto;
 - ix) ensayos de aceptación e iniciación de las operaciones.
- d) Capacitación del personal

Evidentemente, los problemas de capacitación de la mano de obra son más serios en los casos de las primeras plantas siderúrgicas que se instalan en un país, ya que las siguientes por lo general pueden contar con los servicios de personal experimentado que haya estado trabajando en actividades del ramo. Lo siguiente se refiere especialmente al primer caso, mientras que en el segundo generalmente resulta posible eliminar o disminuir las medidas requeridas.

/La capacitación

La capacitación de la mano de obra para la operación de la planta completa es una de las previsiones más importantes que debe contener el proyecto general y plan de ejecución. En el caso de no poderse contar con personal idóneo nacional, reviste importancia la contratación de personal extranjero experimentado en cantidad suficiente para resolver adecuadamente los múltiples problemas que plantean las tareas ejecutivas y de supervisión. Igualmente debe designarse oportunamente el personal local que deberá especializarse en el exterior.

Conviene que esta capacitación se escalone en el tiempo de manera que ese personal presencie la ejecución del montaje de las máquinas, equipos e instalaciones que deberá manejar. Es muy útil que la empresa cuente con asistencia técnica del exterior para la selección del personal que se capacitará en el extranjero y para controlar sus progresos.

Al comienzo de este capítulo se hizo referencia a la necesidad de crear en las industrias, desde la fase inicial de la elaboración del proyecto definitivo, una sección técnica encargada de asesorar a la dirección de la empresa en las conversaciones con la firma consultora que realiza el estudio. Una vez terminadas las etapas de construcción y puesta en marcha, interesa primordialmente mejorar el nivel de capacitación de este personal que de ahí en adelante ha de cumplir tareas de concepción, con el fin de acelerar el proceso de absorción del progreso tecnológico por la empresa. Con este objeto, deberá seleccionarse cuidadosamente un reducido número de agentes de manera que, complementándose, puedan abarcar con suficiente profundidad el seguimiento y control de todos los factores de la operación industrial. Ese personal deberá asimilar en el menor plazo posible el concepto moderno de la tecnología y capacitarse para actuar coordinadamente en el análisis de los factores de la producción y en el asesoramiento a la dirección de la empresa para la adopción de decisiones de todo orden.

En cuanto a la mano de obra misma, al parecer, no habrá dificultades para que la capacitación sea realizada por profesionales nacionales y, por otra parte, esta solución parece preferible desde el punto de vista psicológico.

/4. Asistencia

4. Asistencia técnica para ampliaciones y modernizaciones

Bajo este rubro caben muchas actividades de muy variada importancia, desde una modificación substancial, con grandes inversiones, que abarque todos o varios de los departamentos productivos hasta la adición de una sola máquina. En todo caso, la cantidad de estudios que es necesario realizar es invariablemente inferior a la indispensable para la planificación de una usina nueva, y las posibilidades que deben estudiarse están limitadas además por las situaciones de hecho existentes. En América Latina, en general, debido a lo estrecho de los mercados, la regla casi invariable es la construcción de las usinas por etapas, estableciéndose desde el comienzo los lineamientos generales de las expansiones que se realizarán una vez que se vayan dando las condiciones necesarias. Aun cuando se dispone de estos antecedentes, conviene realizar un estudio detallado de las nuevas inversiones a fin de tener en cuenta las variaciones que pueda haber experimentado el mercado de productos de acero y las mejoras introducidas en la tecnología siderúrgica.

La magnitud del aporte técnico externo que es necesario contratar depende, por supuesto, de la importancia y el grado de complejidad de la obra que quiere hacerse, y en muchos casos puede prescindirse de la contratación de una firma consultora e incluso del aporte de especialistas, y puede realizar los proyectos el departamento técnico de la usina, que en tal caso seguramente puede contar con la colaboración de los proveedores de las maquinarias y equipos, una vez decididas las nuevas máquinas que es preciso adquirir. Cuando se desea contar con la cooperación de una firma extranjera, lo que ocurre a menudo, especialmente con el objeto de facilitar la obtención de créditos externos, las tareas que ella debe realizar corresponden a parte de aquellas que fueron definidas para la planificación de una usina nueva, por lo que no se justifica enumerarlas nuevamente aquí.

5. Asistencia técnica para la introducción de innovaciones tecnológicas que requieren poca o ninguna inversión

Bajo este rubro cabe considerar las innovaciones tecnológicas que consisten principalmente en modificaciones de la forma de operar el equipo, las cuales en algunos casos no demandan ninguna inversión y en otros sólo requieren una relativamente pequeña, como la necesaria para aumentar la temperatura del soplo del alto horno.

/La mayoría

La mayoría de estas innovaciones puede adoptarse sin necesidad de asistencia externa, ya que el departamento técnico de la usina puede efectuar esa labor. Pero en algunos casos puede ser indispensable adquirir derechos de patentes o puede ser conveniente contar con la ayuda de algún especialista a fin de facilitar la experimentación necesaria.

Muchas empresas cuentan con una asesoría técnica extranjera permanente, generalmente de la misma firma que preparó el plan general de la usina, y en este caso puede plantearse el problema a esta firma. En otros casos suele recurrirse a un especialista o se solicita la cooperación del fabricante del equipo.

6. Asistencia técnica para mejorar la administración o la productividad

En general, en la industria siderúrgica brasileña el nivel de la gestión está por debajo del alcanzado por las industrias de los países avanzados. Si bien existen algunas empresas que, medidas a nivel mundial, son relativamente eficientes en estos aspectos, es indispensable la determinación de una estructura orgánica funcional capacitada para seguir paso a paso los procesos productivos y administrativos y establecer los controles necesarios a fin de alcanzar la máxima eficiencia posible del elemento humano y del equipo.

Dada la complejidad de un estudio de esta clase, resulta conveniente contratar una firma especialista para la revisión completa de los métodos utilizados y la determinación precisa de la mejor estructura operativa que permita a la empresa asumir gradualmente responsabilidades más dinámicas dentro del proceso de desarrollo industrial.

7. Asistencia técnica para la fabricación de nuevos productos

La evolución del mercado de acero y el desarrollo de la tecnología siderúrgica estimulan con frecuencia a las empresas a incluir en sus programas la fabricación de productos nuevos, diferenciados de los anteriores ya sea por el análisis químico, por las dimensiones o por los tratamientos posteriores, como por ejemplo: térmicos, mecánicos, terminación de la superficie, recubrimientos, etc. Algunos de estos productos pueden estar patentados, en cuyo caso, además de adquirir el derecho a la fabricación, conviene comprar a la vez el conocimiento técnico pertinente completo. En el caso

/de productos

de productos que para su fabricación requieren introducir modificaciones en los procesos en uso, sería útil adquirir asistencia técnica extranjera; por lo general conviene obtenerla de alguna empresa extranjera que esté fabricando el producto en su usina, en lugar de la asistencia que pueda prestar alguna firma consultora.

8. Asistencia técnica para mejorar el control de la calidad

Las exigencias en cuanto a la calidad de los productos siderúrgicos han aumentado en forma continua durante los últimos veinte años. En países como el Brasil, en el que existen numerosas plantas que compiten por el mercado interno, esta exigencia es muy acentuada y las empresas hacen esfuerzos por hacer más atractivos sus productos en este sentido.

Con el fin de fabricar un producto que cumpla rigurosamente con las especificaciones exigidas y que mantenga su calidad a través del tiempo, resulta indispensable ejercer un riguroso control sobre: a) la composición química de toda la materia prima, y b) la operación del equipo a lo largo de todo el proceso. Ello quiere decir que se necesita contar con un equipo de profesionales, con sus asistentes, para llevar a cabo la tarea una vez que tanto la estructura técnica del equipo como sus funciones, hayan sido definidas por el tipo de análisis que es necesario efectuar, por su oportunidad y por su frecuencia, así como por las tolerancias de materias indeseables o defectos de fabricación aceptables.

Para establecer un sistema de control de calidad o mejorar el que existe en una planta suelen emplearse dos tipos de procedimientos principales para la transferencia del conocimiento técnico que, en lo posible, debe tener una industria eficiente de características semejantes y que esté fabricando productos parecidos. Los procedimientos son:

- a) solicitar el envío de un grupo de especialistas que estudie el procedimiento que debe emplearse y que capacite al personal de la planta, o
- b) enviar un equipo de profesionales que se complementen para adquirir los conocimientos en el exterior con objeto de implantarlos después en la usina.

También cabe combinar ambos procedimientos.

Salta a la vista que la segunda manera de proceder tiene la ventaja de capacitar mejor al personal para hacer frente a problemas como las variaciones en la calidad de las materias primas o en las especificaciones que requieren los compradores.

Capítulo V

MECANISMOS EMPLEADOS EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y EFICACIA RELATIVA DE LAS MODALIDADES DE APORTE TECNOLÓGICO

En otros capítulos se ha descrito la gran variedad de conocimientos especializados que es necesario utilizar y coordinar durante el período comprendido desde la planificación de la usina hasta su construcción y puesta a punto. En realidad, son éstos los períodos durante los cuales la asistencia técnica extranjera es más importante, y de su calidad y eficacia dependerá en gran medida el éxito de la empresa. Durante la marcha normal de la usina resulta necesario en la generalidad de los casos, y por diversas razones, seguir contando con alguna asistencia técnica del exterior, pero ésta siempre representará un volumen muchísimo menor que el que corresponde al período inicial, y su responsabilidad técnicoeconómica será también considerablemente inferior. Por ello parece conveniente describir aquí separadamente lo que ocurre en cada uno de estos períodos de la creación y crecimiento de una industria siderúrgica.

1. La asistencia técnica externa para la creación de usinas nuevas

Entre las usinas construídas antes de iniciarse la planificación de la de Volta Redonda, probablemente la de la Companhia Belgo-Mineira en Monlevade sea la que trajo al país el mayor aporte tecnológico. Esta compañía se formó en el año 1921 con el fin de ampliar y explotar la planta siderúrgica de Sabará, que había sido construída por un grupo de metalúrgicos de Minas Gerais. Una vez conectado el sitio que ocupa Monlevade y que había sido adquirido diez años antes con los mercados y los yacimientos de hierro mediante la construcción de los respectivos ferrocarriles, en 1934/35, la empresa Belgo Mineira resolvió construir la planta que se puso en marcha en 1937/38. Todo el proceso, desde la planificación inicial hasta la puesta a punto, fue obra de ARBED, el mayor accionista de la compañía en ese entonces y el que tenía más experiencia, no existiendo información respecto de la forma como organizó el trabajo la empresa matriz ubicada en Luxemburgo. Basta con mencionar que en esta oportunidad

/aparecen por

aparecen por primera vez en el Brasil dos elementos nuevos que posteriormente han aplicado la casi totalidad de las usinas establecidas en el país:

- a) la construcción de una población o ciudad modelo dotada de toda clase de servicios y comodidades para albergar al personal de la usina;
- b) la planificación inicial de la industria previendo varios planes de expansión que debían desarrollarse por etapas, una vez que se cumplieran ciertos requisitos principalmente relacionados con el mercado.

Mientras que la iniciativa y ejecución del proyecto de Monlevade correspondió a la iniciativa privada de una empresa extranjera, la idea de la construcción de la planta de Volta Redonda correspondió al Gobierno Federal. En los primeros años del decenio de 1930 el Presidente Getúlio Vargas se propuso diversificar la producción del Brasil dando a la industrialización un papel importante en este sentido. La construcción de una usina siderúrgica capaz de entregar a la industria y a los ferrocarriles el acero que necesitaban fue considerada como uno de los elementos básicos de ese programa. Entre los años 1930 y 1937 fueron designadas varias comisiones de funcionarios e ingenieros metalúrgicos que se abocaron al estudio del problema y produjeron una serie de informes. Recién en 1938 el estudio asumió un carácter más concreto. Ese año se designó un comité oficial encabezado por el distinguido metalúrgico Mayor Edmundo Macedo Soares e Silva.^{1/}

A comienzos de 1939 el Gobierno del Brasil obtuvo del de los Estados Unidos la promesa de asistencia técnica y financiera para realizar un programa de industrialización, dentro del cual la construcción de una planta

^{1/} La mayor parte de la información respecto del período formativo de Volta Redonda que aparece en este trabajo ha sido extractada de la memoria para obtener el doctorado en la Universidad de California, Berkeley, del Dr. Donald Edmund Rady, titulada: "Brazil's Volta Redonda Steel Centre: A Quarter Century of Progress, 1941-1966". Los autores agradecen al Dr. Rady por haber facilitado una copia de ese trabajo.

/siderúrgica constituía

siderúrgica constituía el proyecto más importante. El Gobierno de los Estados Unidos dió una gran prioridad (A-6) a este proyecto dentro de la distribución de recursos que había sido reglamentada por las autoridades norteamericanas, y en junio de 1939 envió al Brasil la Comisión Técnica Greenwood ^{2/}, que se integró con el Comité Oficial brasileño para formar la "Comisión Combinada".

El gobierno había resuelto basar la nueva siderúrgica en altos hornos a coque, con el mayor empleo posible de carbón brasileño. En vista de ello, la Comisión Combinada se dedicó con gran atención al estudio de los estados de Minas Gerais, Espiritu Santo, Rio de Janeiro y Santa Catarina en lo que respecta al mercado local para productos de acero, a las materias primas y a la posible ubicación de la usina. Después de varios meses de trabajo sobre el terreno la Comisión Combinada propuso la construcción de una planta de acero que fuera administrada por una corporación brasileña que debía organizarse con este fin. Sobre la base de los resultados de varias experiencias, la Comisión propuso que la producción se basara en el empleo de coque fabricado con una mezcla de carbón brasileño e importado. La Comisión seleccionó Santa Cruz como la ubicación más adecuada, por estar cerca del puerto de Rio y sobre el Ferrocarril Central do Brasil. El capital de la usina sería de 40 millones de dólares, de los cuales 20 millones serían en acciones y 20 millones en bonos. La United States Steel se había comprometido a suscribir acciones por valor de 5 millones de dólares. Poco después de elaborado el proyecto, por un lado, la United States Steel retiró su oferta debido, por una parte, a la intensificación de la guerra en Europa y, por la otra, a la objeción presentada por el gobierno brasileño a la excesiva participación que se proyectaba dar a dicha empresa en la dirección de la nueva usina, en circunstancias que el gobierno deseaba mantener la empresa bajo control brasileño.

^{2/} Esta Comisión estaba formada por un geólogo, un ingeniero de ferrocarriles, un economista y un ingeniero metalúrgico.

/Como consecuencia

Como consecuencia del retiro de la U.S. Steel, el gobierno anunció que consideraría toda propuesta razonable para construir una gran empresa siderúrgica, de cualquier país que ella viniera. Por este motivo, el Gobierno designó en marzo de 1940 una Comisión Ejecutiva para el Plan Nacional del Acero y le confirió las siguientes funciones: i) recibir y evaluar todas las propuestas para la creación de una industria siderúrgica en el Brasil; ii) realizar los estudios técnicos para la construcción de una usina destinada a producir rieles, perfiles y productos planos, y iii) organizar una compañía nacional con la participación del estado y de capital privado para la construcción y operación de un centro siderúrgico. Entre las instrucciones adicionales se especificaba que la planta debía usar el mayor porcentaje posible de carbón nacional.

El abandono del proyecto de Santa Cruz y la declaración del gobierno trajeron como consecuencia la presentación de un gran número de propuestas para la construcción del centro siderúrgico, que provinieron de Alemania, Italia, Japón y el Reino Unido, y que no tenían un financiamiento adecuado. Cabe señalar que la firma Krupp, uno de los tres proponentes alemanes, presentó dos proyectos: uno utilizando la tecnología clásica y el otro consistente en una serie de plantas pequeñas de reducción que se ubicarían en Minas Gerais, cerca de los yacimientos férricos y de los bosques naturales, para aplicar el proceso Krupp-Renn de reducción directa. El hierro primario de estas plantas, llamado "lupas", se habría fundido, afinado y laminado en una usina central.

Además de recibir y evaluar las propuestas para la construcción de plantas, la Comisión Ejecutiva obtuvo un empréstito, firmó un contrato con una firma consultora, organizó una empresa, seleccionó la ubicación del nuevo centro siderúrgico y realizó algunas investigaciones tecnológicas.

A fines de septiembre de 1940 se negoció un crédito por 20 millones de dólares con el de Estados Unidos, crédito que se hizo efectivo el 22 de mayo de 1941. El crédito fue avalado por el Banco del Brasil y por el Tesoro Nacional. El costo de la planta se estimó en 45 millones de dólares, y el gobierno se comprometió a aportar los 25 millones restantes mediante venta de bonos y acciones, tanto comunes como preferidos.

/La selección

La selección de la firma consultora no fue tarea fácil. Al final, la Comisión Ejecutiva redujo la lista de candidatos a dos: Herman A. Brassert y Arthur G. McKee. A pesar de que Brassert tenía más experiencia en la construcción de plantas completas en el extranjero, la Comisión Ejecutiva no firmó el contrato con dicha firma principalmente por temor a que, si los Estados Unidos se veían activamente envueltos en la guerra, Brassert podría ser colocado en la lista negra estadounidense por sus conexiones anteriores con Hitler, para quien había proyectado y construido los Herman Goering Werke. La firma McKee había desempeñado un rol importante en la planificación y construcción del gran centro siderúrgico de Magnitogorsk, en Rusia, en los primeros años del decenio de 1930 y en la construcción de algunas plantas en los Estados Unidos y el Reino Unido. Sin embargo, tenía poca experiencia en la planificación general de una usina integrada, habiendo concentrado su actividad en la mayor parte de los casos en los altos hornos y el resto del departamento de reducción. Por este motivo, la Comisión Ejecutiva tuvo que asumir una proporción mucho mayor de las responsabilidades finales que lo que se acostumbra generalmente en los contratos con firmas consultoras para este tipo de trabajo.

