

LC76-1368 C2

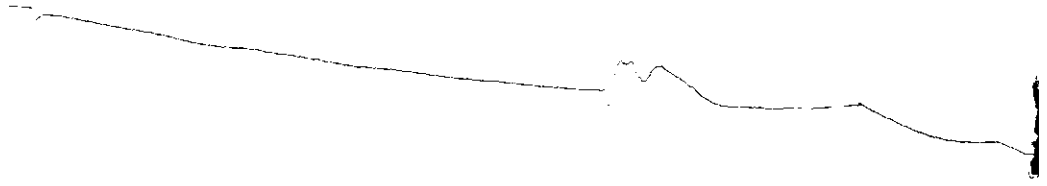
ESTUDIOS Y PUBLICACIONES DE LA CEPAL

40

**LA INDUSTRIA SIDERURGICA
LATINOAMERICANA:
Tendencias y Potencial**



NACIONES UNIDAS



Para Eduardo Gama, agrade-
ciéndole su participación para
que se me encargara este estudio,
con el afecto de

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a horizontal line at the bottom.

Ambsp. Febrero 1985



ESTUDIOS e INFORMES de la CEPAL

**LA INDUSTRIA SIDERURGICA
LATINOAMERICANA:
Tendencias y Potencial**



Preparado con la colaboración del Instituto de Planificación
Económica y Social (IPEA) del Brasil.



NACIONES UNIDAS

Santiago de Chile, 1984

LC/G.1328
Diciembre de 1984

Este estudio fue preparado para la Oficina de la CEPAL en Brasilia por el consultor señor Sergio Merino Cisternas, en virtud del Convenio IPEA/CEPAL y en el marco del Proyecto "Estudios sobre el Sector Siderúrgico". Las opiniones expresadas en este trabajo son de la exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS

Número de venta: S.84.II.G.15

INDICE

INTRODUCCION	1
RESUMEN Y CONCLUSIONES	3
1. Las Tendencias del Comercio Internacional	3
2. La Oferta y Demanda en América Latina	4
3. Indicadores Comparativos de la Evolución Tecnológica ...	6
4. Generación y adaptación de Tecnología	8
5. El Potencial de Recursos	10
CAPITULO I: EL COMERCIO MUNDIAL Y LAS PERSPECTIVAS LATINOAMERICANAS	
1. Flujos Internacionales del Comercio Siderúrgico	15
2. La Demanda y la Oferta de Acero en América Latina	24
3. Los Nuevos Proyectos en América Latina	27
3.1 - Argentina	28
3.2 - Bolivia	41
3.3 - Brasil	42
3.4 - Colombia	50
3.5 - Chile	52
3.6 - Ecuador	53
3.7 - México	54
3.8 - Paraguay	59
3.9 - Perú	59
3.10 - Venezuela	61
CAPITULO II: ASPECTOS TECNOLOGICOS	
1. Tendencias Tecnológicas en la Siderurgia Mundial	67
2. Efectos de los Actuales Cambios Tecnológicos sobre la Estructura de Producción	102
3. La Competencia del Acero con Otros Materiales	113

CAPITULO III: ASPECTOS TECNOLOGICOS DE LA SIDERURGIA EN AMERICA LATINA

1. Algunos Indicadores Comparativos	131
2. La Transferencia de Tecnología a América Latina	142
3. La Investigación Siderúrgica en Latinoamérica	154
3.1 - Brasil	156
3.2 - México	157
3.3 - Argentina	158
4. Algunas Posibilidades de Cooperación en la Investigación Siderúrgica	160
5. La Ingeniería de Proyectos Siderúrgicos	165
6. La Transferencia de Tecnología desde América Latina	171

CAPITULO IV: EL POTENCIAL DE RECURSOS EN AMERICA LATINA

1. Hierro	177
1.1 - Panorama Mundial de los Minerales de Hierro	177
1.2 - La Situación en América Latina	189
2. Carbón Mineral	232
3. Carbón Vegetal	246
4. Gas Natural	255
5. Ferroaleaciones	261

INTRODUCCION

La presente publicación es el resultado de un estudio orientado a establecer la posición de la siderurgia latinoamericana frente a los cambios que se esperan en el desarrollo de la siderurgia mundial. Fue realizado en el marco de un proyecto de investigación, dentro del Convenio IPEA/CEPAL, cuya finalidad era obtener una visión de los problemas que el sector siderúrgico latinoamericano habrá de enfrentar en el futuro.

El documento que se presenta analiza en primer lugar las tendencias del comercio internacional de los productos siderúrgicos entre las regiones del mundo tanto desde el punto de vista de la localización geográfica de la oferta como de la estructura de la demanda de los principales sectores consumidores; en ese cuadro, se enmarcan las perspectivas de oferta y demanda de América Latina dándose énfasis a un análisis de situación de los proyectos siderúrgicos en cada país.

En segundo lugar se efectúa una comparación de ciertos indicadores que inciden sobre la eficiencia de la industria tanto en términos de remuneración a los factores como de productividad del capital instalado, añadiéndose algunas consideraciones sobre ciertos factores externos, como las leyes sobre la polución del medio ambiente, que gravitan de forma importante en los costos totales de las plantas localizadas en países desarrollados.

En tercer lugar se realiza una rápida revisión de la capacidad de la siderurgia latinoamericana en adaptarse al ritmo del progreso tecnológico verificado en algunos países como Japón y, adicionalmente, desarrollar una capacidad técnica que le ha permitido mejorar las tecnologías utilizadas, incrementando así su productividad, y desarrollar el proceso HyL de reducción directa en México, proceso que se está expandiendo rápidamente entre los países que poseen recursos de gas natural. Se destaca también los esfuerzos significativos de la investigación para tratar de encontrar soluciones propias a los problemas técnicos y de recursos que enfrenta la siderurgia latinoamericana y el desarrollo de la ingeniería de proyectos que ha reducido la dependencia de países industrializados en el diseño, instalación y modificación de las plantas siderúrgicas.

En cuarto y último lugar, se presenta un panorama de la disponibilidad y uso de recursos naturales latinoamericanos para la siderurgia. Se revisan aquí la situación del mineral de hierro, del carbón mineral coquizable y de carbón vegetal, del gas natural y de las ferroaleaciones.

Este documento fue preparado en 1982 por el consultor Sergio Merino Cisternas, habiéndose realizado algunas modificaciones formales.