Poco después de haberse finiquitado exitosamente las negociaciones con el Dr. Guilherme Guinle, presidente de la Comisión Ejecutiva, regresó al Brasil para cooperar en la organización de la Companhia Siderúrgica Nacional, que se fundó el 9 de abril de 1941 como una sociedad de economía mixta. Estableció su sede social en Río y su oficina principal en los Estados Unidos en Cleveland, con filiales en Nueva York, Washington y Pittsburgh. Las oficinas en los Estados Unidos celebraron contratos para el suministro de equipo con los siguientes fabricantes americanos: Keppers Company, McNally Manufacturing Company, Freyn Engineering Company, Rust Engineering Company, Morgan Engineering Company, Bethlehem Steel Company y Mesta Machine Company. Aparte de su intervención diaria en el progreso del proyecto, la oficina de la CSN en Cleveland tomó la responsabilidad de dirigir la capacitación de ingenieros y personal brasileño en especializaciones tales como beneficio del carbón, coquería, sistemas de gas, altos hornos, acería, laminadores, mantenimiento de la planta, suministro de agua y transportes.

/Para determinar

Para determinar la ubicación se consideraron ocho posibilidades: Tres Rios, Juiz de Fora, João Ribeiro, Lafaiete, Santa Cruz, Vitoria, Antonina y Volta Redonda. Se examinó cada lugar considerando los siguientes criterios: i) costos del acopio y del transporte de los productos terminados a los mercados; ii) proximidad de industrias secundarias y de los mercados consumidores; iii) capacidad del subsuelo para resistir el gran peso de las instalaciones; iv) los movimientos de tierra necesarios para transformarlo en un sitio industrial; v) agua disponible para usos industriales y domésticos; vi) vecindad de una fuente adecuada de mano de obra y vii) seguridad respecto de ataques navales. En vista de que ninguna ubicación resultaba ideal, McKee cooperó con la CSN enviando un grupo de estudio encabezado por William Haven, que durante varias semanas recopiló información sobre materias primas, disponibilidad y costo de material de construcción, facilidades y costo de transporte y existencia de mano de obra común y especializada, etc. Estas informaciones fueron utilizadas por la Comisión Ejecutiva para determinar la ubicación de la planta de la CSN, y por un proceso de eliminación se decidió por Volta Redonda, adquiriendo la hacienda cafetalera Santa Cecilia como sitio para la planta y su ciudad satélite. Por muchas razones la selección fue acertada: situada geográficamente entre las fuentes de carbón y de mineral de hierro, entre los mercados de acero y las industrias de transformación de Rio y São Paulo y, finalmente, en un sitio aceptable desde el punto de vista de la política interna, en el límite del Estado de Rio y en la vecindad de los de São Paulo y Minas Gerais, que desde hacía mucho tiempo aspiraban a ser la sede de la gran industria siderúrgica del país.

La investigación tecnológica realizada por la Comisión Ejecutiva consistió en estudios de las materias primas que se usarían en Volta Redonda, de los tipos de equipo y los procesos que se instalarían y de las cantidades de los distintos tipos de productos finales que se fabricarían. Se enviaron 50 toneladas de carbón extraídas de cada uno de los principales yacimientos del Brasil a la McNally-Rheolaveur Company, de Pittsburgh, para estudiar su lavabilidad, y después al laboratorio de Koppers, en Kearney, y a otros laboratorios, para su coquización. Los resultados de

/estos ensayos

estos ensayos demostraron que resultaría posible y económico producir coque metalúrgico empleando dos tercios de carbón brasileño y uno de carbón importado. En cuanto al programa de producción, se fijó primero en 295 000 toneladas de acero terminado y 50 000 toneladas de arrabio, anualmente. Un poco más de un tercio del acero laminado debía consistir en rieles, debido a la alta prioridad que el Gobierno había asignado a la reconstrucción de los ferrocarriles, aproximadamente la mitad debía estar formada por productos planos de todo tipo, y el resto debía consistir en perfiles medianos y livianos.

La Comisión Ejecutiva fijó un plazo de dos años y medio para que la planta estuviese parcialmente en marcha, y tres años para el funcionamiento normal, ambos plazos contados desde el comienzo de la construcción. La dificultad para obtener la fabricación y entrega oportuna del equipo y su transporte al Brasil, motivada por la participación activa de los Estados Unidos en la guerra, hicieron imposible el cumplimiento de este programa.

El proyecto original de Volta Redonda programado por La Comisión Ejecutiva, que se designa con el nombre de Plan A, consistía en un alto horno con capacidad para 1 000 toneladas de arrabio en 24 horas; cuatro hornos de solera abierta de 150 toneladas cada uno; una batería de coque de 55 retortas con planta de recuperación de subproductos; un tren desbastador, un tren laminador para rieles y perfiles medianos; un tren laminador para chapas y planchas y una línea de estañado, aparte de los equipos auxiliares. Los diseños se iniciaron en enero de 1941 bajo los auspicios de la oficina de la CSN en Cleveland, y se elaboraron listas detalladas de los materiales necesarios, junto con sus especificaciones. La oficina inspeccionó más de 30 000 copias de planos, 168 000 toneladas de material de construcción y 7 000 toneladas de equipo y maquinaria entre 1941 y 1946. Aparte de su asistencia tecnológica, a dicha oficina corresponde el mérito del manejo prolijo y eficiente de todas estas operaciones de la CSN en los Estados Unidos.

En vista de que la firma McKee no estaba en situación de proveer todos los servicios ni mucho menos la totalidad del equipo necesario, la oficina de Cleveland invirtió varios meses a comienzos de 1941 en

/la búsqueda

la búsqueda y selección de firmas americanas con suficiente experiencia y seriedad en la fabricación de materiales y de la maquinaria pesada. En este proceso se contó con la cooperación de McKee y del Eximbank, y una vez que la selección estuvo terminada se firmaron los contratos a partir de agosto de 1941.

El Teniente Coronel Macedo Soares, ayudado por un grupo de profesionales brasileños y algunos consultores norteamericanos, dirigió personalmente la construcción de Volta Redonda y vigiló los trabajos que se realizaban simultáneamente en Minas Gerais y Santa Catalina. La mano de obra combinada consistió en 17 000 personas; unas 14 000 estaban empleadas en Volta Redonda y el resto distribuido por iguales partes en las dos fuentes de materia prima. Entre 1942 y 1946, McKee mantuvo destacados en Volta Redonda permanentemente doce ingenieros encargados de la construcción del alto horno y de prestar asistencia en los demás problemas de la construcción en que fuera necesario, mientras que los proveedores de los equipos también destinaron personal técnico en la planta para realizar sus respectivas partes del proyecto. En total, la CSN contrató 55 ingenieros y técnicos en los Estados Unidos para prestar servicios en Volta Redonda durante el período de construcción. Esta cifra no resultó suficiente, pero fue imposible aumentarla debido a que los Estados Unidos tenían que dar una prioridad superior a su esfuerzo bélico. En consecuencia, los debieron reemplazar por profesionales brasileños.

Con el alza en los precios de las materias primas, de los servicios y de los productos industriales tanto en los Estados Unidos como en el Brasil, a comienzos de 1943 debió aumentarse el préstamo del Eximbank a 45 000 000 de dólares, y el capital de la CSN en acciones al equivalente de 50 000 000 de dólares.

Las dificultades descritas para obtener la entrega oportuna del equipo y para contratar en los Estados Unidos más personal técnico causaron un breve retraso en la construcción y puesta a punto de la industria. La usina entró en operación a fines de 1946, y solamente en 1948 pudo considerarse que marchaba normalmente. Ya en 1950-54, se realizó la primera expansión doblando la capacidad anterior, y entre 1956-60 se hizo una segunda ampliación para alcanzar un millón de toneladas; en 1965-67 tuvo

/lugar la

lugar la tercera, a 1 500 000 toneladas, y a partir de 1969 la cuarta, que consiste en completar algunos detalles y elevar la capacidad total a 1 700 000 toneladas de lingotes. Para la plantificación y ejecución de todas ellas, Volta Redonda ha vuelto a celebrar contratos de asistencia técnica con la firma McKee.^{3/}

En la realización de estos proyectos el departamento técnico de Volta Redonda, cuya acción durante la construcción de la primera etapa fue una de las más importantes como entidad semiautónoma dependiente de la planta Companhia Brasileira de Projectos Industriales (COBRAPI) prestó idéntica colaboración que en el pasado, esta vez en mejores condiciones.

Al seleccionar los procesos que iban a emplearse en la planta durante la planificación de la primera etapa, CSN podía elegir entre dos métodos de aceración: a) instalar los hornos de solera abierta que finalmente se adoptaron, o b) decidirse por la fabricación de acero Bessemer ácido. La inversión en la acería habría sido inferior a la mitad si se hubiera optado por el último proceso, pero, a pesar de ser viable, tenía dos inconvenientes: a) que habría obligado a una extracción minera selectiva para llevar a la usina solamente mineral con muy bajo contenido de fósforo, dejando para más adelante la extracción del mineral más fosforado, y b) que no ofrecía medio para utilizar en la planta unas 100 000 toneladas anuales de chatarra de circulación, cifra en que se estimaba la posible producción, y obligando a llevarla a las acerías semiintegradas que

3/ Recientemente la CSN firmó un contrato de asistencia técnica con la U.S. Steel para inventariar y evaluar los tipos y características del equipo, de los procesos y de los productos desde el punto de vista tecnológico, y evaluar a continuación su rendimiento y adecuación técnicoeconómica respecto de las prácticas de las usinas más modernas y eficientes. El contrato prevé el análisis de las principales posibilidades tecnológicas de las usinas siderúrgicas modernas y la indicación de las tendencias más importantes en la evolución de la tecnología de la fabricación de acero, comprendiendo todos los procesos, desde el mineral hasta los productos finales de acero, teniendo en cuenta los problemas relativos a la reducción, la fabricación de acero, el lingoteamiento y la laminación, en el examen de las posibilidades tecnológicas y de las tendencias relativas a la naturaleza, características y aplicaciones de los productos de la usina.

/existían en

existían en Río y São Paulo, con apreciable pérdida económica para la CSN. Por este motivo, a pesar de la mayor inversión necesaria, se optó por la construcción de cuatro hornos básicos de solera abierta, con una capacidad de 150 000 toneladas cada uno. En vista de que el primer horno L.D. con soplo de oxígeno que operó en el mundo sólo comenzó a funcionar en Austria en 1952/53, resulta evidente que, en el momento en que se planificaron la primera y segunda etapas, el proceso Siemens-Martin elegido correspondía a la tecnología más moderna. Este no es el caso, de los proyectos de la tercera y cuarta expansión, cuya ejecución se inició en 1956 y 1965, respectivamente. Es muy posible que este retraso para aceptar este nuevo proceso se deba por un lado a la tardanza que ha habido en general para aceptarlo como un proceso capaz de producir aceros de buena calidad, lo que retrasó su aceptación en escala masiva en los Estados Unidos y, por el otro, a consideraciones como: renuencia de los técnicos brasileños a substituir por otro nuevo un proceso que les había dado tan buenos resultados, y posiblemente también que algunos elementos de la ampliación de la acería Siemens-Martin, como edificios, grúas, etc, ya estaban previstos al realizar las ampliaciones anteriores.

En el caso de COSIPA hubo una larga demora debida principalmente a las dificultades de financiamiento surgidas desde que concibieron por primera vez el proyecto en 1951/53 los ingenieros metalúrgicos de São Paulo, Plinio de Queiroz y Martinho Prado Uchoa, quienes contaron primero con la asesoría de la firma consultora Koppers Company, de Pittsburgh. Una vez salvados los obstáculos financieros e iniciada la ejecución del proyecto en 1959, la COSIPA contrató los servicios de consultoría de Kaiser Engineers, de California. Firmado el convenio, una comisión de COSIPA fue a California y cooperó con la firma consultora en el diseño de la disposición de la planta (layout), y preparó el plano general y la lista del equipo. En consecuencia, parecería que Kaiser tuvo poca ingerencia, si es que tuvo alguna, en la selección de las materias primas, la de los productos que se habrían de fabricar y la ubicación de la planta, que se habían establecido con anterioridad.

/Una vez

Una vez que Kaiser completó la lista básica del equipo, la Comisión ayudada por los consultores, seleccionó los proveedores estudiando junto con las calificaciones técnicas de las propuestas las condiciones de pago que, dada la situación financiera del proyecto, no dejaban de tener importancia. Se celebraron contratos para suministro de máquinas y equipos, entre otras, con las siguientes firmas: Gutehoffnungshütte, de Alemania; VOEST, de Austria; Westinghouse Electric, de Estados Unidos; CECI, Schneider, Stein Roubet, Delattre Fois y Entreprise Générale, de Francia, Innocenti e ILVA, de Italia.

Aparte del contrato con la Kaiser, COSIPA contó con la cooperación de CSN para la construcción y para algunos detalles técnicos. De esta manera, CSN participó en la planificación de la usina, apoyada por McKee, con quien CSN tenía un contrato de asesoramiento general. Sin embargo, la mayor cooperación que COSIPA recibió de la CSN fueron los servicios de COBRAPI, que se hizo cargo de toda la parte de ingeniería de la construcción. Por su parte, Kaiser mantuvo en São Paulo un grupo de cinco ingenieros durante todo el tiempo que demoró la construcción, desde 1961 a 1964.

COBRAPI, basada en los planos generales preparados por Kaiser, elaboró todos los planos de detalle, la distribución del equipo en el terreno y los planos de construcción civil, salvo los cálculos del hormigón, que fueron objeto de un subcontrato con otra firma brasileña. Le correspondió igualmente especificar todo el material de construcción, los sistemas de cañerías, los cálculos de edificios, la parte eléctrica, los puentes volantes, los transportes, etc. COBRAPI analizó unos 6 000 diseños recibidos, tanto de Kaiser como de los proveedores del equipo, y preparó otros 5 000 planos de detalle. Durante este período de construcción de COSIPA, entre 1961 y 1964, COBRAPI mantuvo constantemente en trabajo en este proyecto de 60 a 70 personas, entre ingenieros, técnicos y proyectistas.

En 1965, COSIPA puso en marcha sus trenes laminadores utilizando semielaborados comprados en Volta Redonda, y a fines de ese año encendió su alto horno. En vista de que la planta se construyó desequilibrada, tal como había sucedido antes en Monlevade, Volta Redonda y USIMINAS, la empresa ha estado en constante expansión desde la puesta a punto de sus primeras secciones, y para ello ha contado y cuenta principalmente con la asistencia técnica de McKee.

/El origen

El origen de la creación de USIMINAS fue la formación de una empresa de carácter experimental organizada en abril de 1956 por un grupo de empresarios del Estado de Minas Gerais, con un capital inicial de unos 50 000 dólares. Esta empresa experimental realizó los estudios preliminares para determinar la viabilidad de una usina siderúrgica que se ubicaría en Minas Gerais y que tendría una producción inicial de 500 000 toneladas anuales. Ante los resultados de estos estudios, la empresa obtuvo la colaboración del estado y de algunas de las grandes empresas siderúrgicas nacionales. En abril de 1957 se firmó el acuerdo Horikoshi-Lanari que resultó básico para la iniciativa y que fue firmado después de cerca de seis meses de estudios realizados en el Brasil por varias misiones japonesas. El documento estipulaba la construcción de una planta ubicada en el Estado de Minas Gerais, que en su primera etapa tendría capacidad para producir 500 000 toneladas anuales de acero.

El acuerdo describe en sus líneas generales tanto el proyecto como la estructura social y financiera que se proponía para la empresa, y estableció normas para orientar las relaciones entre la empresa en estudio y sus participantes. La participación del Brasil y del Japón, con 60 y 40% del capital social, respectivamente, quedó restringida a la de meros financiadores y avales del proyecto. La ubicación de la usina en Ipatinga, en las vecindades de ACESITA, fue elegida de común acuerdo entre el grupo japonés y los técnicos de la primera empresa experimental. En cuanto al financiamiento, establecido inmediatamente después de la firma del acuerdo básico, se estimaba el total necesario en 250 000 000 de dólares, de los cuales el Japón aportó 99 000 000 en créditos de equipo, más el 40% del capital en acciones que alcanzaba a 72 000 000 de dólares, o sea, un aporte en conjunto de 127 800 000 dólares, un poco más de la mitad del total.

Casi toda la asistencia técnica, así como la fabricación de 80% del equipo, correspondió al Japón, y el aporte técnico brasileño quedó limitado a poco más que asegurar la adaptabilidad de las soluciones japonesas a las condiciones imperantes en el Brasil y a las funciones de capacitación del personal. La iniciación de las obras de montaje tuvo lugar en agosto de 1959, el alto horno comenzó a trabajar en octubre de 1962, la acería L.D.

/y el

y el desbastador lo hicieron en junio de 1963; la laminación de planchas, en julio de 1963, la laminación de bobinas en caliente en mayo de 1965, y la laminación de planos en frío, en octubre de 1965. La puesta a punto de la usina sólo se alcanzó en 1967, en que se sobrepasó ligeramente la capacidad nominal inicial, que era de unas 600 000 toneladas de lingotes. En esa época se retiró la mayor parte del personal técnico japonés que había colaborado durante la puesta en marcha, quedando las funciones operativas virtualmente en manos de brasileños.

Inmediatamente después de alcanzada la capacidad nominal, la empresa ha emprendido obras de expansión tendientes a alcanzar la capacidad de 1 400 000 toneladas de lingote, que constituye la meta actual de USIMINAS. Esto se está haciendo en parte con equipo nuevo y en parte aumentando la productividad de las instalaciones primitivas.

El número de ingenieros y técnicos japoneses que intervinieron en el período de construcción hasta la puesta a punto de la industria fue elevado, y dado que muchas decisiones se tomaron en el Japón, no resulta posible delimitar la intervención que tuvieron en las decisiones que se tomaron durante esta etapa los integrantes de la empresa experimental primitiva. Es indudable que ellos aportaron al estudio su conocimiento de las condiciones locales, y que lo hicieron con mucho éxito, a juzgar por los resultados de la operación de la planta. Sin embargo, dado el número de técnicos japoneses que intervinieron en la construcción y montaje y el predominio del equipo japonés en las instalaciones, parecería acertado considerar a USIMINAS, para los efectos de este estudio, como una planta planificada y ejecutada por la iniciativa extranjera.

A fin de completar la descripción del proceso de planificación y construcción de las plantas integradas que se planificaron como tales desde el comienzo^{4/}, restaría analizar la forma en que se aprovechó la

^{4/} A diferencia de las que se iniciaron como altos hornos o como plantas semiintegradas basadas en la fusión de chatarra y se integraron más tarde.

asistencia técnica extranjera en las usinas de ACESITA y de Mannesmann. Desgraciadamente, la construcción de ACESITA demoró tanto tiempo y los planes sufrieron tantos cambios que no cabe dentro del margen de este trabajo hacer una investigación a fondo de este problema. Por otra parte, se trata de una planta pequeña dedicada a la producción de aceros especiales, de modo que esta omisión no es importante. En cuanto a Mannesmann, se trata de una inversión extranjera programada totalmente por la firma matriz en Alemania, y no se dispone de información que aclare si dicha firma recurrió a firmas consultoras ajenas a ella o no. A propósito de la coordinación de la planificación de esta industria y de su operación, cabe señalar que en este caso indudablemente hubo cierto grado de descuido al no considerarse adecuadamente las condiciones locales. En efecto, no se tomó en cuenta el gran contenido de humedad del carbón de leña de Minas Gerais, lo que provocó dificultades iniciales en los hornos eléctricos de reducción, que se basan en dicha materia prima.

Resulta así que las dos plantas respecto de las cuales se cuenta con más información sobre las gestiones y operaciones previas a la puesta en marcha son Volta Redonda y COSIPA. Afortunadamente, son también las dos que utilizaron la asistencia técnica brasileña en mayor medida, motivo por el cual la comparación de los procedimientos seguidos por cada una y de su eficacia revisten bastante interés para el presente trabajo. Con este objeto se preparó el cuadro 6, en el cual se señalan las entidades que mayor influencia tuvieron en la determinación de la tecnología que se usaría, que tomaron las decisiones y realizaron la ejecución práctica de las principales fases, desde la concepción de la idea original hasta la puesta en marcha de esas dos usinas.

/Cuadro 6

Cuadro 6

ENTIDADES QUE PRESTARON ASISTENCIA TECNICA Y QUE TOMARON DECISIONES
RESPECTO DE LA PLANIFICACION, CONSTRUCCION Y PUESTA EN MARCHA
DE ALGUNAS PLANTAS BRASILENAS

Rubros	Volta Redonda (CSN)	COSIPA
<u>Idea original del proyecto</u>	Gobierno Federal	Grupo Paulista
<u>Programa de producción</u>	Gobierno Federal y CSN	Grupo Paulista
<u>Materias primas</u>		
Mineral de hierro	CSN y McKee ^{a/}	Grupo Paulista
Carbón coquizable	Ley Gobierno Federal	Ley Gobierno Federal
<u>Ubicación</u>	McKee y CSN	Grupo Paulista
<u>Procesos</u>		
Reducción	Ley Gobierno Federal	Ley Gobierno Federal
Acería	McKee y CSN	Kaiser y Grupo Paulista
Laminación	McKee y CSN	Kaiser y Grupo Paulista
Equipo Auxiliar	McKee y CSN	Kaiser y Grupo Paulista
<u>Presupuesto y plan inversiones</u>	McKee y CSN	Kaiser y Grupo Paulista
<u>Disposición (Layout) de la planta</u>	McKee y CSN	Kaiser
<u>Dimensionamiento del equipo</u>	McKee y CSN	Kaiser
<u>Contratación del equipo</u>	CSN y McKee	Grupo Paulista y Kaiser
<u>Construcción y planos detalle</u>	CSN y McKee	COBRAPI y Kaiser
<u>Montaje</u>	CSN y técnicos de los fabricantes	COBRAPI y técnicos de los fabricantes
<u>Prueba de máquinas</u>	CSN, técnicos de los fabricantes y McKee	COBRAPI, técnicos de los fabricantes, COSIPA y Kaiser
<u>Puesta en Marcha</u>	CSN, técnicos de los fabricantes y Kaiser	COBRAPI, técnicos de los fabricantes, COSIPA y Kaiser

a/ La selección del mineral de hierro dependía de la ubicación y del proceso de aceración elegido.

/La observación

La observación de la forma como se llevó a la práctica la parte conceptual del trabajo, desde la idea original del proyecto hasta la preparación de un presupuesto y un plan de inversión preliminares, es bastante semejante en ambos casos, una vez hechas las substituciones de nombres y personas de rigor. Sólo que cuando COSIPA sometió el proyecto a la Kaiser había avanzado más en el desarrollo del plan y no solicitó asesoramiento para elegir la ubicación, lo que ya había hecho el grupo promotor basado en estudios de una oficina consultora local. Como a su vez la selección del mineral de hierro dependía de la ubicación de la planta, tampoco se planteó este problema al consultor estadounidense. En cambio, según ya se ha dicho, CSN había estudiado ocho ubicaciones alternativas y no tomó la decisión final hasta después de haber recibido un estudio y recomendación de McKee. A su vez, la selección de Volta Redonda como ubicación para la planta de la CSN determinó en gran medida el abastecimiento de mineral de hierro.

Observando retrospectivamente, cabe preguntarse si la asistencia técnica extranjera para elegir la ubicación de COSIPA no habría evitado los inconvenientes posteriores como el terreno demasiado débil para resistir algunas de las estructuras, y otros. Este caso concreto plantea un aspecto de la gestación de una industria siderúrgica que puede tener mucha importancia para su éxito. Muchas veces, y es muy posible que también haya sucedido en el caso de COSIPA, razones políticas influyen en la selección del terreno y posiblemente en el programa de fabricación, apartándose de las soluciones que imponen las consideraciones técnicoeconómicas. En estos casos, la cooperación que puede dar una buena asistencia técnica del exterior, al servir como catalizador de las presiones políticas locales, puede tener un valor inestimable.

En lo que se refiere a la disposición de la planta, el procedimiento seguido por COSIPA al contratar todo el trabajo con la Kaiser parece el más normal. Como se ha dicho en el texto, CSN no pudo seguir este procedimiento porque la única firma de consultores de que pudo disponer, McKee, no estaba en situación de prestar la totalidad del servicio, fundamentalmente por la presión de trabajo en que se encontraba a causa de la guerra. Igual razón vale para el dimensionamiento del equipo.

/En los dos

En los dos casos en estudio la participación brasileña en la contratación del equipo fue bastante intensa. Una vez que, con ayuda de la firma consultora, se delimita la elección de los posibles proveedores, viene generalmente la negociación de las condiciones de pago, y, por razones obvias, los representantes de la planta, que, en definitiva, asumen la responsabilidad de servicio de las deudas están en mejor posición para negociar con los proveedores. Cabe hacer notar que, aunque ello no está expresado en el cuadro, en este aspecto de la gestación de la industria Volta Redonda obtuvo una ayuda importante del EXIMBANK, que tenía mucho interés en que la operación de la CSN tuviese éxito.

La construcción de Volta Redonda, incluyendo la ciudad, así como las minas de Lafaiete y las de carbón, estuvo fundamentalmente a cargo de un grupo técnico brasileño encabezado, como se ha dicho, por el Teniente Coronel Macedo Soares, quien contó en algunas de las decisiones fundamentales con la ayuda de McKee, que había destacado un total de once ingenieros y técnicos para esta labor. Una vez terminada la fase de construcción, parte de este equipo técnico brasileño se integró en las funciones operativas y el resto pasó a integrar COBRAPI, que asumió estas mismas funciones en COSIPA, en este caso con la ayuda de cinco ingenieros y técnicos de la Kaiser. Cabe destacar que en ambos casos el trabajo realizado por los brasileños fue importante, ya que al término de los contratos con los dos consultores, en un caso por limitaciones debidas a la guerra y en el otro por razones financieras, no recurrieron a ellos para que preparasen gran cantidad de planos de detalle, disposición de los servicios, etc.

Como es costumbre en estos casos, la responsabilidad del montaje y la prueba de las máquinas y equipos recayó fundamentalmente sobre los técnicos de los fabricantes de los equipos, ya que, aunque los directorios de las empresas estimen que su personal está capacitado para realizar este trabajo, desean que los fabricantes asuman la responsabilidad, lo que elimina o simplifica posibles desaveniencias y discusiones posteriores de carácter técnico y financiero.

/Iguales consideraciones

Iguales consideraciones son válidas para la etapa de la puesta en marcha y posiblemente también durante la puesta a punto. Eso sí que durante estas fases el personal de la empresa que ha de estar a cargo de la operación de las diversas unidades participa muy activamente en el trabajo. En resumen, puede concluirse que, contando con la colaboración de COBRAPI, fortalecido en lo posible con unos pocos técnicos sacados temporalmente de alguna de las siderúrgicas actualmente en operación, es decir, mediante un esfuerzo conjunto de varias de las empresas, sería perfectamente posible la planificación completa de una nueva industria de este tipo en el país. Incluso en ese caso la asistencia técnica extranjera podría ser muy útil, especialmente para los siguientes fines: a) cooperar para que impere un criterio técnicoeconómico al elegir la ubicación de la planta, y b) ayudar en la selección y dimensionamiento del equipo, ya que el personal de firmas consultoras de categoría y experiencia debe tener información más al día de los precios que cobran los distintos fabricantes y de las inversiones que requiere cada una de las posibles alternativas que se ofrecen.

No se ha tratado aquí el problema de la capacitación del personal. Se estima que si la planificación de una nueva industria en el Brasil se organiza sobre una base institucionalizada nacional no habrá mayores dificultades, y, en todo caso, podría contarse con la ayuda del fabricante del equipo en el caso eventual de tratarse de un proceso o máquina que se instalará por primera vez en el Brasil.

2. El aporte externo para ampliaciones de la capacidad existente y para modificaciones importantes del equipo

Las tasas de crecimiento del consumo de acero en el Brasil durante los últimos decenios revelan que el mercado se dobló en plazos que van de 6 a 15 años, y todo indica que esta situación se mantendrá en el futuro. Si se resolviera construir una planta equilibrada completa para servir una demanda determinada, se encontraría que dentro de unos pocos años habría necesidad de construir y poner en marcha una segunda unidad de la misma capacidad, y así sucesivamente. En tales condiciones, se tendría al comienzo una usina equilibrada, dentro de la cual todos los departamentos productivos trabajarían con el mismo factor de carga, asegurando un buen /aprovechamiento del

aprovechamiento del capital invertido. Pero los mercados son inicialmente pequeños, y en esta primera etapa de la industrialización no han sido lo suficientemente elevados como para permitir la obtención de todos los beneficios posibles de las economías de escala. Por este motivo se emplea generalmente el procedimiento iniciado por la Belgo-Mineira en 1934/35, de sobredimensionar parte de los equipos, edificios, etc., a fin de realizar las ampliaciones convenientes una vez que ellas se justifiquen, disminuyendo así la inversión inicial para las ampliaciones. En estas condiciones, la planificación de las usinas se hace por partes, una para la construcción inmediata y otras para el o los planes de expansión previstos desde el comienzo.

Por otra parte, durante los últimos decenios, el progreso de la tecnología siderúrgica en el mundo ha sido considerable. En estas condiciones, puede ocurrir que en el momento de hacer una ampliación de capacidad prevista en el proyecto inicial, la solución prevista ya no sea la más favorable. Por este motivo, deben revisarse debidamente los planes de expansión antes de ponerlos en práctica. En la gran mayoría de los casos puede encontrarse que basta con adquirir un equipo nuevo, o con ampliar la capacidad de otros de los existentes, o con aumentar su productividad utilizando algunas de las innovaciones tecnológicas experimentadas en la industria mundial.

Esta sección del estudio sobre la asistencia técnica extranjera está dedicada al examen de estas situaciones, pero limitado a las modificaciones que se realizan en los procesos para aumentar la productividad de las unidades existentes, haciendo en ellas inversiones relativamente importantes. En vista de que la experiencia y el conocimiento existentes en el Brasil varían de un departamento y de un proceso al otro, se ha dividido el análisis en cinco secciones:

- i) coquería y aglomeración
- ii) reducción
- iii) acería
- iv) colada y lingoteamiento
- v) laminación.

/En el

En el Cuadro 7 se representa la situación de dependencia tecnológica del extranjero en cada uno de estos departamentos y para diferentes funciones de la planificación, construcción y puesta en marcha, tal cual ella aparecería para el promedio de la industria, sobre la base de visitas hechas a 6 plantas integradas y 4 semintegradas y de entrevistas con un grupo apreciable de profesionales del sector. La cuantificación de la dependencia que aparece en el cuadro corresponde a los porcentajes siguientes:

<u>Dependencia del extranjero</u>	<u>Situación</u>
100%	Dependencia completa
70 a 90%	" elevada
40 a 70%	" limitada
20 a 40%	Poca dependencia
Menos de 20%	Muy poca dependencia
0%	Autonomía completa

En cuanto a las modalidades generales de obtención de la asistencia extranjera, se utilizaron las siguientes claves:

<u>Proveedores del aporte</u>	<u>Clave</u>
Firmas consultoras	Consultores
Expertos individuales	Expertos
Fabricantes de equipo	Fabricantes
Licenciadores de procesos o equipos	Licenciadores

/Cuadro 7

Cuadro 7

BRASIL: GRADO DE DEPENDENCIA TECNOLÓGICA DEL EXTRANJERO PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD EXISTENTE Y MODIFICACIONES IMPORTANTES DEL EQUIPO

Departamento productivo	Selección del proceso	Dimensionamiento del equipo	Construcción civil	Montaje del equipo	Prueba y puesta en marcha
<u>Coquería y aglomeración</u>	Autonomía completa	Autonomía completa	Autonomía completa	Dependencia completa fabricantes a/	Dependencia completa fabricantes a/
<u>Reducción</u>	Autonomía completa	Autonomía completa	Autonomía completa	Dependencia completa fabricantes a/	Dependencia completa fabricantes a/
<u>Acería</u>	Dependencia elevada consultores y licenciadores b/	Autonomía completa	Autonomía completa	Dependencia completa fabricantes, consultores, licenciadores a/ b/	Dependencia completa fabricantes, consultores, licenciadores a/ b/
<u>Colada y lingoteamiento</u>	Dependencia elevada consultores, expertos, licenciadores c/	Dependencia elevada consultores y fabricantes	Autonomía completa	Dependencia completa fabricantes, consultores, expertos, licenciadores c/ a/	Dependencia completa fabricantes, consultores, expertos, licenciadores c/ a/
<u>Laminación</u>	Dependencia elevada consultores, expertos, fabricantes d/	Dependencia elevada fabricantes d/	Autonomía completa	Dependencia completa fabricantes d/	Dependencia completa fabricantes d/

a/ La regla general es que las usinas exijan de los fabricantes del equipo que ellos asuman la responsabilidad total por el montaje, las pruebas y la puesta en marcha del equipo, a pesar de que en la mayoría de los casos el personal de la usina desempeña con éxito esas funciones.

b/ En la ampliación de acerías del tipo clásico hay una pronunciada autonomía tecnológica. La asistencia extranjera se relaciona con el empleo del oxígeno, ya sea para transformar hornos existentes o para construir nuevos, y en estos casos suele ser elevada.

c/ Existe bastante autonomía tecnológica en el manejo o la ampliación de los servicios de colada o lingoteamiento del tipo clásico. En cambio, se requiere asistencia técnica extranjera para diseñar y poner en uso la colada continua o el lingoteamiento al vacío.

d/ Puede solucionarse en el país la mayoría de los problemas de laminación. La asistencia técnica extranjera se requiere fundamentalmente para el control electrónico del proceso (automatización).

/Resulta evidente

Resulta evidente que el cuadro, dado su carácter general, no puede pretender cubrir todas las situaciones. Se ha procurado que represente las posibilidades de la generalidad de las empresas, lo que quiere decir que puede haber algunas que actúen en forma diferente y, más aún, dentro de una misma empresa puede suceder que el procedimiento se vaya ajustando en forma pragmática a la competencia y a la confianza que merecen al directorio los técnicos con que cuentan. Por otra parte, no debe olvidarse que la casi totalidad de las empresas tienen en vigencia contratos de asesoría general con firmas consultoras, la mayoría de las veces, aunque no siempre, con la misma que elaboró el plan inicial. En estas circunstancias, aunque respecto de las ampliaciones de algunos de los departamentos exista en el hecho una autonomía tecnológica completa en el país, las empresas, por razones de política y a veces por mera cortesía, someten sus proyectos a la consideración de sus consultores generales. Con el fin de aclarar un tanto el contenido del cuadro, se hacen los siguientes comentarios:

Coquería y aglomeración - Respecto de la coquería, mientras se siguen usando mezclas de carbón nacional con combustibles estadounidenses en proporciones variables no parecería requerirse asistencia técnica ni para la selección del proceso ni la clase de equipo ni para el dimensionamiento de éste. Refuerza aún más esta afirmación el hecho de que, en el uso de los subproductos del coque, que ofrecía numerosas posibilidades diversas, la competencia de los productos petroquímicos ha reducido el margen de captación y aprovechamiento de subproductos a líneas simples y bien definidas. Es probable que en el futuro sea más conveniente usar carbón de otra procedencia como el colombiano; en este caso convendría tal vez modificar el sistema de carga de las retortas y decidirse por realizar las ampliaciones utilizando nuevos sistemas y, si conviniera, modificar las retortas existentes. Con mucha mayor razón que en el caso del coque, existe autonomía tecnológica completa en el Brasil para la preparación del carbón vegetal, que usan varias usinas.