Se debe resaltar, finalmente, el apoyo brindado a su realización por el doctor José Teófilo Oliveira, Superintendente Adjunto del Instituto de Planeamiento (IPLAN/IPEA), el doctor Fábio de Cicco, Coordinador de Planeamiento Sectorial (CPS) y el doctor Michael Wilberg del Sector de Industria y Servicios de IPLAN. Han contribuido con valiosas informaciones y antecedentes, diversos organismos federales del Brasil, entre los cuales se destacan: el Consejo de No-Ferrosos y Siderurgia (CONSIDER) del Ministerio de Industria y Comercio, el Departamento Nacional de Producción Mineral (DNPM) del Ministerio de Minas y Energía y el Instituto Brasileño de Siderurgia. Mención especial debe hacerse al Ing. Henrique Brandão Cavalcanti, Presidente de SIDERBRAS por el amplio espíritu de cooperación mostrado y por las opiniones expresadas durante la entrevista correspondiente. También cooperaron y brindaron facilidades para el trabajo los Ings. Georges Leonardos y Sergio Fernandes de SIDERBRAS, el Ing. Benjamín Mario Baptista, Presidente de la Cia. Siderurgica Nacional y Funcionarios de CSN, USIMINAS, ACESITA, USIMEC y COBRAPI.

En el ámbito internacional contribuyeron con valiosas informaciones tanto dirigentes de las empresas siderurgicas como de diversas organizaciones públicas y privadas vinculadas al sector.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Las tendencias del Comercio Internacional

La siderurgia mundial está experimentando uno de los períodos más difíciles de su historia. Desde el comienzo de la crisis del acero en 1974, la situación no ha cesado de agravarse. Ello se evidencia por la baja utilización de la capacidad instalada, problemas financieros, desempleo, lucha por los mercados y sobre todo por el creciente proteccionismo de los países desarrollados.

Los tres grandes centros productores, que defienden sus propios mercados y tratan de conquistar el de los demás, son: Estados Unidos, la Comunidad Económica Europea y Japón. Además, han ido apareciendo, del mundo en desarrollo, algunos países exportadores como son Brasil, Corea, Sudáfrica, España y Taiwan.

Entre la década del cincuenta y la del setenta, la importancia relativa de los grandes centros productores y exportadores ha sido profundamente modificada. La Comunidad Económica Europea y Estados Unidos que representaban en conjunto el 85% de las exportaciones mundiales en 1950, disminuyeron su participación al 35% a fines de los años setenta, tomando la diferencia Japón, los otros países de Europa y en menor medida los países en desarrollo.

En el período de los últimos treinta años, Japón aparece en el mercado internacional del acero, con la industria más pujante, con tecnologías modernas y con una gran capacidad de competencia y habilidad para conquistar mercados externos. Es así como más del 30% de su producción es exportada.

El mercado interno de Estados Unidos, el mayor del mundo, se transforma en la meta de las exportaciones japonesas y europeas mientras que el mercado doméstico japonés permanece virtualmente cerrado a las importaciones. En estas circunstancias, entre el 15% y el 20% del consumo de Estados Unidos es abastecido por acero importado.

En una visión prospectiva parecería que el cambio más importante en el comercio mundial sería la participación del grupo de países en desarrollo que bajaría su relación importación/consumo de 45% a fines de los años setenta a 35% a fines de los años

ochenta. A su vez, la relación exportación/producción subiría del 15% al 22% en el mismo período. Obviamente, esto sería consecuencia de la instalación y puesta en marcha de nuevas plantas en el mundo en desarrollo que lo harían menos dependiente de las importaciones y le dejaría saldos exportables para competir en el comercio mundial.

Con respecto a la estructura de la demanda de los principales sectores consumidores, se destaca la creciente importancia del sector energía. En efecto, este sector tiene una doble ligazón con la industria siderúrgica al ser esta industria la principal consumidora de energía (para 747 millones de toneladas en 1979, la industria siderúrgica utilizó el 7% del consumo total mundial de energía) y por otra parte el sector energía tendrá, por la construcción de nuevos sistemas energéticos, una gran demanda de bienes de capital. Se estima que entre 1975 y 1990 el consumo directo o indirecto de acero de los complejos energéticos se duplicará.

2. La Oferta y Demanda en América Latina

UNIDO-CEPAL e ILAFA a principios de 1982 hicieron estudios que ubicaron la demanda de América Latina para 1990 en:

- 57.2 millones de toneladas de acero en lingotes en hipótesis conservadora (4.5 crecimiento anual);
- 63.7 millones de toneladas de acero en lingotes según hipótesis de crecimiento histórico (5.6%);
- 69.5 millones de toneladas de acero en lingotes según hipótesis optimistas (6.5%).

En cuanto a la oferta, el citado estudio considera que a la capacidad instalada en 1980 de 36 millones de toneladas/año se le agreguen nuevas capacidades de acuerdo a tres hipótesis:

- Que se realicen el 50% de los proyectos;
- Que se realicen el 70% de los proyectos;
- Que se realicen el 100% de los proyectos;

Según esas estimaciones, la suma de todos los proyectos hasta 1990 representarían una producción del orden de 54 millones de toneladas.

En las circunstancias actuales, con una crisis económica generalizada en América Latina parecería que aún la hipótesis mas pesimista tendría dificultades para ser alcanzada, pues gran parte de ellos han sido disminuídos o postergados indefinidamente.

La mayoría de los proyectos se han postergado o han cambiado su primitiva orientación por las razones siguientes:

- Desfavorable evolución de la demanda
- Incremento en los costos de instalación
- Difícil situación de financiamiento.

Un resumen de la situación por país, mostraría lo siguiente:

Argentina

Hay tres proyectos con estudio de factibilidad que están siendo ajustados y por el momento detenidos: SIDINSA para aceros planos; SIDINOX para planchas de aceros inoxidable y de aceros al silicio de grano orientado y no orientado; SIDERSUR para hierro esponja. Además están la 3ª etapa de ampliación de SOMISA que está parcialmente realizada y la de Altos Hornos de Zapla, cuya transformación de los convertidores Thomas al sistema OBM, ha sido recientemente adjudicada.

Bolivia:

El Proyecto de Mutún se ha reducido a 100 000 ton/año y se está realizando una instalación piloto para exportar minerales a Altos Hornos de Zapla.

Brasil:

A pesar de los buenos índices de productividad, el sector atraviesa por una seria crisis financiera, que ha obligado a detener o reducir los proyectos. Los vinculados a la empresa estatal SIDERBRÁS están en el estado siguiente.

C.S.N. - Tercera etapa de expansión, con rubros por terminar.