/Igual autonomía

Igual autonomía tecnológica existe en el departamento de aglomeración de minerales de las usinas, fundamentalmente el sinter. Cabe recordar que la primera instalación de sinter en el Brasil se construyó en Monlevade en 1943, en circunstancias que la Belgo Mineira había perdido todo contacto con su casa matriz de Luxemburgo en 1939, a causa de la guerra. La investigación tecnológica para la aplicación del sinter en Monlevade se hizo íntegramente en el IPT de São Paulo por el ingeniero Tarciso de Souza Santos, y la construcción y puesta en marcha de la usina las hizo el ingeniero Francisco de Souza Pinto.

El procedimiento usual para la realización de ampliaciones que requieran inversiones en esta materia consiste en elegir el proceso y dimensionar la unidad de la planta, elegir al fabricante y, una vez firmado el contrato, obtener los planos básicos que permiten elaborar los proyectos de construcción, fundación y montaje y realizar esta parte del trabajo en el país.

El personal de la usina ejecuta casi invariablemente el montaje e instalación del equipo, así como la prueba y la puesta en marcha, bajo la supervigilancia de ingenieros o técnicos de la firma proveedora, no tanto porque el personal brasileño sea incapaz de efectuar correctamente estos trabajos como porque, por lo general, los directorios de las empresas desean justificadamente que el fabricante asuma toda la responsabilidad por la operación satisfactoria del equipo. Esta observación es válida respecto de las ampliaciones de todo género de ellas en la usina.

Reducción - El grado de dependencia tecnológica en este departamento es muy semejante al descrito para la coquería y la aglomeración, tanto respecto de los altos hornos a coque como de los hornos a carbón de leña. Evidentemente, no es el caso de los procesos llamados de reducción directa, de los cuales aún no se ha instalado ninguno en el Brasil y hay muy pocos en el mundo. La instalación de un equipo de esta clase se haría en situación de completa dependencia de los licenciadores del proceso y de los fabricantes del equipo. Por último, tampoco es probable que se instalen nuevos hornos eléctricos de reducción en el Brasil, pero si así ocurriera, a pesar del pequeño número instalado en el país, la tecnología es relativamente simple, como lo prueba el caso de la Mannesmann, que, con la

/asistencia técnica

asistencia técnica de la firma Nationale Cogne, de Italia, y el esfuerzo de su propio personal, logró aumentar su capacidad de producción de arrabio de las 80 toneladas diarias iniciales a 140 toneladas diarias. Finalmente, cabe mencionar que Volta Redonda, en los años 1955 y 1966, ensanchó el diámetro de sus dos altos hornos a fin de aumentar la producción, el primero de 7.60 a 8.36 metros y, el segundo de 7.90 a 8.51 metros. El primero con la asistencia técnica de McKee, a quien se debe el diseño primitivo de dichos hornos, y el segundo con tecnología totalmente brasileña.

Acería: Es muy poco probable que alguna usina decida hoy en día construir una acería de solera abierta sin empleo de oxígeno para lo cual habría en el Brasil una autonomía tecnológica completa, y otro tanto ocurre, en medida muy poco menor, con la construcción de una acería eléctrica. Es probable que, en el caso de la acería de horno eléctrico pudiera requerirse asistencia extena para el dimensionamiento, si se tratase de hornos de tamaño muy superior a los que operan actualmente en el país. En consecuencia, la elevada dependencia que aparece en el cuadro 7 respecto de la selección del proceso y del dimensionamiento de las unidades se refiere a la aceración ayudada por el oxígeno. Aparte de que algunos de los procesos todavía están amparados por patentes y se requiere su concesión para utilizarlos, hay una serie de complicaciones, como el comportamiento del refractario, la capacitación del personal y otros, que mueven, en general, a las empresas a preferir la asistencia técnica externa, a pesar de que en el país tanto Monlevade como Mannesmann han transformado antiguos hornos Bessemer a L.D. sobre la base del trabajo exclusivo de su propio personal.

Colada y lingoteamiento - Se estima que en el país existe bastante conocimiento y experiencia como para hacer innecesaria la asistencia técnica extranjera para la expansión o modernización de servicios de lingoteamiento y colada de los tipos clásicos. En cambio, si una planta cree conveniente instalar máquinas de colada continua o al vacío, nuevamente hay que obtener las licencias y patentes. Están además las complicaciones tecnológicas para cuyo dominio existe poca experiencia en el Brasil, ya que sólo una planta semintegrada que fabrica aceros especiales utiliza vacío en la colada, y una de aceros comunes ha instalado máquinas de colada continua, de las cuales /adquirió una

adquirió una y fabricó una segunda en el país utilizando la primera como modelo, aparte de los trenes clásicos de desbaste, que continúan en operación.

Laminación - La dependencia tecnológica en materia de laminadores del tipo corriente es muy pequeña y puede limitarse a equipos de diseño poco frecuente. En cambio, si el nuevo equipo tuviese controles electrónicos de las dimensiones o si la modernización tiene por objeto instalar controles de esta clase en el equipo existente, la dependencia de la tecnología externa es elevada. Hasta la fecha, sólo dos de las usinas han penetrado en este campo: Volta Redonda, que ha instalado un control electrónico en el desbastador, con el fin de aprovechar al máximo su capacidad, y USIMINAS, que lo hizo en su laminador en frío con el fin de controlar el espesor del producto.

La descripción de las necesidades de asistencia externa en las ampliaciones y modernizaciones revela el elevado nivel tecnológico que se ha alcanzado en el Brasil en materia de planificación y elaboración de proyectos de usinas siderúrgicas. Sólo en la aplicación de los procesos de más reciente invención e introducción en la siderurgia mundial se estima indispensable la asistencia tecnológica extranjera. Y aun en esos casos, según puede deducirse de los ejemplos de realizaciones exclusivamente brasileñas relatados, la adopción de un sistema cooperativo mediante el cual el técnico de una planta pueda realizar por tiempo definido un trabajo para otra empresa conservando su puesto original permitiría reducir a un número muy pequeño los problemas para cuya solución resulte indispensable la transferencia de conocimientos del exterior mediante consultores o expertos. Lo anterior, por supuesto, es válido en los casos en que no se trate de procesos o equipos patentados, puesto que en estos casos parecería preferible solicitar la intervención del licenciador, que seguramente podrá obtenerse con un costo adicional muy pequeño.

Por otra parte, el detalle con que se han analizado los problemas que derivan de las ampliaciones o modernizaciones por departamentos arroja más luz sobre cuáles son los aspectos más críticos en la planificación de una /industria completamente

industria completamente nueva. Es lógico pensar que una entidad brasileña que proyecte usar los procesos cuya selección y dimensionamiento requieren un elevado aporte externo según el cuadro, debería obtener en el exterior la información relativa a esos procesos aunque encontrara en el Brasil los medios para realizar íntegramente la planificación y el estudio general.

3. La asistencia técnica extranjera para introducir mejoras en los procesos productivos que no requieren inversiones importantes para la fabricación de productos nuevos y para la investigación tecnológica

El personal técnico de las usinas se informa del progreso de la tecnología mundial mediante conferencias, revistas, libros y visitas del personal nacional a otras plantas en el país o en el extranjero, o visitas de expertos extranjeros a la usina en cuestión. Ese progreso constituye para ellos un desafío intelectual y un motivo de inquietud por aplicarlas. Por otra parte, en el Brasil existe competencia por el mercado y rivalidad en cuanto al progreso tecnológico de la industria siderúrgica, las que provocan el deseo y la necesidad de mejorar la calidad de los productos y de reducir los costos de operación. Esta doble motivación, actuando una sobre el personal técnico principalmente y la otra sobre la dirección, ha impulsado e impulsa hoy en día a toda la industria a mejorar su operación en el mayor grado posible. En la sección anterior se trataron, junto con las ampliaciones las mejoras que obligan a modificar o substituir parte del equipo. En la presente se hará referencia a toda la serie de mejoras que suelen introducirse sin necesidad de hacer adquisiciones de importancia.

Con el objeto de facilitar el análisis, se tratarán separadamente dos tipos de problemas: i) aquellos en que la modificación se refiere fundamentalmente a un solo proceso o departamento productivo, aunque resulta evidente que si se altera la calidad del acero, por ejemplo, deberá estudiar a continuación su comportamiento en los laminadores, etc., y, ii) las mejoras que deben planificarse y realizarse sobre una base interdepartamental.

a) Innovaciones e investigaciones que se refieren a un solo departamento productivo

Se ha elaborado el cuadro 8 usando las mismas claves referentes a la dependencia de la tecnología extranjera del cuadro 7, procurando sistematizar la opinión de los técnicos brasileños consultados sobre la dependencia de la tecnología externa respecto de las mejoras introducidas en tres aspectos:

/en las

en las investigaciones tecnológicas para aplicación inmediata; en los procesos productivos y en el aprovechamiento del equipo que requiriendo pocas inversiones, y, finalmente, la tecnología necesaria para la fabricación de nuevos productos del acero. Haciendo un análisis por departamentos cabe decir lo siguiente:

Coquería y aglomeración - De igual manera que lo que sucede con las ampliaciones de plantas, puede decirse que en estos departamentos existe una buena autonomía tecnológica. Respecto de los problemas del coque, ello será efectivo mientras se mantenga inalterable la actual práctica de usar carbón nacional mezclado con ciertos carbones importados desde los Estados Unidos. Como un ejemplo más, puede citarse que USIMINAS está agregando una pequeña proporción de finos de carbón de madera a la mezcla para coquizar con muy buenos resultados, y que para adaptar esta innovación la planta no contó con asistencia técnica externa. Por su parte, ACESITA está ensayando, también sin ayuda exterior, la fabricación de briquetas de carbón de madera con mezclas de melaza. Evidentemente, el desarrollo de una tecnología de este tipo correspondería más bien a un instituto de investigación tecnológica que a una planta industrial, pero este hecho es un ejemplo de los muchos que podrían citarse de la falta de coordinación que existe entre la industria y los institutos de investigación del Brasil, ya que IPT tiene en marcha una investigación semejante.

Reducción - De todos los departamentos productivos de la industria en éste se ha alcanzado sin duda el más alto grado de independencia tecnológica. Como ejemplos de los logros alcanzados por el personal de las usinas pueden mencionarse los siguientes: en ACESITA, el alto horno a carbón de leña diseñado para producir 350 toneladas diarias está dando 450, y el horno eléctrico de reducción, de 145 toneladas diarias nominales, está produciendo 212 toneladas. El alto horno de USIMINAS, diseñado para 700 toneladas diarias, está produciendo 1 100 toneladas, y los altos hornos a carbón de leña de Monlevade han aumentado su producción diaria de 360 toneladas nominales, en conjunto, a 1 600 toneladas. Por su parte, COSIPA sin ayuda técnica externa ha elevado la capacidad de su alto horno de 1 560 toneladas diarias a 2 100, y esperan aumentarla a 2 400 una vez que utilicen oxígeno en las toberas, para lo cual necesitan esperar el aumento de producción.

/Cuadro 8

Cuadro 8

LA ASISTENCIA TECNICA EXTERNA A LOS DIVERSOS DEPARTAMENTOS PRODUCTIVOS PARA MEJORAR SUS OPERACIONES, FABRICAR NUEVOS PRODUCTOS Y REALIZAR INVESTIGACION TECNOLOGICA, SIN HACER GRANDES INVERSIONES

Departamentos productivos	Mejoramiento de los procesos en uso	Investigación tecnológica para aplicación inmediata	Fabricación de nuevos productos
<u>Coquería y aglomeración</u>	Autonomía completa	Poca dependencia, consultores y expertos	Dependencia limitada, consultores y expertos
<u>Reducción</u>	Autonomía completa	Autonomía completa	Autonomía completa
<u>Acería</u>	Dependencia limitada b/ consultores, licenciadores y expertos	Dependencia limitada b/ consultores, licenciadores y expertos	Dependencia elevada b/ consultores, licenciadores y expertos
<u>Colada y lingoteamiento</u>	Dependencia elevada licenciadores, fabricantes y expertos a/	Dependencia elevada licenciadores, fabricantes y expertos a/	Dependencia completa fabricantes y licenciadores
	Dependencia elevada licenciadores y expertos c/	Dependencia limitada expertos c/	Dependencia completa fabricantes y licenciadores c/

a/ Existe autonomía casi completa en lo que se refiere a la colada y el lingoteamiento de los tipos clásicos. Se requiere asistencia técnica para los problemas relacionados con la colada continua y el lingoteamiento al vacío.

b/ La dependencia de la ayuda externa se limita a algunos problemas relacionados con el empleo de oxígeno en la acería.

c/ Se estima que la necesidad de asistencia técnica externa se limita a la aplicación de controles electrónicos en el conjunto o en parte de los trenes.

/En lo

En lo que se refiere a investigaciones tecnológicas, ACESITA está estudiando la inyección de una mezcla de aceite con finos de carbón vegetal en las toberas. Los mayores problemas encontrados hasta ahora son la alta concentración del potasio y del silicio del carbón de madera en los finos y la dificultad para dosificar la proporción de carbón de leña en la mezcla. Al igual que en el caso anterior, se trata de problemas que bien podrían estudiarse en escala de laboratorio y posiblemente en la planta piloto de algún instituto de investigaciones tecnológicas antes de tratar de implantar el sistema en escala industrial en la usina. Por otra parte, ACESITA también está estudiando la posibilidad de producir un arrabio cromífero que vendría a constituir un nuevo producto correspondiente al departamento de reducción.

Acería - En lo que se refiere a este departamento, puede decirse que la autonomía tecnológica es completa respecto de la aceración sin uso de oxígeno, y que sólo para la implantación o mejoramiento de la aceración mediante oxígeno se recurre en medida limitada a la ayuda técnica externa. Sin embargo, también en este último campo las usinas han alcanzado éxitos importantes como lo demuestran los siguientes hechos: en USIMINAS, los dos convertidores L.D. a oxígeno, diseñados para producir 50 000 toneladas mensuales, están produciendo 70 000, y todavía se espera aumentar esa cifra. En ACESITA, los tres hornos eléctricos de aceración, que tienen una capacidad nominal conjunta de 86 000 toneladas anuales, están produciendo 110 000. Para estas mejoras se contó con asistencia de SOFRESID, de Francia, pero solamente en la parte eléctrica. Finalmente, en Monlevade, el convertidor L.D. diseñado por VOEST, de Austria, para producir 36 toneladas diarias, produce 44.

En esta misma usina se ha desarrollado una técnica que tuvo amplia difusión en la literatura del ramo en su época. Aparte de la chatarra que se agrega al L.D. a fin de enfriarlo, se emplea entre 0 y 2 1/2% del mineral en trozos, según el contenido de silicio del arrabio líquido. Se ensayó el procedimiento a iniciativa del ingeniero de Linz que intervino en la puesta en marcha del L.D., y se lo ha desarrollado y adoptado definitivamente.

/Para dar

Para dar a entender la importancia que tiene en la industria el rubro de "nuevos productos", puede citarse el caso de USIMINAS, que, aparte de los aceros comunes, está produciendo aceros para soldadura, de alta resistencia, anticorrosivo y para estampado profundo. En la puesta a punto de todos los procesos necesarios la planta ha contado con la asesoría de la firma japonesa Yawata, ACESITA, por su parte, ha producido chapa inoxidable y aceros para herramientas de cromo-níquel sin asesoría del exterior, pero en la actualidad está buscando asistencia técnica para mejorar la calidad de estos productos, ya sea de Alemania, los Estados Unidos o el Japón. Por otra parte, la misma usina está fabricando chapas de acero silicio de grano no orientado, para lo que contó con asesoría de Alemania, y de grano orientado, con asesoría japonesa. Finalmente, Monlevade está fabricando cables de acero de diferentes composiciones, y en la actualidad ha iniciado la fabricación de cintas de acero de alta resistencia tipo Firestone, patente Inland Steel, modificada por ARBED, por la cual paga derechos.

Colada y lingoteamiento - En este departamento no hay casi dependencia del exterior, salvo en el caso de la colada continua o del lingoteamiento al vacío, técnicas nuevas y patentadas que hasta este momento no ha adoptado ninguna de las grandes plantas siderúrgicas integradas del Brasil, lo que probablemente tampoco ocurrirá con las existentes por mucho tiempo. En efecto, en lo que a la colada continua se refiere, no se justificaría aplicarla mientras estén en funciones los desbastadores existentes, y aunque así no fuese, solamente se aplicarían si las experiencias que se realizan para utilizar el proceso para el vaciado de acero efervescente confirman los buenos resultados esperados.

Laminación - Como dice la nota al pie del cuadro, la dependencia de tecnologías del exterior en este departamento es elevada cuando se trata de instalar controles electrónicos (automation) en los trenes laminadores. En cambio, para las innovaciones corrientes en la producción de aceros comunes, que consisten primordialmente en el diseño de las ranuras de los cilindros para producir nuevos perfiles, por un lado, y, por el otro, la
/aceleración de

aceleración de la marcha de los trenes existentes a fin de aumentar la capacidad, lo que constituye un movimiento mundial en este sentido, puede considerarse que la autonomía tecnológica brasileña es completa. Finalmente, cuando se trata de nuevos productos, es decir, de aceros de composición química o de características físicas (excepto las dimensiones) diferentes de las corrientes, el procedimiento habitual es que los mismos expertos extranjeros que se ocupan de su preparación en la acería presten ayuda para la laminación de tales aceros en el caso de requerirse operaciones que salen de lo habitual.

b) Mejoras de operación que se realizan sobre una base interdepartamental

Entre las operaciones más importantes incluidas en este rubro se destacan a) el control de calidad; b) la estructura y el control administrativo, y c) la regulación de las operaciones y del flujo del material de modo de asegurar la mayor productividad posible del equipo y de la mano de obra. Evidentemente, los tres problemas están interrelacionados, correspondiendo mayor independencia a los puntos b) y c). Mientras el control de calidad se inicia en cierta medida con la puesta a punto de la usina, más tarde, una vez terminada su puesta en marcha, el perfeccionamiento y coordinación de las funciones administrativas y el control de la productividad se postergan para un período ulterior, superada la etapa inicial, durante la cual el objetivo primordial es alcanzar las metas de producción trazadas. Una vez alcanzadas éstas, la empresa comienza a prestar atención a los tres problemas enunciados, impulsada por la competencia en lo que se refiere a la calidad, y por la necesidad de mejorar su posición económica mediante una reducción de gastos, en lo que se refiere a las otras dos.

Control de calidad

Como ya se ha dicho en el momento mismo de la puesta en marcha de la usina se establece cierto grado de control de calidad. El procedimiento general en estos casos consiste en enviar al exterior personal calificado para que estudie este problema teórica y prácticamente, y complementar el equipo así formado mediante la contratación temporal de algunos expertos extranjeros, que, por lo general, proponen los propios
/consultores generales,

consultores generales, aparte del personal auxiliar, sin formación en el extranjero, que se capacita en la propia usina.

Para que los productos de la usina cumplan con las especificaciones requeridas, resulta indispensable analizar continuamente todas las materias primas y los semiproductos que se van obteniendo durante el proceso productivo y finalmente, controlar las operaciones en todos los procesos mediante análisis oportunos. En las plantas visitadas, el personal dedicado al control de calidad va de 50 a 90, entre profesionales, técnicos y auxiliares, según lo diversificado de la producción. Este equipo debe trabajar coordinadamente durante la operación de la industria y fijar las normas de operación del equipo para asegurar el cumplimiento de las especificaciones.

En teoría, puede concebirse que al terminar la etapa de puesta a punto de la usina, ésta cuente con una organización perfecta de control de calidad y que el problema no vuelva a surgir, por lo menos mientras no se incluyan en el surtido de fabricación productos nuevos que requieran un tratamiento especial en algún sitio de la larga cadena de la producción, lo que no ha sucedido en el Brasil. En la práctica, en algún momento desde su puesta en marcha, todas las usinas han debido adquirir algún instrumental adicional y enviar un grupo de profesionales para adquirir los conocimientos en alguna usina en el extranjero. Evidentemente, el problema podría solucionarse contratando un grupo de seis o siete especialistas que vengan al país por un tiempo limitado a capacitar al grupo nacional y que, una vez terminada esta tarea, regrese a su país de origen. Pero para asegurar el buen éxito de esta misión, sería indispensable que antes de llegar al Brasil el grupo ya estuviera acostumbrado a trabajar en equipo condición que dificulta mucho la disponibilidad de esta forma de transferencia de los conocimientos, por lo que la industria ha recurrido siempre al sistema de enviar un núcleo de su personal simultáneamente a trabajar en el problema en alguna usina extranjera que preste esta clase de asesoría.

La generalidad de la industria siderúrgica brasileña dispone actualmente de un excelente control de calidad, dirigido en su totalidad por profesionales brasileños, de modo que ellas mismas podrían servir de

/base para

base para la capacitación de nuevos grupos de profesionales de este tipo, a menos que se trate de productos nuevos que aún no figuran en el programa de fabricación de ninguna de las usinas.

4. Organización administrativa y aumento de la productividad en los países desarrollados

Las ciencias administrativas han alcanzado recientemente en los países desarrollados un elevado nivel en la gestión de las empresas industriales. El mecanismo que se sigue es la determinación de una estructura orgánico-funcional capacitada para seguir paso a paso los procesos productivos y administrativos y establecer las disposiciones y los controles necesarios para alcanzar la máxima eficiencia posible del personal y del equipo. Dado lo complejo de un estudio de esta clase, es recomendable contratar una firma extranjera especializada con experiencia en la industria siderúrgica para que practique una revisión completa de los métodos empleados y determine la estructura operacional más adecuada a este fin.

Se observó que en pocas de las usinas visitadas se ha utilizado con éxito este tipo de asesoría, si bien todas han recibido de sus consultores generales, en algún período de su funcionamiento, alguna ayuda en materia administrativa. Sólo dos empresas, COSIPA y VILLARES, manifestaron que están haciendo arreglos para obtener asistencia externa en los aspectos de administración, eficiencia y comercialización, pero todo indica que las firmas contratadas para prestar esta asistencia tendrán que cumplir simultáneamente funciones de consultoría eminentemente técnicas.

5. Evaluación de los métodos utilizados por la industria para obtener asistencia técnica extranjera

No resulta posible hacer una evaluación comparativa de los métodos utilizados por la industria para obtener asistencia técnica extranjera dentro del marco de este trabajo. En efecto, ese estudio exigiría determinar cuáles habrían sido en la práctica los resultados técnicoeconómicos de la operación si se hubiese empleado un sistema diferente para conseguir la asistencia. A lo sumo podrían citarse algunos errores u omisiones cometidos durante la planificación y construcción de las industrias, pero en realidad los errores visibles han sido pocos, y ya se han comentado algunos de ellos en las partes pertinentes de este capítulo.

/Por este

Por este motivo, se ha creído más interesante destacar algunas de las observaciones hechas en las entrevistas por los directores y el personal técnico de las industrias respecto de la forma de obtener el conocimiento técnico.

Planificación, construcción y puesta en marcha

En general, los industriales se mostraron satisfechos con el trabajo realizado por los consultores en los tres aspectos señalados en el rubro. Sólo en una usina su director observó que en el proyecto original se habían cometido varios errores, pero cabe señalar que se trata de una planta pequeña que encontró serias dificultades para obtener financiamiento y en la cual hubo gran demora para llevar a la práctica el proyecto. Bien puede ser que en el intervalo aparecieran innovaciones tecnológicas que no se tomaron en cuenta, y si así ocurrió, lo deseable habría sido una revisión total del proyecto en el momento en que se contó con los fondos para su realización.

Otra usina que había contratado el proyecto original con una firma consultora, limitó los servicios de ésta a la preparación del plano de disposición de la planta, y celebró un contrato con otro consultor para la puesta en marcha, incluyendo asesoría en materias administrativas, capacitación del personal, etc. En esta empresa uno de los directores opina que el último contrato fue muy útil y cumplido eficientemente, pero otro cree que habría sido más ventajoso fraccionar el segundo contrato y utilizar firmas más especializadas en cada ramo, escogidas con un criterio altamente selectivo.

Asesoría para ampliaciones o detalles de los procesos en la usina.

La opinión unánime de las personas consultadas sobre la eficiencia de la transmisión de conocimientos a este respecto fue que si el contrato se limita al envío de un técnico del consultor por un tiempo limitado, a fin de resolver el problema, la industria obtiene muy poco más que una receta que resulta inútil tan pronto haya un cambio en las condiciones de trabajo, y que el sistema más eficiente consiste en que la empresa brasileña mande sus técnicos al extranjero a estudiar el problema y buscar las soluciones. Otro empresario, cuya empresa celebró con una firma extranjera un contrato

/de asesoramiento

de asesoramiento general, reputado como uno de los mejores que existen en la industria siderúrgica del Brasil, manifestó que dicho asesoramiento nunca viene en condiciones de ser directamente aplicable en la planta, y que a su empresa le corresponde la función de adaptarlo.

En el caso de la fabricación de tubos en la usina Mannesmann, si bien se emplea la tecnología de la firma matriz en Alemania, cuyos nuevos logros tecnológicos están inmediatamente disponibles para la planta de Belo Horizonte - mediante visitas de técnicos o mediante el envío de literatura - ésta trata de seguir el desarrollo de la fabricación de tubos en todo el mundo, y para informarse envía sus técnicos a los Estados Unidos, Europa y el Japón. En la actualidad se está preparando un programa de modernización que incluye los conocimientos adquiridos durante estos viajes.

Un ejemplo de la forma como se realiza la cooperación tecnológica entre empresas brasileñas es la puesta en marcha de los hornos L.D. en COSIPA. La licencia fue adquirida de VOEST, de Linz, que para la puesta en marcha envió un ingeniero y cuatro capataces que permanecieron en la planta unos cinco meses. El personal recibió capacitación íntegra en el Brasil. Los capataces y el personal para lingoteamiento, obtención de muestras, etc, se capacitaron en Volta Redonda, y los jefes de turno y sopladores, en Monlevade. Esta última cooperó también con COSIPA en la fabricación de los refractarios especiales para el L.D.

Fabricación de nuevos productos siderúrgicos

Según uno de los empresarios entrevistados, cuya usina tiene una producción bastante diversificada, la absorción de conocimientos técnicos extranjeros para fabricar los productos siderúrgicos especiales debe ir acompañada de conocimientos que permitan hacerlo en forma rentable. A primera vista, la transferencia de la tecnología parece muy fácil cuando se obtiene de una empresa extranjera; pero si hay cualquier cambio en las operaciones restantes, a menudo se presentan problemas insolubles, y hay que recurrir nuevamente a la asistencia extranjera. Por este motivo, esta empresa está realizando un gran esfuerzo para la capacitación y perfeccionamiento en el extranjero de su personal.

/Los directores

Los directores de una de las usinas que producen mayor variedad de tipo de acero, opinaron que el costo de capacitar su personal técnico en la medida necesaria para hacer la transferencia de la tecnología sin comprarla en el exterior sería tan enorme que han decidido hacer esto a base de royalties. En el año 1952 comenzaron con la asesoría general de Böhler, que fabricaba varios tipos de productos siderúrgicos: piezas fundidas, herramientas y piezas para construcción mecánica. Se renovó este contrato en 1962, pero Böhler ha ido abandonando algunas líneas que la empresa brasileña no ha podido dejar de lado. Además se agregó una mayor demanda, principalmente de la industria automovilística, lo que ha obligado a la empresa a buscar una asesoría técnica complementaria.

Opinan además que a fin de sacar partido de estos contratos, necesitan tener conocimientos de alto nivel, pues si se presenta en forma imprevista algún problema local y la necesidad de fabricar algún producto nuevo, lo precario de los medios de comunicación dificulta el entendimiento con sus asesores. Por este motivo, como medida de política, mandan su personal más calificado al extranjero por períodos de dos meses, y planifican cuidadosamente y en forma anticipada lo que sus técnicos deben estudiar.

En cuanto al costo de la asesoría, manifestaron que es inversamente proporcional al grado de preparación de la firma beneficiaria, ya que el propietario del conocimiento técnico toma muy en cuenta la posibilidad de que se desarrolle la técnica en el país, sin beneficio alguno para él.

Investigación tecnológica

El administrador de una de las usinas estatales expresó que, a su juicio la investigación tecnológica debería dividirse en dos esferas distintas: una que corresponde al perfeccionamiento del trabajo cotidiano de la usina para establecer las condiciones normales de operación, que debería realizarse en la propia usina, y la otra, que corresponde a las innovaciones que debería realizarse en institutos de investigación, y no en una usina, cuyo personal debe cargarse de la multitud de problemas rutinarios que exigen solución. Esos institutos le parecen indispensables a fin de que la industria brasileña pueda seguir a los países más desarrollados

/en su

en su evolución, adaptando las innovaciones comprobadamente ventajosas a las condiciones del país.

El actual proyecto de creación y refuerzo de un equipo para investigación tecnológica de aplicación inmediata en una de las usinas, se debe primordialmente a algunos fracasos en la transferencia de tecnologías del extranjero. A pesar de los esfuerzos que la empresa hace en este sentido, siempre habrá necesidad de recibir cooperación técnica internacional, especialmente para la fabricación de nuevos productos. Para crear un mecanismo propio de investigación tecnológica en la usina, esa empresa contrató a una empresa extranjera para que planifique la organización del departamento de investigaciones, y ha solicitado a centros de investigación como Battelle, BISRA e IRSID, que se dé capacitación a técnicos cuidadosamente seleccionados para realizar el proyecto presentado por la empresa contratada.

Finalmente, como un paso hacia una mayor colaboración de la industria brasileña en materia de transferencia de tecnología, una empresa productora de aceros especiales ha sugerido que se cree servicio de coordinación de las empresas brasileñas que se encargarían de prestar asistencia técnica a las demás usinas.

Capítulo VI

OTROS PROBLEMAS

1. La importación de tecnología o su creación local

Al parecer en el Brasil no existen limitaciones para que la industria siderúrgica importe conocimientos técnicos extranjeros. Con el fin de asegurar la posibilidad de convertir moneda nacional en divisas para cubrir los pagos respectivos, la empresa debe registrar sus contratos en el Banco Central del Brasil. Esta institución no hace ningún estudio de la relación costo-beneficio de la operación ni de la posibilidad de sustituir el aporte técnico extranjero que se desea contratar por el nacional. En consecuencia, la decisión a este respecto corresponde exclusivamente a las empresas brasileñas que desean utilizarla.

El desarrollo de la industria siderúrgica brasileña, que ya cuenta con 12 plantas integradas y más de 19 semintegradas que en 1969 produjeron más de 4 500 000 toneladas de acero en lingotes, deriva del apreciable caudal de experiencia en materia de conocimiento tecnológico.

En caso de necesidad podría prescindirse de gran parte de la asistencia técnica extranjera contratada en la actualidad sin riesgo de gran perjuicio.

Pero esto es válido solamente respecto de los procesos que se aplican hace tiempo en las industrias correspondientes de los países industrialmente más avanzados. Los procesos más modernos parecen revestir interés para la industria brasileña, ya que su conocimiento se ha divulgado poco entre la industria en general y, además, a menudo se encuentran aún amparados por patentes. Evidentemente, en estos casos resulta preferible adquirir el conocimiento técnico de quien lo tiene, y evitar la concentración de esfuerzos en descubrir lo ya conocido. Por otra parte, en opinión de varios industriales, la nueva tecnología raras veces se transfiere lista para su uso por el tenedor de las patentes, sino que debe ser adaptada a las condiciones específicas de la usina y del país. Esta tarea de adaptación de las nuevas tecnologías a las condiciones locales es un trabajo científico-técnico complejo, y su realización abre un campo importante de actividades para los /profesionales nacionales

profesionales nacionales, exigiendo un esfuerzo para su capacitación al nivel más alto posible. Es lo que están haciendo varias industrias siderúrgicas brasileñas.

Sin embargo, cabe señalar que el conocimiento tecnológico que existe en el Brasil en la actualidad, como el que se está formando por la capacitación y especialización intensiva de muchos profesionales, no está institucionalizado, sino que los técnicos están distribuidos en gran número de empresas siderúrgicas.

En cierta medida, COBRAPI constituye una excepción, ya que esta empresa está formada sobre la base de parte del personal técnico de Volta Redonda, contando así con un equipo capacitado para asumir la responsabilidad del estudio de todos los detalles inherentes a la construcción de una usina siderúrgica nueva, partiendo de un plano general de la disposición de la planta. A fin de completar la planificación de una empresa nueva, habría necesidad de formar un grupo que se hiciera cargo de los estudios preliminares, la planificación general y los estudios de viabilidad técnicoeconómica del proyecto. El mismo grupo, u otro, debería encargarse de la contratación del equipo. Cabe recordar que la experiencia brasileña indica la conveniencia de contar con algo de asistencia técnica externa para: a) asegurar que el programa de producción se ajuste a criterios económicos - tanto en volumen como en diversidad - y no a las ideas preconcebidas que pueda tener el grupo de promotores; b) contrarrestar en lo posible las presiones políticas respecto de la ubicación de la planta, y c) cooperar en la selección de los proveedores de los equipos, ya que una firma consultora experimentada conoce mejor las distintas posibilidades de la oferta en el vasto mercado mundial de estas máquinas en un momento dado.

En la aplicación de innovaciones recientes a la industria brasileña se constata una total falta de organización de la investigación centralizada, y es de lamentar la inactividad del Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo en los últimos años, después de un período lleno de iniciativas y de trabajos importantes, hace unos dos decenios. Allí se realizaron los estudios y experiencias que llevaron al uso del proceso de sinterización en Monlevade en 1948, y después se hizo la gran cantidad de estudios sobre fabricación de pellets, aprovechados por la Compañía Vale do Rio Doce, que

/iniciará en

iniciará en breve su producción. Hay muchos problemas de este tipo, cuyo estudio debería concentrarse en institutos de investigación siderúrgica que cuenten con buenos equipos, especialistas y técnicos calificados para cumplir con los requisitos mínimos indispensables para la buena marcha de un instituto de investigación técnica. Debe estimularse el análisis con participación de profesionales especializados en los diferentes campos de actividad.

En el caso del Brasil, cabe citar entre esos problemas el de los combustibles para altos hornos y la posible fabricación y aplicación de pellets prerreducidos. A propósito del primero de estos problemas, en otras secciones del presente trabajo se citan los esfuerzos que están realizando algunas industrias para resolverlos mediante investigaciones y estudios encomendados al propio personal de la usina.

No procede examinar en el presente trabajo los problemas de las instituciones como el IPT, ni las dificultades que encuentran para asumir un rol más dinámico en el desarrollo de la industria pero a primera vista parece que uno de los principales obstáculos que encuentran es la dificultad, como instituciones estatales, para competir con las remuneraciones que la industria paga a sus técnicos. A causa de su constante expansión, en la industria hay tal demanda de ingenieros metalúrgicos y de otros profesionales de la investigación siderúrgica, que a los institutos les resulta casi imposible retenerlos.