COSIPA - La acería LD, que es la parte más importante de la Etapa III del Proyecto de Expansión, ha sufrido atrasos significativos. Igual sucede con la colada continua.

USIMINAS - Tiene prácticamente terminada la Etapa III de su Proyecto de Expansión.

Aço Minas Gerais - El inicio de la producción de las unidades metalúrgicas estaba programado para después de 1983. El laminador de bloque y placas entró en fase de pruebas y entrará en operación en 1983. Los laminadores de perfiles pesados y medianos iniciarán la producción en 1984.

Tubarão - El proyecto que cuenta como socios a Finsider y Kawasaki, está a punto de terminarse.

Mendes Junior (empresa mixta) - Se han iniciado las obras civiles.

Entre los proyectos de las empresas que no pertenecen a SIDERBRÁS, destaca el de:

ACESITA - En el que está terminada la ampliación de 300 000 a 600 000 toneladas de acero bruto. Esta empresa merece mencionarse especialmente por el uso que hace de carbón vegetal, para producir aceros de alta calidad, como son los inoxidables y de grano orientado.

Colombia

Acerías Paz del Río - Se realizó la transformación de los hornos Thomas al proceso LWS, con lo que se aumentará la capacidad de producción de 300 000 a 400 000 tons. Además se ha puesto en marcha la planta de cemento.

Ferrominera - Proyecto para producir 350 000 tons de hierro esponja, ha quedado detenido.

Chile:

CAP. - El proyecto primitivo que debía llegar a un millón de toneladas, no se justifica en las condiciones actuales, por lo que está detenido. Fundamentalmente falta la colada continua de planchones, la coquería y la planta de sinter.

Ecuador:

El proyecto de ECUASIDER para una planta de 400 000 tons de reducción directa, ha alcanzado sólo la etapa de ingeniería básica.

México:

La situación económica del país hace muy difícil la realización de los proyectos. Esto sucede especialmente en el caso de la segunda etapa de ampliación de SICARTSA, la de HYLSA y los nuevos proyectos de ATLAX y PREMEX. El proyecto que seguramente seguirá adelante será el de TAMSA para tubos sin costura.

Perú:

SIDERPURU - El programa de rehabilitación que permitirá alcanzar una capacidad de producción de 600 000 toneladas entera en la etapa de las bases de las especificaciones para solicitar propuestas.

Venezuela:

SIDERZULIA - El proyecto primitivo recientemente se ha reestructurado iniciándose como una planta relaminadora de perfiles, con semiterminados importados.

3. Indicadores Comparativos de la Evolución Tecnológica

A los productores del mundo en desarrollo les resulta más fácil que antes, el aprendizaje de las nuevas tecnologías. El menor costo relativo de la mano de obra adquiere así toda su importancia, pues no queda necesariamente anulado por la ineficiencia que se produciría por el uso de tecnologías obsoletas.

La relación de salarios en US\$ por hora de la industria siderúrgica en 1978, para algunos países seleccionados sería: EEUU. 14.04; Holanda 12.01; Alemania 10.60; Japón 8.27; Brasil 2.12, lo que pone de relieve las ventajas de la región en este aspecto.

En el mundo desarrollado no se están construyendo nuevas plantas. La capacidad de producción no ha crecido ni en Japón ni en Estados Unidos, ni en la C.E.E., más en estos dos últimos ha bajado por razones de envejecimiento y obsolescencia de algunas plantas. Las pocas nuevas plantas que se han construido desde 1975 están, en general, en los países en desarrollo y por eso se espera para finales de esta década, que la participación en la producción de acero de estos países y de América Latina en particular, aumente considerablemente.

La cercanía a las fuentes de materia prima y sus precios competitivos, los menores costos de mano de obra y el fácil acceso a las nuevas tecnologías en los países en desarrollo, por una parte, y los altos salarios y las dificultades de localización en los países desarrollados, por otra, han estimulado las decisiones de política industrial de los gobiernos respectivos para instalar plantas siderúrgicas en el Este Asiático y en América Latina.

Para apreciar el estado de la siderurgia latinoamericana, en relación a los países desarrollados ha sido conveniente hacer una comparación entre algunos coeficientes técnicos, que tienen gran incidencia en los costos de producción. Para ello se ha elegido la productividad de los altos hornos y su consumo de coque y combustible ("coke rate" y "fuel rate"), apreciando que estos valores, conjuntamente con otros índices relativos a los procesos de reducción, aceración y colada continua, a los que se hace referencia mas adelante, constituyen un adecuado testimonio de la manera en que las plantas latinoamericanas han adoptado tecnologías modernas y han racionalizando sus operaciones para ser más eficientes. Los resultados de esta comparación llevarían a las conclusiones siguientes:

La productividad de los altos hornos brasileños 1 de USIMINAS y 2 de COSIPA (2.35 ton/m³-día y 2.21 ton/m³-día) estaría en el nivel medio de los altos hornos japoneses y superaría a varios de ellos.

El "coke rate" de los altos hornos brasileños USIMINAS 1 y 2 (425 kg/ton) estarían también en el nivel medio de los altos hornos japoneses.

El alto horno de SOMISA en Argentina y los de Chile y Perú estarían en el nivel medio de los altos hornos rusos y el de SICARTSA de México tendría un nivel equivalente al de los de Inglaterra.

Todos los altos hornos latinoamericanos mencionados, tendrían un "coke rate" mejor que el término medio americano de 1979.

Los demás altos hornos, que estarían fuera de niveles competitivos internacionales pueden, sin embargo, mejorar su productividad, "coke rate" y "fuel rate", adoptando nuevas tecnologías y prácticas de operación, como ya se ha dado el caso en la región.

4. Generación y Adaptación de Tecnología

América Latina ha adaptado con rapidez los cambios tecnológicos, operados en el mundo y las plantas que no han sido capaces de hacerlo han debido cerrar. Tal es el caso, por ejemplo, de Argentina, país en el que, desde hace algunos años, al menos diez plantas han debido paralizar su producción. En términos generales, puede decirse que no sólo no hay obsolescencia del parque productor, sino que en algunos aspectos la situación de América Latina es comparativamente mejor que la de algunos países desarrollados.

Un análisis por proceso en la región indicaría lo siguiente:

En el proceso de reducción, están presentes los cuatro sistemas conocidos, dependiendo de los recursos naturales que cada país posee:

- Altos hornos a coque, en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú;
- Altos Hornos a carbón vegetal; en Argentina y Brasil;
- Hornos Eléctricos de Reducción, en Venezuela y Brasil;
- Reducción Directa: a gas, en Argentina, Brasil y México; y a carbón en Perú y Brasil.

Sin perjuicio de la importancia creciente de la reducción directa y del exitoso uso del carbón de madera, el coque sigue siendo en la región el principal elemento reductor. Sin embargo, la escasez de carbones coquizables, que obliga a la mayoría de los países a importar este material, es un estímulo permanente a reemplazar el coque.

México ha hecho a la siderurgia mundial, el valioso aporte del sistema de reducción HYL, que se está extendiendo rápidamente entre los países que poseen gas natural. Este sistema se ha ido perfeccionando con el uso de nuevas tecnologías, especialmente para adaptarlo al uso de distintos tipos de gases.

Venezuela tiene la especial situación de haber instalado en su territorio varios sistemas de reducción directa: HYL; Midrex; HIB, FIOR, lo que le permite un permanente análisis de estos procesos para mejorar su eficiencia.

Perú está haciendo experiencias en el uso de carbones de baja ley para el sistema de reducción directa SL-RN que Brasil está ya usando.

En el proceso de aceración se ha consagrado el convertidor al oxígeno como la tecnología más difundida: para 1985 se estima que a nivel mundial el acero producido con este sistema será el 67% del total. En América Latina, para el mismo año, se estima que este porcentaje será del 71%. Pero además es interesante destacar la presencia en la región de sistemas de aceración más sofisticados y recientes, como son el OBM y el LWS en Argentina y Colombia respectivamente.

Argentina tiene una capacidad de aceración en LD de 3.2 millones de tons. anuales, que representa el 60% de su capacidad total de aceración. En Brasil la capacidad es de 8.6 millones de tons con una participación del 65%; y en México 3 millones de tons, con una participación del 40%. En Chile, salvo lo que se produce en horno eléctrico, todo el resto es procesado bajo el sistema LD.

La colada continua es otro proceso ya consagrado que todos los países están usando en proporciones crecientes. En América Latina el proceso es conocido desde 1966, cuando SIDERPERU lo inició en su planta de CHIMBOTE. Posteriormente se instala en Brasil, Argentina, México y Venezuela. Actualmente hay colada continua prácticamente en todos los países latinoamericanos con siderurgias integradas, ya sea en instalaciones en proceso, o proyectos para instalaciones futuras.

En 1979 ya Brasil producía el 27.6% de su acero en colada continua mientras que ese año el promedio mundial era de 20.7, el de EE.UU. 16.7 y el de la CEE 30.4. En 1980 Brasil aumentó la participación del acero producido en colada continua a 33.5%.

Por estos y otros antecedentes se puede afirmar que:

- América Latina se ha adaptado convenientemente a los cambios tecnológicos ocurridos en el mundo;
- Las instalaciones de las plantas siderúrgicas son modernas y no tienen peligro de obsolescencia a medio plazo;
- Los procesos adoptados responden a las ventajas comparativas de cada país, en cuanto a sus recursos naturales.

En América Latina, la investigación siderúrgica, aunque con distintos grados de énfasis según los países, está dando pasos muy significativos en la búsqueda de mejores soluciones tecnológicas, para incorporar nuevos procesos, ya sean originarios de otros países o de creación propia, y para desarrollar nuevos productos. Las principales actividades de investigación se realizan en Argentina, Brasil y México.

El Instituto Argentino de Siderurgia (IAS) y el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas (IMIS), son las instituciones encargadas de la investigación en estos países. En el caso de Brasil se destacan en esta función institutos de las propias empresas, como es el caso del "Centro de Investigación y Desarrollo de la C.S.N."

Algunas de las investigaciones realizadas en Brasil son: empleo de Coco Babaçu como combustible para el proceso de síntesis; fabricación de rieles de alta resistencia al desgaste, con aleación de niobio; acero de alta resistencia y baja aleación NIOCOR, que evita tratamientos de protección antioxidante en estructuras; inyección de carbón vegetal en los altos hornos; prereducción de mineral en altos hornos e carbón vegetal.

La Ingeniería de Proyectos Siderúrgicos existente en la región, es otra actividad que muestra hasta que punto se ha logrado reunir un acervo local de conocimientos, que permite disminuir la dependencia de tecnologías importadas y desarrollar las propias, en la realización y concepción de los proyectos siderúrgicos. Los Departamentos de Desarrollo, Planificación o Ingeniería de las plantas siderúrgicas integradas, con su personal especializado, constituyen una de las mejores fuerzas de trabajo organizado para realizar ingeniería siderúrgica. Por eso muchas empresas han formado sus filiales de ingeniería, como es el caso de la Cia. Siderúrgica Nacional en Brasil, Edificaciones Monterrey (Fondo Monterrey) en México, EMINSIDER (SIVENSA) en Venezuela, etc. Además, se han formado empresas ligadas a la fabricación de equipos como USIMEC y MINISIDER.

El ejercicio de buscar tecnologías, elegir las, desagregarlas, negociarlas, adaptarlas y usarlas ha capacitado a algunas empresas, especialmente en Brasil y México, para exportar tecnologías siderúrgicas. Esta acción de exportar tecnología representa la prueba más eficaz, de que se ha logrado, en el campo respectivo, independizarse relativamente de tecnologías foráneas.

5. El Potencial de Recursos

América Latina posee amplios recursos de minerales de hierro. Considerados éstos como la suma de las reservas más los minerales potenciales, la región poseería 61 600 millones de toneladas de mineral. En cuanto a reservas, éstas serían de 48 000 millones, sólo aventajada por Rusia, y superando ampliamente las reservas de los otros grandes productores de mineral, como son Canadá (36 000), Europa (21 000) y Australia (18 000). Los países con reservas importantes en la región son Brasil (31 800), Venezuela (10 000), Chile (2 707), Perú (1 600) y Argentina (1 034).

Brasil posee dos regiones donde las reservas de mineral son las más importantes: el Cuadrilátero Ferrífero de Minas Gerais actualmente en explotación; y la Sierra de Carajás, en el Estado de Pará, que es objeto de un ambicioso plan de desarrollo. Del total de reservas, el 40% está en el Cuadrilátero Ferrífero y el 56% en la Sierra de Carajás.

En Venezuela, de los 10 000 millones de toneladas de reservas, 2 mil millones son de una ley superior al 55% y están, en su mayoría, ubicadas en el Estado de Bolívar. Chile posee reservas importantes en la zona Norte de país. Perú tiene reservas en la zona de Marcona, 300 Kms al Sur de Lima. Argentina en Jujuy, Salta y Río Negro. Bolivia posee el yacimiento de Mutún, ubicado en el Sureste del país, cerca de la frontera con Brasil.