Por esta razón, en las propias usinas se están realizando muchos estudios y experiencias sobre los procesos en uso a fin de mejorar la operación, en circunstancias que habría sido mejor centralizarlos en algún instituto tecnológico. Pero no existiendo prácticamente ese tipo de instituciones, las empresas y su personal técnico realizan investigaciones por sí mismos, probablemente con abundante duplicación de esfuerzos y mayores costos pero con buenos resultados en general. Se estima que el personal de las plantas puede resolver la mayoría de este tipo de problemas, sin ayuda del exterior, salvo algunas excepciones que se mencionarán más adelante. En este tipo de trabajo se constata con frecuencia el alto grado de intercambio que existe entre las empresas. Este intercambio se origina generalmente en iniciativas del personal técnico de operación, las que después son autorizadas por las direcciones. La transferencia de conocimientos

/sobre el

sobre el progreso tecnológico operacional es el resultado de reuniones periódicas de profesionales, como los congresos de la AEM y otros, aparte de visitas ocasionales a otras plantas. Puede decirse que toda iniciativa para estimular las reuniones, el planteamiento de problemas y las discusiones sobre materias relativas a la operación, ha de redundar en importantes beneficios para la industria en general.

Para introducir los avances tecnológicos más recientes en la operación de los equipos de la industria, la necesidad del aporte técnico externo se limita a los problemas a cuyo respecto no existe experiencia previa en el país y también, por supuesto, a los patentados, como la acería L.D., aunque también en este campo los técnicos de las plantas han introducido una gran cantidad de mejoras de detalle. En los casos en que pueda prescindirse de la experiencia extranjera para hacer ciertas modificaciones, las empresas que han celebrado un contrato de asistencia técnica general, hacen las consultas técnicas correspondientes antes de iniciar la investigación y la experimentación en sus instalaciones.

Finalmente, respecto de la fabricación en el Brasil de nuevos productos, cabe recordar que por lo general, los desarrollan los sistemas de investigación de las grandes compañías productoras de acero en laboratorios dedicados exclusivamente a este fin o en las propias usinas. Esto porque el mercado para esta clase de productos es limitado y los inventores desean asegurarse el mayor beneficio durante el mayor tiempo posible. En consecuencia, no cabe pensar en la organización de investigaciones conjuntas para desarrollar un nuevo producto, tanto en el Brasil como en los países más avanzados, por lo que este campo no parece muy promisorio para un instituto tecnológico siderúrgico brasileño.

En cuanto al desarrollo de la técnica para fabricar algunos productos especiales en la industria siderúrgica del Brasil, se han logrado algunos éxitos respecto de la tecnología autónoma, pero a menudo, después de hecho este trabajo, la empresa ha recurrido a la asistencia técnica de algún productor extranjero experimentado a causa de los bajos rendimientos obtenidos.

/Como resumen,

Como resumen, puede constatarse que desde la puesta en marcha de Monlevade, en 1937, se acumulan gradualmente en el país los conocimientos tecnológicos siderúrgicos: en cuanto a la planificación de las plantas primero, a continuación en cuanto a las innovaciones y el mejoramiento del control de calidad y de la operación de todo el proceso productivo, y más recientemente por la experiencia adquirida en la fabricación de productos especiales. Los conocimientos adquiridos por el personal técnico y administrativo de las empresas tiende a aumentar con la capacitación y el perfeccionamiento más acentuados a medida que pasa el tiempo y aumenta la cantidad de profesionales brasileños que han gozado de becas de perfeccionamiento en las industrias o en los institutos de investigación tecnológica de los países más adelantados o en ambos. La capacitación de los profesionales nacionales tal vez constituya el instrumento más adecuado para la transferencia de la tecnología desde el exterior, y todo indica la conveniencia de usarlo cada vez más, como lo hacen en la actualidad algunas empresas. Las industrias seguirán usando otras modalidades de transferencia (contratación de consultores y expertos individuales, adquisición de licencias y patentes, y, finalmente, la asesoría para el montaje y la puesta en marcha de equipos) por muchos años, probablemente en mayor escala que la realmente necesaria, por el deseo comprensible de los directorios de contar con mayor apoyo tecnológico para tomar resoluciones que representan inversiones nuevas o que pueden redundar en pérdidas de tiempo y materiales. Se observa, en consecuencia, un vacío en lo que respecta a algunas investigaciones tecnológicas que interesan a varias usinas y que podrían realizarse conjuntamente. Este sería el conjunto de investigaciones que correspondería a los institutos de investigación, y al estimularlas debe recordarse que el nivel tecnológico de los profesionales de ese instituto debe ir creciendo en mayor medida que el perfeccionamiento de los técnicos de la industria que han de ser los clientes del instituto. Dado el dinamismo de la mayoría de las industrias en cuanto a la elevación del nivel tecnológico de sus profesionales, el problema de la organización de un instituto que pueda encabezar, como lo hizo el IPT en el pasado, el movimiento de perfeccionamiento tecnológico de la industria siderúrgica en el Brasil, resulta cada vez más complicado y se dificultará más aún con el tiempo.

2. Factores que determinan la propensión a innovar

Durante el trabajo sobre el terreno realizado a fin de preparar este capítulo de las muchas usinas visitadas se seleccionaron diez plantas con capacidad suficiente para permitir evaluar la sensibilidad de las empresas ante las innovaciones tecnológicas que han surgido recientemente en el mundo. Dadas las características de la industria siderúrgica brasileña, esta muestra de diez plantas no es homogénea, ya que incluye usinas construidas hace 35 años junto a otras que aún no tienen dos años de operación. En la muestra figuran seis plantas integradas y cuatro semintegradas; tres de las diez usinas producen fundamentalmente laminados planos, mientras que, del resto, algunas se dedican exclusivamente a la producción de aceros especiales y las otras a fabricar barras y perfiles de acero común junto con algunos aceros especiales.

La heterogeneidad de la muestra, o, mejor dicho, el pequeño número de plantas que podía agruparse en cada caso, no permitió emplear en la investigación de los factores que determinan la propensión a innovar el método que habría dado los resultados más positivos, es decir, tomar una a una las principales innovaciones tecnológicas y examinar en cada usina la posición en que ella se encuentra. Habría que haber buscado respuesta a preguntas como, por ejemplo: en el caso del mejoramiento de la granulometría de la carga del alto horno, de dónde surgió la iniciativa para imponerla en las industrias? Cuál fue la actitud de los empresarios? Cuál la del personal técnico de la usina? Se ha llegado a la perfección en cuanto a este mejoramiento o se está todavía en una etapa preliminar o intermedia? Lo mismo cabría hacer al investigar la situación de innovaciones más complejas que pueden requerir inversiones importantes como el empleo de sinter, de oxígeno, etc.

En estas condiciones, se optó por hacer una apreciación subjetiva general de la actitud de las empresas frente al progreso tecnológico de la industria. Tal apreciación no pretende ser precisa. En efecto, existen plantas en que la operación de algunos de los departamentos productivos ha sido llevada al límite de la eficiencia, de acuerdo con las prácticas más modernas, mientras que en la misma usina existen otros departamentos

, /que han

que han quedado relativamente rezagados. En esos casos se ha tratado de apreciar la situación del promedio de la empresa, y así se han formado tres categorías de industrias frente al problema del avance tecnológico: a) industrias en que permanentemente se estudian los progresos tecnológicos que se registran en el mundo y se trata de aplicarlos. A estas industrias se las ha designado como plantas con extrema agresividad tecnológica; b) industrias que se mantienen al día en cuanto al progreso de la siderurgia, pero hay cierto retraso en la aplicación de algunas de las innovaciones, aunque puedan estar muy adelantadas en relación con algunos problemas específicos. Se las ha agrupado bajo la designación "progresistas"; y, finalmente, c) empresas que mantienen una actitud conservadora y, antes de adoptar algunas de las innovaciones, esperan que éstas se hayan generalizado lo suficiente como para ofrecer la seguridad de que no habrá dificultades o fracasos.

Varios son los factores cuya influencia sobre la propensión a innovar puede examinarse a través de la muestra de que se dispone. Entre ellos cabe citar: actitud de las plantas que cuentan con inversiones extranjeras en comparación con las que son exclusivamente nacionales; la competencia por el mercado frente a la relativa posición monopólica; la actitud del personal técnico de la usina, y, finalmente, la actitud de los directorios.

En los párrafos siguientes se harán algunas observaciones sobre la influencia de estos factores en la propensión a innovar sobre la base de las informaciones obtenidas, y de las observaciones efectuadas durante las visitas.

3. Influencia de las inversiones extranjeras

En el cuadro 9, figuran las empresas de la muestra, según su línea predominante de producción, separando las dedicadas de preferencia a la producción de aceros comunes de las que se dedican más bien o solamente a la fabricación de aceros especiales, y según el origen del capital. Salvo una de las usinas que cuentan con inversiones extranjeras, en la que el dinero foráneo representa el 70% de las acciones, en las demás el capital extranjero es minoritario, llegando en una industria solamente al 3% de las acciones.

/Cuadro 9

Cuadro 9

BRASIL: CLASIFICACION DE LAS SIDERURGICAS DE LA MUESTRA
SEGUN SU PROPENSION A INNOVAR

Tipos de empresas	muy agresivas a/	progresistas b/	conservadoras c/
<u>Empresas con capital extranjero</u>			
Productoras de aceros comunes	2	--	--
Productoras de aceros especiales	2	--	--
<u>Empresas con capital nacional</u>			
Productoras de aceros comunes	--	3	1
Productoras de aceros especiales	2	--	--

- a/ Empresas que continuamente estudian los progresos tecnológicos que se producen en la industria mundial y que tratan de aplicarlos a la brevedad.
- b/ Empresas que se mantienen al día en cuanto a las innovaciones que aparecen, pero que las aplican con algún retraso.
- c/ Empresas que mantienen una actitud conservadora y esperan, antes de adoptar algunas innovaciones, a que éstas se hayan generalizado lo suficiente como para precaver posibles dificultades y fracasos.

A pesar de las imperfecciones que, indudablemente, tiene este método de análisis, salta a la vista la ventaja que en materia de innovación tecnológica tienen las empresas cuya construcción se debe a la iniciativa extranjera y en las que se conserva alguna participación foránea en el capital. En efecto, las cuatro empresas que se encuentran en este caso aparecen en la columna de las "muy agresivas", mientras que de las seis pertenecientes exclusivamente a capitales nacionales sólo dos se hallan en esta situación, encontrándose la mayoría en las dos categorías en que el progreso se aplica con algún retraso.

/Examinando las

Examinando las causas de esta diferencia, se concluye que hay dos razones posibles: i) mayor rapidez en la transmisión de los progresos tecnológicos por las empresas matrices en los casos en que influyan sobre los métodos de operación, y ii) mayor facilidad para convencer al directorio local de la factibilidad y beneficio de una reforma, si la información original ha sido sugerida, e incluso avalada, en cierto grado, por la firma matriz. Tres de las cuatro usinas que cuentan con inversiones extranjeras cuentan con un mecanismo de transmisión automática de la información sobre las investigaciones y progresos que realizan sus matrices en el extranjero. Aunque en la cuarta no se trató explícitamente el punto, se presume que allí también ocurre lo mismo. Cabe señalar que, salvo contadísimas excepciones, el progreso de la tecnología siderúrgica mundial se verifica en las propias plantas productoras y no en institutos de investigación tecnológica. Es posible que algunas de las innovaciones surjan en los laboratorios de investigación que mantienen las industrias más progresistas, pero inevitablemente su adaptación a la práctica (development work) se realiza, si resulta necesario, en plantas pilotos. Aun en este caso, la etapa final es siempre la aplicación industrial en escala reducida. La evolución, desde la primera experiencia hasta la aceptación plena en la industria, tiene un ritmo que varía según el valor de la relación costo-beneficio de la operación, la complejidad del proceso, y, finalmente, la flexibilidad y seguridad de obtención de las especificaciones de calidad establecidas para el producto final. Cabe señalar que el criterio usado para determinar la propensión a innovar de las empresas que figuran en la muestra sólo consideró como agresivas aquellas en que el lapso transcurrido entre la divulgación de una nueva tecnología y su adopción en la usina brasileña es corto. En otros términos, se han considerado como agresivas las empresas que, dentro de sus medios, marcha cerca de las fronteras del conocimiento tecnológico mundial.

Todas las empresas extranjeras que tienen filiales en el Brasil operan en mercados altamente competitivos, y para ellas es cuestión de supervivencia mantenerse al día respecto de todos los procesos e innovaciones que desarrollan sus competidores en los mercados mundiales. Si esta información se transmite inmediatamente a la usina brasileña, en lo

/posible adaptada

posible adaptada debidamente a las condiciones locales, ésta cuenta con una apreciable ventaja de tiempo respecto de sus competidoras que tienen que obtener por sus propios medios el conocimiento de lo que está ocurriendo en una planta determinada en un país distante o esperar que se los ofrezca la firma con la cual tienen un contrato de asesoría general. Esto es válido solamente si se cumplen dos condiciones: i) que el contrato general de asistencia técnica firmado con una firma consultora extranjera obligue a ésta a informar inmediatamente a su cliente del surgimiento de alguna innovación, sin considerar si el consultor la recomienda o no; esta situación figura en pocos contratos, y ii) que la firma consultora cuente con una organización lo suficientemente amplia para poder prestar este servicio, lo que, como se verá, parece muy dudoso.

El mecanismo más frecuente para la divulgación de nuevas prácticas - si la usina que las creó no desea conservarlas como secreto - son las revistas y las conferencias técnicas periódicas de toda índole en las que los profesionales que participaron en la creación del nuevo avance exponen los resultados de su trabajo. Como es fácilmente comprensible, en la mayoría de los casos este proceso requiere período de un año por lo menos desde la puesta a punto de la innovación hasta su divulgación. Y aun así siempre se recibirá la información con cautela. Debe tenerse en cuenta que los consultores dedicados a las actividades de planificación de industrias o de sus ampliaciones necesitan garantizar a sus clientes que las instalaciones recomendadas son las más adecuadas, por lo que tienden a indicar solamente procesos usados eficazmente durante varios años y en varias usinas.

El grado de agresividad en materia de tecnología seguramente varía de una firma consultora a otra, y, dentro de las mismas, de un departamento o proceso productivo a otro.

De lo expuesto se deduce la conveniencia de que las plantas que clasificadas como menos al día en su progreso tecnológico revisen los contratos que tienen con sus consultores generales y agreguen cláusulas para la prestación del servicio descrito, si los consultores se encuentran en situación de suministrarlo. Otra explicación posible de la mayor eficacia de la transferencia de tecnología a las plantas que tienen inversión extranjera resulta más evidente y más fácil de explicar. Supongamos que los
/técnicos de

técnicos de la casa matriz toman conocimiento de algún nuevo desarrollo en una industria del extranjero. Aparte de estudiarlo para la posible aplicación en su propia planta, envían la información a la filial brasileña, donde la administración, después de un estudio somero, la transmite al personal técnico. Si reviste interés, éste estudia la posibilidad de adaptar la innovación a los procesos en uso, y, por intermedio de la administración o directamente, según sea el caso, mandan el resultado de su trabajo a la casa matriz. Si las ideas de los técnicos brasileños son acogidas favorablemente, vuelven a la administración de la usina local con la debida aprobación de la matriz.

El aval técnico de la matriz resulta mucho más difícil de ignorar que la proposición de una firma consultora o de un técnico local, especialmente cuando la aprobación viene acompañada de instrucciones específicas de ponerla en práctica en el plazo más breve posible.

4. Influencia de la competencia por los mercados

En los últimos años, el mercado de acero del Brasil ha sido altamente competitivo. En el cuadro 10 figuran cifras relativas a la evolución del abastecimiento de productos siderúrgicos del país, distinguiendo entre los laminados planos y los no planos. Las importaciones netas de los no planos han descendido de un 35 % del consumo aparente en 1951 a una cifra entre el 10 y el 11 % en los últimos años. Cabe señalar que parte de los productos importados está formada por aceros especiales en cuanto a dimensiones, formas o composición química, que la industria brasileña aún no produce, y que otra parte corresponde a importaciones de aceros comunes para las zonas muy alejadas de los centros productores, zonas que los fletes internos para cubrir las enormes distancias no permiten suplir desde dichos centros. Las cifras del cuadro 10 señalan que ha habido pequeñas exportaciones de no planos desde la parte central del país. A partir de 1964, la situación comenzó a agravarse en lo que se refiere al abastecimiento de productos planos. En 1965 y 1967 las exportaciones sobrepasan el total de las importaciones, de modo que de un 37.5 % del consumo aparente que se importaba en 1951, se ha llegado a una exportación neta cercana al 5 %. El volumen actual de importaciones de laminados no planos está formado por aquellos que aún no se producen en el país o para suplir obras de infraestructura que la industria siderúrgica brasileña no está en condiciones de atender a corto plazo.

Cuadro 10

BRASIL: ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DE ACERO LAMINADOS

Año	Laminados no planos				Laminados planos			
	Produc- ción	Impor- tación	Expor- tación	% de impor- taciones netas a/	Produc- ción	Impor- tación	Expor- tación	% de im- porta- ciones netas a/
1951	433	237	- -	35	249	150	- -	37.5
1953	505	97	- -	16.2	290	115	- -	28.5
1955	519	212	12	28	413	133	- -	24.5
1957	667	225	3	25.0	463	170	- -	27
1959	877	339	- -	28	615	168	- -	21.5
1961	941	175	8	15	880	159	- -	15.3
1963	1 176	188	- -	13.8	1 041	288	- -	21.7
1965	1 074	132	16	9.8	1 074	124	154 b/	(- 3)
1967	1 403	178	20	11	1 428	161	234 b/	(- 5.4)
1969	1 993	233	47	8.5	1 977	231	256 b/	(- 1.3)

Fuente: CEPAL, basada en las estadísticas del comercio exterior del Brasil y de informaciones publicadas por ILAFA.

- a/ Porcentaje del consumo aparente que representa la importación neta.
- b/ Incluye semiterminados planos exportados principalmente a Argentina.
- c/ Instituto Brasileño de Siderurgia
- d/ Incluye semiterminados destinados a la venta.