La producción y exportación de minerales de fierro latinoamericanos ha sufrido las consecuencias de la crisis del acero y de la correspondiente menor demanda mundial. En 1980 la producción fue de 144 millones de toneladas, que en 1981 se redujeron a 128. Los principales países productores en ese último año fueron: Brasil (92.7 millones de ton); Venezuela (13.18 millones de ton); México (8.74); Chile (7.48); Perú (5.95). Las exportaciones en este mismo año fueron: Brasil (78); Venezuela (12.4); Chile (6.7); Perú (5.2).

Los principales países importadores son Japón para: Brasil, Chile, y Perú; Estados Unidos para: Venezuela y Brasil; y Europa para: Brasil y Venezuela.

Los precios de los minerales han sufrido un constante deterioro, pudiendo afirmarse que en el período 1960-1980, éstos se han reducido a la mitad en términos reales. Ello ha obligado a las empresas exportadoras a mejorar extraordinariamente la eficiencia de sus operaciones, tanto de extracción de minerales como de sus procesos y del transporte hasta los centros consumidores. Así lo han hecho empresas tales como la C.V.R.D. de Brasil, que es la mayor empresa productora y exportadora de minerales del mundo; la Ferrominera Orinoco C.A. de Venezuela; la Cía. de Acero del Pacífico de Chile.

Alrededor del 90% de las reservas de carbón coquizable del mundo se hallan en relativamente pocos lugares. Entre ellos: Rusia (con 273 mil millones de toneladas), EE.UU. (190); China (101); Europa (80); India (12); Africa (12).

América Latina, contrariamente a lo que sucede con los minerales de fierro, no tiene reservas de carbón coquizables importantes a nivel mundial. Por eso en la región deben importarse grandes cantidades de carbón coquizable para mezclarlo con carbones locales, o importar directamente el coque, según las capacidades de coquificación que cada país tenga.

El país que tiene mayores reservas de carbón es Colombia, que en el yacimiento de Cerrejón, en la Guajira, el Norte del país, está desarrollando un interesante proyecto para la explotación y exportación de sus recursos carboníferos. Para 1990 se estima que la producción será de 15 millones de toneladas. El proyecto también contempla el análisis de nuevos usos del carbón tales como: gasificación, licuefacción, mezclas, etc.

La escasez de carbones coquizables, la necesidad de importarlo y de pagar precios excesivos, ha estimulado la búsqueda de soluciones alternativas de este elemento termoreductor. Una ha sido la reducción directa, que usa gas natural o carbones de inferior calidad y otra ha sido el uso de carbón de madera. La ventaja principal del uso del carbón de madera, es que se trata de un recurso renovable, que por lo tanto no agota reservas con su uso, como es el caso del carbón mineral.

Brasil, que debe importar el 36% de su consumo de energía para la siderurgia (33% en petróleo y 3% en carbón), ha encontrado en el carbón de madera una alternativa viable para sus necesidades energéticas. Por otra parte, gran parte del país está localizado en la región tropical y es allí donde se encuentra la base de esta alternativa: la madera. Es así como mientras la mayoría de los países desarrollados, desde hace mucho tiempo, han abandonado su uso, reemplazándolo por coque, Brasil está haciendo precisamente lo contrario, pero con nuevas tecnologías, que le permitan, aunque sea parcialmente, basar su desarrollo siderúrgico en sus propios recursos sin que ello signifique abandonar la siderurgia a coque.

Hasta ahora la mayor proporción del carbón vegetal producido en Brasil (80%) proviene del bosque nativo. Su explotación tiene, entre otros, el inconveniente de la gran variedad de especies que producen madera de características también diferentes. Por eso actualmente, estimulados por el Estado, existen importantes proyectos de reforestación especialmente de eucalipto, que se ha adaptado excelentemente a las condiciones climáticas y de suelo del país.

El clima y la ecología favorecen a las zonas tropicales, en relación a las templadas. Así es como en el Norte de Europa y en Norteamérica, el rendimiento de un bosque fluctúa entre 2 a 10 m³/Há/año, y en varios proyectos de Brasil el rendimiento ha sido de 20 a 50 m³/Há/año. Lo que constituye una apreciable ventaja para la producción de carbón de madera en el país.

Los países latinoamericanos que poseen y explotan sus recursos de gas natural son: México, Venezuela, Argentina y Bolivia.

México es el país de mayor producción de gas natural, que es insumo fundamental en el proceso de reducción directa, para el cual el país ha hecho tan significativos aportes.

Venezuela ha sido un país típicamente petrolero y solamente en las últimas dos décadas se promovió la utilización extensiva del gas. Así es como en 1970, un volumen del orden de un 50% del gas era arrojado a la atmósfera, ese volumen disminuyó al 6% en 1979. El gas natural es usado en la Empresa Siderúrgica del Orinoco - SIDOR para producir fierro esponja por los procesos HyL y Midrex.

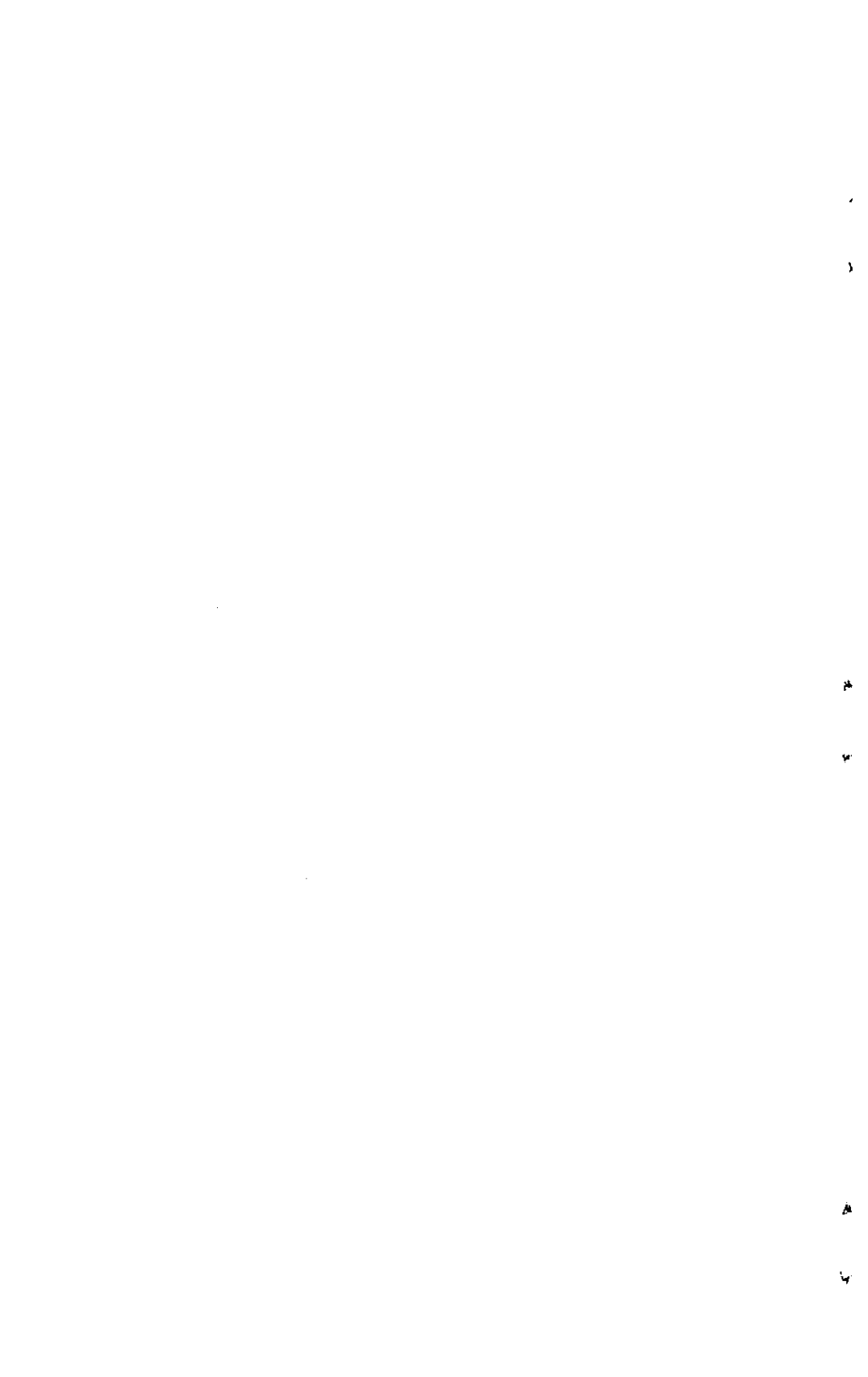
Argentina, que tiene una amplia disponibilidad de gas natural, está planificando su uso para diversos procesos industriales, entre ellos la reducción directa. La zona Sur del país, en especial Puerto Madryn parecería como muy adecuado por su cercanía al gas natural, para instalaciones productoras de hierro esponja, para el uso interno y para la exportación.

Para Bolivia, el desarrollo del proyecto del Mutún está ligado al uso del gas natural como agente reductor. Las exportaciones de gas, hacia Argentina, han tenido un ritmo creciente.

América Latina tiene importantes recursos de metales de aleación, que se caracterizan, considerando las más significativas, en la distribución siguiente:

- Brasil : Níquel, Manganeso y Niobio
- Chile : Molibdeno y Vanadio
- Cuba : Níquel
- Perú : Molibdeno
- Bolivia : Tungstenio
- Colombia : Níquel
- México : Manganeso y Molibdeno

Todos estos metales tienen importancia, porque al incorporarse, a través de las ferroaleaciones, le dan a los aceros características especiales que mejoran notablemente sus condiciones de uso. Entre ellos merece destacarse el niobio porque más del 95% de las reservas mundiales están radicadas en Latinoamérica y porque es la base de los aceros HSLA (alta resistencia y baja aleación) cuya diversidad crece permanentemente en innumerables aplicaciones. Los efectos del niobio, en la resistencia, tenacidad y soldabilidad de los aceros, hacen que este metal sea insustituible como elemento de microaleación.



CAPITULO I

EL COMERCIO MUNDIAL Y LAS PERSPECTIVAS LATINOAMERICANAS

1. Flujos Internacionales del Comercio Siderúrgico

Durante las últimas tres décadas, la importancia relativa de los grandes exportadores mundiales de acero ha sido profundamente modificada: Europa y Estados Unidos que a inicios de la década del cincuenta representaban en conjunto el 84.7% de las exportaciones mundiales, hacia fines de los años setenta disminuyeron a sólo el 35.4%, tomando la diferencia Japón, la Unión Soviética y los países de Europa Oriental; y, en menor medida, los países en desarrollo.

En cuanto a las importaciones, es de destacar la mayor participación relativa de los países del COMECON y de los Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea frente a una sensible disminución en los demás países del mundo occidental.

Ambas tendencias son cuantitativamente expresadas en el Cuadro nº 1 donde, con el objetivo de eliminar variaciones coyunturales se ha tomado el promedio de los quinquenios comprendidos entre 1948 y 1952 y entre 1973 y 1977.

En las cifras de este cuadro se observa la clara tendencia declinante de los Estados Unidos tanto en la producción como en las exportaciones mundiales mientras que su mercado interno tiene de a ser cubierto por crecientes importaciones, situación que podría explicarse por la obsolescencia relativa del parque productor norteamericano así como por la mayor elevación de sus costos en relación a industrias de otros países con menores costos de mano de obra y con las mejoras tecnologías que les permite la instalación de plantas nuevas.

Se observa también que Japón, que en el período 48-52 producía sólo el 2.5% del acero del mundo, aumenta su participación a 16.1%. Este espectacular crecimiento se basó fundamentalmente en su mercado interno que creció más del doble en el período y que aparece prácticamente protegido e inmune a las importaciones. Pero ese crecimiento de la producción se explica también por el agresivo aumento de las exportaciones, que en el período pasan de 4.8% del total mundial a 35.4%.

La Comunidad Económica Europea declina su participación en la producción mundial en el período, de 27% a 20% debido a la adversa situación de las exportaciones y al lento crecimiento de consumo interno.

Los países del COMECON (Rusia y Europa Oriental) consumen alrededor de un tercio del consumo mundial de acero. Su participación en el comercio se ha más que duplicado en el período considerado, aunque la mayor proporción de este comercio se realiza entre Rusia y Europa Oriental y entre Europa Oriental y Europa Occidental.

El resto del mundo occidental aumenta su participación en la producción como resultado del rápido crecimiento especialmente en Latinoamérica, España, Sudáfrica y Canadá. En la medida que la capacidad instalada se expande, estos países se hacen menos dependientes de las importaciones y se capacitan para exportar, como lo demuestra el hecho que su participación en las exportaciones, varía de 2.6% a 12.4%.