/Salvo las

Salvo las especialidades de acero, el Gobierno brasileño ha fijado los precios de los productos y en el caso del acero, los reajustes concedidos por el organismo contralor no han sido paralelos a las alzas de los principales insumos del sector siderúrgico. A pesar de ello, las industrias siderúrgicas, por la necesidad de mantener en funcionamiento sus instalaciones están obligadas a vender sus productos a precios inferiores a los autorizados.

La crisis de mercado de 1967 impulsó a las siderúrgicas a la exportación, por lo que las exportaciones de productos planos ese año representaron poco más del 16 % de la producción; pero estas ventas en el extranjero se realizaron con un considerable sacrificio de precio. A partir de 1969, el Gobierno concedió incentivos tributarios a las exportaciones de productos manufacturados, con lo que los precios de venta, además de ser altamente competitivos, son asimismo compensatorios.

Muchas empresas tienen una línea de fabricación diversificada, y algunos de sus productos no tienen competencia interna, pero por lo general estas situaciones de monopolio carecen de importancia en la facturación total, salvo en dos casos en los cuales debe abarcar aproximadamente la mitad de las ventas. De estas dos empresas, una corresponde a una inversión extranjera y es una de las industrias más activas del país en cuanto a innovaciones tecnológicas, mientras que la otra es la única empresa clasificada como conservadora en el cuadro 9. En estas condiciones, no parece posible hacer generalizaciones sobre el sector; pero, con el objeto de completar la información puede decirse que la empresa conservadora sólo está sintiendo la competencia en el 50 % de su producción, que desde 1964/1965 tiene que disputar con otras siderúrgicas, y que ya dió los pasos iniciales para poder aplicar con la mayor celeridad posible, las innovaciones que aumenten la competitividad de sus productos.

En casi todas las industrias visitadas hay gran preocupación por mejorar el control de la calidad. En la mayoría de ellas se observó que es el resultado directo de la aguda competencia que existe en el mercado interno, tanto en los aceros comunes como en los especiales. Para llevar a cabo dicho control, las empresas instalan laboratorios y capacitan al personal de técnicos al más alto nivel posible y concentran su actividad en el mejoramiento de la calidad de sus productos y en el aumento del prestigio de la usina.

/En todo

En todo sistema de modernización de procesos, el personal encargado del control de calidad tiene un papel relevante, ya que, aparte de los análisis e inspecciones indispensables, se encarga de fijar las normas para la operación adecuada de las instalaciones existentes a fin de alcanzar las especificaciones de calidad requeridas. De ahí su gran importancia en la tarea de evaluar la factibilidad de la aplicación de cualquier innovación que se pretenda implantar en las operaciones de la usina.

Puede observarse en el cuadro 9 que cuatro de las empresas que fabrican aceros especiales fueron clasificadas en el grupo de las que están atentas a las innovaciones tecnológicas, mientras que de las dedicadas a los aceros comunes solamente lo está el 33 %. La razón de esta diferencia puede radicar en el alto grado de competencia que hay en el sector de los aceros especiales o en que la fabricación de aceros especiales exige un personal técnico más especializado, en gran parte del mismo nivel requerido para el que se ocupa del control de calidad, además de requerir mayor flexibilidad y agilidad de parte del personal directivo de la usina, que debe ir adaptando su producción a la evolución de las industrias usuarias de los aceros especiales.

5. Influencia del personal técnico de las plantas

En general, el personal técnico de las usinas siderúrgicas brasileñas está muy al día respecto de las innovaciones tecnológicas que aparecen en sus respectivos campos de actividad y deseoso de aplicarlas en sus plantas. Todo arreglo institucional que se pudiese hacer para disminuir el tiempo que transcurre entre la primera aplicación exitosa en el mundo de una innovación tecnológica que pueda aplicarse en una planta en operación y su conocimiento por el personal operativo de las industrias brasileñas tendría gran utilidad. Entre los principales sistemas de divulgación pueden citarse el acceso a revistas y publicaciones, la participación en conferencias especializadas, visitas a usinas, etc. Probablemente sería muy provechoso fortalecer el sistema de conferencias y congresos técnicos periódicos al nivel operativo que ya existe, fomentando aquellas con temarios muy limitados que vayan abarcando con el correr del tiempo las distintas actividades dentro del marco de la industria siderúrgica brasileña.

/El personal

El personal operativo de la industria, en su gran mayoría, siente orgullo si la eficacia del proceso que le corresponde vigilar es satisfactoria, y si no lo es, presiona sobre los directorios para conseguir la autorización para introducir mejoras al proceso. Las medidas mencionadas en el párrafo anterior sirven para aumentar esta presión.

Sin embargo, pese a que el personal de operación conoce las mejoras posibles, no insiste en su adopción. Evidentemente, son un mínimo los casos de indolencia y en ellos sería preferible proceder a un reemplazo de los técnicos que incurren en ella. Hay casos en que se observan reticencias provocadas por la plena conciencia de que saber cómo deben hacerse las cosas no significa, automáticamente, estar capacitado para hacerlas. En estos casos lo indicado sería recurrir a un especialista, nacional o extranjero, y los empresarios no deben menospreciar a un técnico porque tuvo la franqueza de confesar sus temores; por el contrario, más acertado será apreciarlo más que al que simplemente ignora la innovación, con incalculable perjuicio económico para la empresa.

6. La influencia de los directorios

La gran mayoría de las empresas siderúrgicas brasileñas no ha contado durante los últimos años con una operación económicamente rentable a causa, por un lado, de las deudas que deben servir y las ampliaciones indispensables que deben financiar, y por el otro, de los pequeños márgenes de utilidad operativa debido, por una parte, a los desequilibrios entre los diferentes departamentos productivos, en espera de la próxima expansión, y por la otra, a los bajos precios que fijan tanto el gobierno como la aguda competencia interna. Por estas razones, muchos de los miembros de los directorios de las plantas siderúrgicas tienen una actitud de permanente cautela en cuanto a gastos y aplicación de innovaciones.

A fin de que autoricen cambios, aun en los casos en que éstos no requieran inversiones, y mucho más si las exigen, resulta indispensable convencer a los directores de las ventajas técnicoeconómicas de las innovaciones propuestas. Esta tarea se verá facilitada por una mayor preparación técnica del personal directivo. Desgraciadamente, y por razones obvias, no todos los cargos de directores los ocupan personas con experiencia

/siderúrgica previa

siderúrgica previa, sino que hay en ellos personalidades brillantes que se han destacado en el mundo de los negocios, las finanzas, la política o, simplemente, en la sociedad. Si se consideran conjuntamente la difícil situación financiera de la mayoría de las empresas y la posición necesariamente defensiva de algunos directores, no puede extrañar que los directorios constituyan, como regla general, un elemento moderador de la introducción de innovaciones tecnológicas en la industria. En la práctica, y salvo raras excepciones, solamente una fuerte y capacitada personalidad y, mejor aún, varias de ellas actuando en conjunto, ya sea entre los directores, la gerencia o la administración técnica, pueden vencer esta clase de obstáculos y orientar la actitud general de la planta hacia la mayor agresividad tecnológica posible. Es muy probable que una investigación superficial permita ubicar en las usinas que se han clasificado como agresivas a los impulsores y mantenedores de la actitud progresista. Durante las visitas realizadas a diez empresas, se comprobó la existencia de un buen número de personalidades que actúan en este sentido en una u otra empresa. Cabría mencionarlas en el presente trabajo, pero, con el objeto de aclarar lo dicho, cabe recordar la gran influencia que ejerció Louis Ensch en el progreso de la industria siderúrgica brasileña.

Anexo I

DISTRIBUCION Y DISPERSION DE LAS RESPONSABILIDADES TECNOLOGICAS EN LA
CONSTRUCCION DE UNA NUEVA INDUSTRIA SIDERURGICA 1/

1/ Basado en gran parte en el documento: La tecnología actual y los obstáculos a su incorporación en la industria siderúrgica latinoamericana; preparado por el consultor Ing. Armando P. Martijena para la secretaría de la CEPAL (documento ST/ECLA/Conf.23/L.34) de agosto de 1965.

1. Planificación, construcción y puesta en marcha de usinas nuevas

Para analizar el caso particular de la industria siderúrgica, conviene concretar las características más destacadas de la asimilación del progreso técnico externo a lo largo de todo el proceso que se cumple para efectuar las inversiones y obtener de ellas un rendimiento óptimo del trabajo. Es muy importante tener presente que la realización de inversiones no presupone siempre la incorporación de progreso técnico. El capital existe desde tiempos muy remotos y ya sirvió fines diversos, pero eso mismo prueba que si la inversión no permite modificar un estado de cosas, elevando el rendimiento del trabajo humano en una actividad dada, no puede suponerse que ha habido una elevación del nivel tecnológico.

El objetivo fundamental que en el campo económico debe perseguir la siderurgia es obtener el lingote de acero a los costos más bajos posibles. Los desarrollos deben concentrarse en objetivos de largo alcance; ello obliga a considerar en los proyectos y en las realizaciones todos los factores que actúan y pueden actuar a largo plazo y sus tendencias. Claro está que, respecto de varios factores, especialmente en aquellos en los que más influyen las situaciones cambiantes de la economía, en general no podrán hacerse pronósticos; lo que no impide analizar, evaluar y practicar otros, especialmente los que puede controlar la empresa receptora del conocimiento técnico.

Los comentarios siguientes se refieren a las características más importantes de la asistencia técnica que se materializa en una industria siderúrgica nueva, poniendo de relieve los problemas de esa transferencia y las soluciones que pueden arbitrarse para atenuar los efectos económicos negativos.

La asistencia técnica externa es una prestación onerosa, uno de muchos rubros englobados en el concepto de las inversiones, la responsabilidad de la eficiencia de esta prestación recae conjuntamente sobre ambas partes contratantes en todos los casos. La transferencia se realiza encuadrándola dentro de una serie de exigencias y condiciones que deben ser armónicas y no provocar efectos opuestos. Como esas exigencias responden a la voluntad de las partes, cabe suponer que, para obtener los mejores resultados de la

/prestación, esa

prestación, esa voluntad debe basarse en la capacidad correspondiente. Cada transferencia tiene un valor que depende de su amplitud y de su profundidad, condiciones ambas que deben ser predeterminadas, pero es al que compra a quien corresponde definir claramente lo que quiere, aceptar el justo valor de la oferta y exigir que lo que se le entregue corresponda a lo prometido.

Es la parte receptora quien deberá soportar, en medida preponderante, las consecuencias económicas resultantes de una transferencia de conocimientos técnicos. Esta es una razón más que la obliga a actuar con mucha precaución, recurriendo a todos los medios a su alcance para poner en juego la máxima eficiencia durante sus gestiones. Pero, al margen de este desequilibrio con que habitualmente se proyectan las consecuencias de una transferencia de conocimientos técnicos, no será lógico ni equitativo distribuir la responsabilidad de los resultados alcanzados en la práctica sin un análisis previo y cuidadoso del proceso cumplido.

La transferencia abarca diversas actividades que se escalonan en el tiempo: estudios de conjunto y factibilidad, proyecto general, plan de ejecución, ejecución, proyectos de detalle, construcciones y montajes, pruebas, puesta en marcha, etc. Los procedimientos utilizados para contratar la asistencia técnica son diversos y muestran diferentes grados de descentralización de la responsabilidad. En muy contados casos, si los hay, las contrataciones abarcan todos los aspectos en que es necesaria la asistencia técnica externa para proporcionar lo que podría denominarse capacitación para la operación. Hay casos en que la empresa local encomienda a una firma el estudio de conjunto, el estudio de factibilidad y el proyecto general, y, con su asesoramiento o dirección técnica o sin ellos, procede a contratar con firmas especializadas el suministro de máquinas, incluyendo la ejecución de proyectos de detalles, el montaje, la puesta en marcha y la puesta a punto de los equipos que proveen.

En otros casos, hace el estudio de conjunto y de factibilidad una firma cuya actividad termina con el informe correspondiente; una segunda firma se encarga del asesoramiento o de la dirección técnica para la ejecución de ese proyecto hasta la puesta en marcha de la planta completa y bajo su

/supervisión o

supervisión o consejo se contratan con firmas especialistas el suministro de los equipos, la ejecución de los proyectos de detalle, los montajes, la puesta en marcha y la puesta a punto del conjunto. En todos estos casos, la empresa local se encarga de las adjudicaciones de las obras y máquinas.

Otra de las formas de llevar a cabo estas actividades consiste en encomendar el proyecto a una firma especialista, mientras que la dirección técnica superior de la ejecución, desde las construcciones hasta la puesta a punto del conjunto, se adjudican a otras firmas, que actúan solidariamente.

Todo señala que los procedimientos más indicados son aquellos que conducen a la centralización de las responsabilidades a lo largo de todo el proceso en una sola firma que ejerza una verdadera dirección técnica superior desde los estudios previos hasta la puesta a punto del conjunto. La continuidad de la acción es positiva, sobre todo si el precio de la prestación se vincula, de alguna manera, a los resultados previstos de la operación. Así podrá obtenerse, por otra parte, una cotización global más conveniente que la que resultaría de la aplicación de otros procedimientos. Naturalmente, esta modalidad obligará a la empresa local a realizar una cuidadosa tarea de seguimiento y control, para lo que podrá obtener también asistencia técnica externa, ya sea en forma permanente o circunstancial. Pero la ventaja principal que derivará de tal procedimiento radica en que impedirá, si los contratos son completos, que se diluya la responsabilidad.

Cuando la asistencia técnica se encomienda a varias firmas, aunque sea escalonada en el tiempo, es imposible evitar que la responsabilidad se diluya haciendo aparecer peligrosos vacíos. Pero será difícil lograr la centralización de las responsabilidades, aun cuando la dirección técnica quede en manos de una sola firma, ya que siempre la intervención de la empresa local liberará parcialmente en medida variable, según el caso, la responsabilidad teóricamente contratada. Por esta razón, tiene particular importancia que la dirección técnica contratada intervenga y apruebe sin reservas todos los proyectos de detalle elaborados por las firmas especialistas, apruebe todas las adquisiciones que se efectúen, las pruebas de recepción de las máquinas, etc. No obstante, las características locales pueden imponer condiciones especiales a los procedimientos adoptados para contratar la transferencia de conocimientos técnicos externos, como ocurrió en el caso de Volta Redonda. Lo fundamental es que se respeten ciertos criterios básicos de planificación y ejecución de las innovaciones.

2. Criterios básicos para el proyecto, las construcciones y la puesta en marcha

La proyección y la ejecución de las innovaciones serán mejores mientras mayor sea la amplitud con que se atienda a los criterios técnicoeconómicos por los que debe regirse la fabricación de productos siderúrgicos.

La libertad de acción, debidamente fiscalizada, de que deben disponer los que asumen la obligación de aportar conocimientos técnicos, encuentra obstáculos en muchas de las realizaciones que se concretan. En algunos casos estaban definidas previamente las fuentes de abastecimiento; en otros, total o parcialmente, el tipo o el volumen de los productos que se fabricarían, los objetivos, las sucesivas etapas del desarrollo, el emplazamiento de las plantas, los procesos que se emplearían en todas o cada una de las etapas, etc.

Se comprende fácilmente que estas limitaciones establecidas a priori, son y serán totalmente arbitrarias desde el punto de vista económico, puesto que comprenden factores cuya ponderación debe resultar de la propia planificación. La imposición de esas condiciones obstaculiza seriamente el ejercicio de la responsabilidad que debe asumir quien transmite los conocimientos técnicos.

La capacidad de inversión inicial para encarar la primera etapa de una innovación determinada es un factor limitante que, habitualmente, establece a priori la empresa local; pero ciertamente tal capacidad está supeditada al escalonamiento real de las inversiones en el tiempo, a las condiciones que puedan obtenerse para las compras en el exterior, a la rentabilidad que la empresa obtenga de la operación, etc. Por ello debe quedar bien entendido entre las partes contratantes el carácter aleatorio que tiene aquella predeterminación. En realidad, lo único que debe fijarse a priori al iniciar una planificación es el capital social que podrá aportarse durante el período del proyecto, la construcción y puesta en marcha de la planta, recayendo sobre quien aporta los conocimientos técnicos la responsabilidad de las proposiciones relativas a la estructura más conveniente del capital total, a la magnitud de los créditos exteriores que cabe esperar y a la inversión que será viable en la primera etapa y eventualmente en las posteriores. Este procedimiento no se aplica normalmente.

/Es común

Es común que no se atienda en la forma debida a los criterios técnicoeconómicos a que debe ajustarse la producción siderúrgica, por no haberse establecido precisamente las obligaciones y responsabilidades de quien presta la asistencia técnica y de quien la recibe; éste es un aspecto crucial del problema. Para asegurar los mejores resultados de la asesoría técnica, es imprescindible definir y calificar precisamente lo que debe comprarse, los medios que se aplicarán oportunamente para verificar la calidad de la prestación, y establecer los resguardos indispensables para exigir la entrega de lo prometido. Indudablemente, para cumplir adecuadamente con estas exigencias, el comprador debe poseer mucha capacidad y experiencia.

Tal vez la razón fundamental de las deficiencias observadas radique en la falta de ponderación suficiente de las proyecciones económicas que tiene la aplicación de conocimientos técnicos en todas las fases que caracterizan la evolución de una empresa industrial. Desde luego que las deficiencias en la actuación de una de las partes obligarán a la otra a adoptar los resguardos que estime necesarios para ponerse a cubierto de ulteriores eventualidades.

Una vez establecida la influencia que tendrán en los rendimientos las materias primas, los procesos y las máquinas que se incorporarán, aspectos que con toda precisión debe determinar quien presta la asistencia técnica, no hay trabas para medir su significación económica en el desarrollo. Por otra parte, cabe suponer que las soluciones propiciadas deben compararse con otras posibles.