Dentro de este grupo de países debe resaltarse la evolución reciente de los países en desarrollo cuyas importaciones pasaron de 15.2% del total mundial en 1970 a 23.5% en 1979; en las exportaciones mundiales la tendencia es también creciente aunque en escala modesta: de 2.6% en 1970 pasaron a 5.6% en 1979. 1/

El cuadro Nº 2 sobre el origen y destino de los flujos de comercio siderúrgico muestra en general una concentración regional de las exportaciones en las áreas más cercanas a su origen a esa situación escapan los países de la Comunidad Económica Europea (CEE) y Japón que tienen mayor diversificación en sus mercados. A nivel latinoamericano se aprecia el escaso volumen que representa dentro del comercio mundial su condición de importador neto (6 millones de TM/año), así como la orientación de las exportaciones hacia Estados Unidos y la CEE básicamente determinadas por Brasil y, en menor grado, por Venezuela y Argentina.

Analizando los flujos de comercio en América Latina (Cuadro Nº 3) se refleja no solo su calidad de importador neto sino también la incipiente y concentración de su capacidad exportadora actual.

Los déficit para la región fueron:

1971	-	4 058 millones de TM
1975	-	8 272 millones de TM
1980	-	5 847 millones de TM

1/ UNIDO: Scenarios de l'industrie siderurgique 1990. (UNIDO/IS.213) Vienna, febrero de 1981.

CUADRO Nº 1

PRODUCCION, COMERCIO Y CONSUMO DEL ACERO POR REGIONES EN LAS ULTIMAS TRES DECADAS
(porcentajes)

	Período 1948-1952				Período 1973-1977			
	Produc.	Import.	Export.	Consumo	Produc.	Import.	Export.	Consumo
USA	45.4	6.9	25.4	43.7	17.8	14.3	3.7	19.6
Japón	2.5	-	4.8	2.1	16.1	0.2	35.4	10.2
CEE	26.6	4.7	59.3	21.5	20.3	9.1	31.7	16.5
Resto del Mundo Occidental	6.5	79.9	2.6	13.6	13.6	53.6	12.4	20.5
Todo el Mundo Occidental	81.0	91.5	92.1	80.9	67.8	77.2	83.2	66.8
COMECON	19.0	8.5	7.9	19.1	32.2	22.8	16.8	33.2
TOTAL DEL MUNDO	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Instituto Internacional del Hierro y del Acero. Naciones Unidas.

CUADRO Nº 2
 COMERCIO MUNDIAL DE ACERO POR AREAS - 1980
 (millones de toneladas métricas de productos)

Destino	Exportador								Total Importación	
	C E E	Otros Europa Occidental	USSR y Europa Oriental	Norte América	América Latina	Africa	Japón	Otros - Asia		Oceania
C E E	31.2	5.5	2.6	0.7	0.4	0.3	0.6	0.4	0.1	41.8
Otros - Europa Occidental	7.6	2.0	2.4	0.1			0.4	0.1	0.1	12.7
USSR y Europa Oriental	5.5	1.2	10.0				1.7			18.4
Norte América	3.7	0.6	0.2	2.7	0.6	0.5	5.5	1.3	0.1	15.2
América Latina	2.1	0.4		2.1	1.0		2.5			8.1
Africa	2.5	0.7	0.2	0.2		1.0	1.3			5.9
Oriente Medio	3.9	1.2	1.3	0.3		0.2	4.1	0.8	0.1	11.9
China y Corea del Norte	0.7	0.1	0.7	0.3			3.2	0.4	0.2	5.6
Japón		0.2		0.1				0.9		1.2
Otros - Asia	1.5	0.3	0.6	0.8			9.8	2.2	0.8	16.0
Oceania	0.1						0.6		0.3	1.0
Total Exportación	59.8	12.2	18.0	7.3	2.0	2.0	29.7	6.1	1.7	137.0

Fuente: IISI - reproducido en CIG - Documento de Trabajo, Convenio CONSIDER - IBS, Marzo de 1982.

CUADRO Nº 3

COMERCIO EXTERIOR SIDERURGICO DE AMERICA LATINA

(miles de toneladas métricas de productos)

País	Importaciones			Exportaciones		
	1971	1975	1980	1971	1975	1980
Argentina	1 599	1 771	815	296	41	298
Brasil	1 164	2 889	434	261	149	1 292
Chile *	78	54	45	62	89	7
Colombia	363	233	446	-	-	-
Cuba *	210	577	450	-	-	-
México	156	696	2 500	357	67	146
Perú	206	290	300	-	-	-
Venezuela	575	1 311	960	87	2	240
Otros	<u>774</u>	<u>825</u>	<u>2 000</u>	<u>4</u>	<u>26</u>	<u>120</u>
Total	5 125	8 646	7 950	1 067	374	2 103

* Estimaciones para 1980

Fuente: Steel Statistical Yearbook 1981.IISI - Brussels, 1981.

Una visión complementaria de los cambios ocurridos en el comercio mundial se tiene en el análisis de la relación, para cada región, entre las importaciones y el consumo y entre exportaciones y producción, pues estas reflejan el grado de dependencia de los mercados externos sobre los niveles de consumo y de producción. Así, en el Cuadro nº 4 puede observarse que en el período analizado de casi treinta años, la relación importación/consumo aumenta para Estados Unidos en 8 veces y para la CEE en cuatro veces. Por su parte en la relación exportación/producción se evidencia la alta dependencia de Japón y de la Comunidad Económica Europea en los mercados externos, para mantener sus niveles de producción.

El cambio tendencial de mas significación parece ser el mayor autoabastecimiento del grupo de países "resto del mundo occidental" y a la vez su mayor participación en las exportaciones mundiales; obviamente esto sería consecuencia de la instalación de nuevas plantas principalmente en los países en desarrollo. Ya en 1980, dos países en desarrollo aparecerían entre los mayores exportadores mundiales: Corea con 4.6 millones de TM de productos y Brasil con 1.3 millones.

En ese cambio tendencial habría una modificación importante en la composición de las exportaciones. Los países en desarrollo mostrarían una especialización relativa en la exportación de productos comunes, incluyendo el arrabio, en función de las ventajas en cuanto a los costos de energía y de mano de obra. Por su parte, los países desarrollados irían paulatinamente produciendo mayores cantidades, en términos relativos, de productos mas elaborados, como por ejemplo los aceros especiales, en función de sus ventajas tecnológicas. 2/

Lo expuesto implicaría una relación exportaciones/producción mundial de acero bruto mas o menos estable en el largo plazo pero que difícilmente revertiría la tendencia de los últimos treinta años que se muestra a continuación:

<u>Exportaciones/Producción (%)</u>	
1950	10,7
1955	12,6
1960	15,8
1965	17,2
1970	19,7
1975	23,0
1980	25,0
1981	26,0

2/ Bela Gold: "Pressures for Restructuring the World Steel Industry in the 1980s: A case Study in Challenges to Industrial Adaptation". Quarterly Review of Economic and Business. Vol. 22, Nº 1 Spring 1982.