Las innovaciones deben hacerse teniendo objetivos de largo alcance. La aplicación de estos objetivos no será completa si no se atiende a las consecuencias financieras que los factores en juego tendrán sobre la evolución económica y financiera de la empresa. Es posible observar en varias realizaciones la falta de aplicación de estos objetivos de largo alcance. Se interpreta a veces que se cumple con ellos cuando quedan definidos los grandes lineamientos de las etapas posteriores de ampliación, pero a menudo basta un ligero análisis de los fundamentos en que se respaldan tales definiciones para llegar a la conclusión de que son inconsistentes y faltos de contenido real.

/Se sostiene

Se sostiene a veces que no tiene mayor sentido práctico aquellos análisis que se basan en hipótesis susceptibles de sufrir notables alteraciones con el tiempo; sin embargo, siempre será mejor realizar oportunos ajustes de aquellas previsiones que encuadrar los proyectos y las realizaciones sólo en objetivos de corto alcance.

Debe tenerse bien presente que la industria siderúrgica actúa encuadrada dentro de la industria en general, y que recibirá muy especialmente la influencia económica de aquellos sectores que son abastecedores de materias primas, materiales y servicios de diversa naturaleza. La situación de estos sectores debe ser motivo de especial análisis, no solamente en la planificación, sino también en las etapas posteriores de construcción y puesta en marcha.

No caben muchas dudas de que en la planificación preliminar, que constituye la verdadera base de un proyecto, se originan las principales fuerzas que obstaculizan el progreso tecnológico de la industria. En algunos casos los estudios no se hacen en forma completa, ni con la debida profundidad. Ocasionalmente se solicita la asistencia técnica externa, y en la mayoría de los casos para resolver aspectos parciales, sin contar con la visión indispensable del conjunto. Algunos de los proyectos ejecutados prescindieron de la realización de una planificación preliminar, ya que no puede recibir tal denominación un conjunto de informaciones superficiales y fraccionarias, suministradas a veces por personas que no tenían idoneidad suficiente.

Con estudios preliminares incompletos o sin ellos, se adoptan soluciones para el abastecimiento de materias primas, se fija la ubicación de las plantas y en algunos casos hasta se seleccionan los procesos que se aplicarán y el volumen y la diversificación de la producción final.

En la mayoría de los casos, para la preparación de los proyectos se solicitó, en cambio, mayor asistencia técnica externa. Pero, por lo ya expuesto, la transferencia de conocimientos se encuadró en bases preestablecidas, a veces arbitrariamente. En tales casos, de los errores cometidos y de las diferencias observadas no puede responsabilizarse sino en muy escasa medida a la asistencia técnica externa, salvo que al mismo tiempo se le hubiera encomendado una revisión total de lo resuelto hasta el momento, contando para ello con amplia libertad de acción.

/Es explicable,

Es explicable, pues, que como norma las firmas que toman a su cargo la responsabilidad de preparar un proyecto basen los estudios en los antecedentes que les entrega la empresa local y aclaren expresamente que si tal información se modifica, será necesario efectuar las correspondientes revisiones de los proyectos y de las soluciones propuestas.

La empresa local tendrá siempre la posibilidad de reunir los elementos de juicio indispensables para aceptar o rechazar una proposición determinada en caso de dudas, lo más conveniente será recurrir al dictamen de terceros de reconocida capacidad y prestigio.

El aporte de conocimientos técnicos se ajusta a ciertas normas fijadas en común por las firmas dedicadas a tal actividad en defensa de sus intereses. Pero si bien tales normas contienen limitaciones de diverso orden, de ninguna manera entran el ejercicio de los derechos esenciales del comprador.

3. Criterios básicos para la planificación y el proyecto general

La planificación no debe atentar contra el objetivo fundamental de la economía: concentrar los recursos en las producciones más ventajosas. Pese a ello, varias situaciones de hecho existentes, que no se ha respetado este requisito en la medida necesaria, fundamentalmente porque se han relegado las consideraciones económicas a segundo plano por haber prevalecido otros criterios, como sustituir importaciones, ayudar al desarrollo regional, asegurar posiciones anticipándose a la aparición de un mercado suficiente, o para satisfacer necesidades de defensa nacional.

Con el objeto de señalar estos puntos débiles, se mencionarán brevemente algunos:

i) Las dimensiones del mercado y las economías de escala

Las economías de escala ejercen una influencia muy marcada sobre el costo de inversión y de explotación en la industria siderúrgica. A pesar de que las relaciones entre la dimensión y la eficiencia de la inversión son muy conocidas, con pocas excepciones, las inversiones siderúrgicas del Brasil se han planificado y realizado sin tener en cuenta este factor. Muchas usinas se construyeron cuando sólo contaban con un mercado apenas suficiente para una pequeña fracción de la capacidad final programada. A fin de aliviar un tanto los efectos negativos de la falta de mercado, se procedió a construir dichas

/plantas por

plantas por etapas con capacidades muy dispares entre uno y otro de los departamentos productivos, agregando al perjuicio ocasionado por la dimensión insuficiente el lucro cesante ocasionado por las unidades sobredimensionadas al comienzo para ser utilizadas en pleno recién en las etapas finales de las expansiones previstas. Como son varias las plantas que se encuentran en esta situación y que están compitiendo por un mercado restringido, la situación descrita se ha prolongado durante un plazo excesivamente largo. Cabe señalar que aún hoy ninguna planta del Brasil tiene capacidad suficiente para satisfacer las condiciones que normalmente exigen las economías de escala en su respectivo rubro, si bien estas deficiencias tiendan a disminuir en caso de aplicarse el nuevo Plan Siderúrgico Nacional.

ii) La ubicación de la planta

Varias de las usinas brasileñas están ubicadas en lugares que no corresponden a un criterio económico. Mucho más grave es el caso de una cantidad de proyectos de nuevas usinas que se encuentran en estudio o en gestación y cuya planificación descarta, en gran medida, toda consideración económica, y en la generalidad de los casos corresponde a criterios políticos, como, por ejemplo, que casi cada uno de los estados federales aspire a contar con su propia planta siderúrgica. La ubicación ideal para toda planta de aceros comunes es el sitio en que la suma de los gastos de acopio de las materias primas más los de transporte de los productos terminados a sus respectivos mercados alcance un mínimo. Al determinar la ubicación de la planta, es frecuente olvidar que en los gastos de acopio están incidiendo la calidad, los precios y los gastos adicionales de manipulación, transporte y preparación de las materias primas. Otro error frecuente, que probablemente se debe a simple comodidad, consiste en situar las usinas en las vecindades de los centros poblados.

iii) El estudio de las materias primas

El examen de las materias primas locales no ha sido suficiente en algunos casos, por lo que la selección de los procesos de fabricación se basó en estudios fragmentarios. Dicho estudio debe ser completo, es decir, ha de abarcar minerales de hierro, manganeso, calizas, dolomitas, combustibles,

/energía eléctrica,

energía eléctrica, refractarios, agua, etc. En varios casos el estudio de las materias primas no avanzó lo suficiente para determinar las distintas posibilidades de abastecimiento y evaluarlas en relación con los factores principales del costo de producción. Mayor atención debe prestarse al precio de las materias primas mientras mayor sea la significación económica negativa que tengan ciertos factores de producción que, por su carácter, escapan al control de las empresas. Tal es el caso, por ejemplo, de las limitaciones que derivan de lo limitado del mercado y de los altos precios que alcanzan los combustibles, por lo general, en el Brasil.

iv) Relación económica entre las materias primas y los procesos aplicables

La única manera de establecer esta relación consiste en examinar detenidamente, dadas las materias primas disponibles, los procesos de fabricación aplicables y sus efectos sobre los costos. El estudio no puede referirse exclusivamente a una situación previsible de operación inicial, sino que debe proyectarse lo suficiente en el tiempo para distintos valores de la oferta, ya que al modificarse el volumen de producción anual las relaciones económicas entre los procesos y los factores de producción se alteran también. No se ha penetrado lo suficiente en amplitud y profundidad en este aspecto del análisis, que permitirá ponderar en cada caso particular el efecto de las economías de escala. Si se hubiera actuado de otra manera seguramente habría sido distinta la selección de los procesos, o por lo menos se habrían modificado los volúmenes de producción inicial de algunas usinas.

Al programarse la primera gran planta integrada primó el objetivo de utilizar carbón de producción local, a pesar de que su precio ponderado era muy superior al del importado y de que su calidad era inferior. El decidido propósito de sustituir importaciones primó en este caso sobre los criterios técnicoeconómicos. Quizá si se hubiera analizado en toda su amplitud la verdadera significación económica que tiene esta sustitución, midiendo los efectos indirectos del alza de los precios del acero sobre la industria de transformación y terminado y sobre las exportaciones potenciales de bienes manufacturados la solución adoptada habría sido otra.

/v) Economía

v) Economía de combustibles

El análisis completo de este problema abarca algunos aspectos fundamentales que no siempre se han sido tenido en cuenta al planificar las plantas; estos aspectos son: a) el rendimiento térmico de los hornos y centrales de energía eléctrica; b) el aprovechamiento de los combustibles sobrantes, y c) la conservación del calor. Sin duda que el más importante es el de la economía de energía que puede obtenerse en los hornos de producción. Pero a veces las ventajas obtenidas de la economía de combustible en la reducción de minerales se pierden por el bajo rendimiento en lingote de acero de los laminadores. Interesa pues considerar las economías a lo largo de todo el proceso. Así será posible medir los efectos que sobre estas economías tienen los adelantos tecnológicos aplicados por la siderurgia moderna (preparación de las materias primas, uso de oxígeno en la reducción de minerales y a fino, utilización de cucharas de colada cubiertas, aprovechamiento del calor de los lingotes de acero, producción de vapor de alta presión, etc.).

vi) Elección de los productos que se fabricarán

Parece no haberse ponderado adecuadamente la enorme ventaja económica que deriva de la especialización de los trenes laminadores. Al especializarse cada vez más los equipos laminadores se reduce el número de tipos de laminados que pueden fabricar. Esta es la consecuencia de los esfuerzos realizados para obtener mayores economías de mano de obra, combustibles, etc., ya que ellos condujeron a aumentar el tamaño y el peso de los productos en proceso (lingotes, tochos, etc.). Una tendencia pronunciada a aumentar la diversificación de la producción de laminados obligará a operar los trenes a un ritmo muy inferior a su capacidad máxima de producción. Resulta necesario recordar que las dimensiones de todo tren están determinadas por las medidas máximas del producto que se desea obtener, y que la producción óptima del mismo depende a su vez de aquellas medidas.

/vii) El proyecto

vii) El proyecto general y las previsiones para su ejecución

Realizado el estudio de conjunto y determinada, como consecuencia, la factibilidad económica del proyecto, se inicia la fase del proyecto general. Un aspecto de éste que reviste particular interés y que a menudo no se estudia con suficiente detalle es el que puede denominarse "plan de ejecución del proyecto". Tal plan comprende todas las previsiones necesarias para efectuar ordenadamente las construcciones y montajes y para capacitar la mano de obra para obtener el mejor rendimiento posible de las inversiones.

Cuando se inicia la fase ejecutiva de un proyecto se produce habitualmente una descentralización de responsabilidades, puesto que la empresa local asume tareas directivas ejecutivas que resta la asistencia técnica externa. La dilución de responsabilidades es común, y su importancia y consecuencia dependerán en gran medida de la amplitud con que la empresa local actúe en las tareas ejecutivas y de los procedimientos que se adopten. Uno de los efectos más comunes es la falta de previsiones completas en el plan de ejecución del proyecto.

Ejemplos palpables de las deficiencias en los planes de ejecución pueden observarse en los errores que se cometen al estimar los gastos de preproducción, sobre los montos que demandarán las inversiones locales, en los defectos que muestran las estructuras orgánicas de las empresas, etc.

Se ha dado el caso de ejecuciones que requirieron más de 7 años, contados a partir del momento que se terminó el proyecto general de las obras e instalaciones, hasta iniciar la puesta en marcha escalonada de los centros productores.

viii) Estudio de la evolución económica y financiera de la empresa

Habitualmente, el estudio y ponderación de todos los factores que componen el costo de operación de una empresa no se hacen en forma completa. Además, estos estudios no se extienden lo suficiente en el tiempo, lo que impide obtener una visión clara de la probable evolución económica y financiera. Deberá elevarse notablemente el nivel tecnológico de las ciencias administrativas, así como su aplicación a la industria siderúrgica. Ellas

/proporcionan una

proporcionan una orientación suficientemente fundada para encauzar la acción y proporcionan instrumentos eficaces para alcanzar determinados objetivos. A pesar de ello, los proyectos no penetran suficientemente en el cálculo de los costos totales de operación, para lo cual será necesario previamente estudiar y definir las estructuras orgánicas de toda la empresa, analizar las características y organización de los mercados, etc.

El cálculo detenido y fundado de los gastos de reproducción y de los gastos y estructura de administración y de ventas es ocasional. Tampoco merecen atención especial la determinación de la política que conviene aplicar a las amortizaciones para la integración del capital accionario, para la constitución de las reservas y para fijar los precios de venta; la determinación de los efectos que tendrán en el tiempo las amortizaciones, los créditos a largo plazo y los intereses; el estudio de los créditos necesarios para la operación, etc. Las necesidades de capital circulante se determinan a veces mediante groseras aproximaciones, que no entran en un estudio detenido, conforme a las condiciones locales, del monto que pueden alcanzar los distintos rubros del activo y del pasivo. La ausencia de un verdadero estudio de la evolución económica y financiera de las empresas durante un plazo prudencial, plazo que debería extenderse lo suficiente para poder evaluar los problemas que se enfrentarán por lo menos hasta alcanzar una eficiencia operativa normal, constituye una seria omisión.

ix) Algunos problemas tecnológicos de la ejecución de los proyectos

Ciertas deficiencias de los proyectos producen interferencias durante su ejecución. Las tareas de construcción y montaje imponen exigencias muy severas a la dirección de las empresas locales, aun cuando cuenten con el respaldo que significa la dirección técnica ejercida por una empresa extranjera especializada. En la práctica no siempre se ejerce una verdadera dirección técnica. Si las funciones y responsabilidades no se han definido lo suficiente, es común que la firma extranjera tienda a ejercer simplemente funciones de asesoramiento, debiendo la empresa local cubrir los vacíos de dirección que se originan, con el consiguiente traspaso de responsabilidades.

/A veces

A veces el deseo de economizar divisas o la reserva de ciertas facultades directivas ejecutivas, sobre todo en lo relacionado con la dirección de la mano de obra local y con las actividades netamente administrativas, ocasiona una descentralización en el aspecto ejecutivo de la dirección técnica que contribuye a diluir responsabilidades. Si la asistencia técnica externa se limita únicamente a cumplir una actividad de asesoramiento porque la empresa local se reserva el ejercicio de las facultades ejecutivas, con mayor razón será necesario determinar los aspectos que abarca ese asesoramiento.

Durante la ejecución de las obras y montajes intervienen habitualmente varias empresas proveedoras especializadas. Tiene gran importancia contar con la colaboración efectiva de la asistencia técnica externa para especificar las máquinas a adquirir, para controlar su fabricación, para su recepción y para las pruebas de funcionamiento. El proyecto de detalle de las obras civiles de infraestructura para las máquinas e instalaciones fijas, para edificios, etc., entraña tareas que deben distribuirse y armonizarse cuidadosamente para evitar interferencias, pérdidas de tiempo y falta de control oportuno.

Habitualmente las firmas proveedoras asumen la responsabilidad del montaje y puesta en marcha de las máquinas. Casi todas las dificultades que se producen a este respecto se deben a omisiones en las especificaciones y/o en las condiciones bajo las cuales deben realizarse las pruebas de recepción. Por ello es que resulta sumamente necesario contar con la colaboración responsable de la asistencia técnica externa desde la fase inicial.

x) Algunos problemas tecnológicos de la puesta en marcha

Con objeto de evitar que la acumulación de estos problemas pueda superar la capacidad ejecutiva de la mano de obra o provocar ociosidades muy onerosas, es común planear la terminación de las tareas de montaje de manera que los departamentos productores entren gradualmente en actividad. Un desfase razonable en el tiempo, que puede ser de dos meses o más, permite superar más fácilmente los inconvenientes de la prueba de las máquinas y la puesta en marcha.

/A veces

A veces se subestimó la importancia vital que tienen el personal y los medios de mantenimiento, sobre todo en aquellas plantas que se encuentran alejadas de centros poblados suficientemente industrializados. La capacitación de este personal y la dotación adecuada de medios es una tarea que muy a menudo se descuida durante la preparación y la ejecución de los proyectos, precisamente por una falla en la ponderación que la asistencia técnica externa hace de las condiciones locales. Generalmente la puesta en marcha exige una participación intensa del personal de mantenimiento hasta que las máquinas son puestas a punto. Las fallas de este personal durante las tareas de puesta en marcha y la falta de suficientes máquinas y equipos de mantenimiento obliga a soluciones de emergencia, siempre onerosas y perjudiciales.

Contribuye a agravar este panorama la constitución de reservas inadecuadas e insuficientes de repuestos. Por tal causa, una usina se vió obligada a paralizar temporalmente la actividad del departamento productivo. La asistencia técnica externa generalmente encuentra dificultades para fijar adecuadamente las reservas. El desconocimiento de las condiciones locales y la conciencia de las consecuencias que derivarán de la falta de previsión lo inducen a fijar cifras máximas. Esto habitualmente provoca la reacción de la empresa local, quien efectúa los ajustes que estima necesarios con el consiguiente traslado de responsabilidades. El hecho de concentrar la atención preferentemente en el rendimiento de las máquinas, equipos e instalaciones, medido por las unidades físicas producidas, mueve a veces a descuidar otros aspectos que, en conjunto, califican la eficiencia de la actividad industrial. Generalmente, la asistencia técnica externa se dedica a mantener ese rendimiento, sin considerar las necesidades en lo que respecta a factores de operación.