CUADRO N° 4

RELACIONES DEL COMERCIO MUNDIAL DEL ACERO POR REGIONES
(porcentajes de toneladas de productos)

	Período 1948-1952		Período 1973-1977		Año 1980		Proyecciones a 1990	
	Importac/ Consumo	Export/ Producción	Import/ Consumo	Export/ Producción	Import/ Consumo	Export/ Producción	Import/ Consumo	Export/ Producción
USA	1.5	5.2	12.3	3.5	11.2	3.7	13	3
Japón	0.4	17.6	0.2	36.9	1.5	26.7	1	35
C E E	2.1	20.7	9.3	26.3	9.8	21.7	11	25
Resto del Mundo Occidental	54.9	4.6	43.9	15.3	30.1	16.4	36	22
Total del Mundo Occidental	10.6	10.6	19.4	20.6	23.2	23.6	21	21
COMEDON	4.1	3.9	11.5	8.8	8.9	8.6	10	9
TOTAL DEL MUNDO	9.4	9.4	16.8	16.8	19.2	19.2	17	17

Fuente: Instituto Internac. del Hierro y del Acero. Naciones Unidas.

Según señala un reciente estudio 3/, las corrientes de exportación de los países en desarrollo han correspondido más que a una estrategia sistemática y agresiva, a situaciones en que han prevalecido una o más de las siguientes razones:

- La iniciación de una unidad productora de gran tamaño, que puede sobrepasar transitoriamente la demanda interna;
- El deseo de comprobar la calidad del acero producido internamente en los exigentes niveles del comercio internacional;
- El objetivo de equilibrar las balanzas de pagos compensando la importación de materias primas y equipos;
- La existencia de contratos de suministros de equipos que se pagan con parte de la producción.

Al respecto, debe recordarse que la cesión de parte del comercio exterior de los países dominantes (Japón, CEE) a los nuevos países exportadores, significa el reemplazo de exportaciones masivas, a exportaciones de mayor calidad tales como: aceros finos, aceros de alta resistencia, planchas revestidas, tubos soldados y sin costura, etc.

Lo anterior se explica también por los avances en las exportaciones de productos siderúrgicos transformados: máquinas, equipos o conjuntos completos vendidos "llave en mano". Se dice, a este respecto, que una tonelada de acero, a partir de la transformación de US\$ 50 de mineral de hierro, vale alrededor de US\$ 500, mientras que en un automóvil esta tonelada transformada en piezas y componentes vale US\$ 6 000.

Por otro lado no puede pasarse por alto el hecho que en los países en desarrollo, lo esencial de la demanda de acero proviene de la formación bruta de capital fijo: sea por la producción de máquinas y de equipos, sea por la construcción de edificios y de trabajos públicos. El acero destinado a la construcción, es en general de calidad corriente; sin embargo, no debe subestimarse la presión que se ejerce en este dominio en favor de la utilización de aceros de calidad, livianos, y de mayores resistencias.

Esta presión es mucho más fuerte, cuando se trata de la construcción de máquinas y de equipos, en favor de la utilización de aceros de calidad (resistencia a presiones elevadas, corrosión, a temperaturas muy altas o muy bajas). La mayor calidad se hace aún más imperativa cuando se trata de la explotación de los océanos y del espacio; de la energía (nuclear, carbón, destilación, gasificación, liquefacción de gas, etc.); sistema de transporte (como los relacionados con las nuevas fuentes de energía).

3/ UNIDO: op.cit.

Uno de los factores sobre los que se especula que podría influir determinadamente en la demanda de acero es el consumo para generación energética. Sobre ello, el estudio de UNIDO ya citado 4/ afirma que distintos trabajos han destacado el dinamismo que podría dar a la inversión y a la demanda de acero el desarrollo de fuentes energéticas alternativas. Voest Alpine basándose en diferentes estudios afirma "que las tecnologías nuevas se traducirán en un verdadero boom de inversiones para la construcción de nuevos sistemas energéticos". Además, diversos estudios publicados por la CEE relacionan el consumo de acero durante los años 80 con el desarrollo de los sectores de energía y de transportes.

Estudios de la Exxon llegan a la misma conclusión: las nuevas formas de energía van a significar un crecimiento extraordinario de la demanda de bienes de capital y, en consecuencia, de la demanda de acero. El consumo directo o indirecto de acero de los complejos energéticos debería duplicarse entre 1975 y 1990.

Uno de los productos siderúrgicos que tendrá una mayor demanda, en relación a los proyectos energéticos, serán los tubos: tubos sin costura para la exploración y explotación del petróleo, y tubos soldados para su transporte. Se prevé que la construcción de gasoductos y oleoductos debería alcanzar los desarrollos siguientes:

	Programados o en estudio	En construcción
Mundo	110 218	25 837
Países en desarrollo	37 827	18 716
Países desarrollados	48 905	3 316
Países en economía central mente planificada	18 015	3 805
China	5 471	-

Nota: Las cifras anteriores en Km.

1 Km. de tubería representa alrededor de 100 ton de acero, comprendida las estaciones de compresión, terminales etc.

Fuente: Pipeline and Gas Journal. Octubre 1980, transcrito de UNIDO op. cit.

4/ UNIDO:op.cit.

En otros términos, solo en lo que se refiere a tubos, la demanda de acero en el mundo para explotación y exploración de petróleo, y para gasodutos y oleoductos, programados o en estudio, representa un orden de 11 millones de toneladas de acero.

2. La Demanda y la Oferta de Acero en América Latina

"Hacer previsiones cuantitativas en épocas críticas, como las de hoy, es una tarea sumamente delicada, pues el ejercicio de la futurología económica en épocas de cambio, puede llevar a equívocos de apreciable magnitud. Esto es especialmente válido para un conjunto de mercados heterogéneos e independientes, en cuanto a las acciones que toman para enfrentar las dificultades" Fue una de las conclusiones sobre "Tendencias en el Consumo de Acero en América Latina", hecha por el Ingeniero Benjamín Mario Baptista, Presidente de C.S.N., en el reciente Congreso de ILAFA.

Siguiendo tal valedera y prudente advertencia, no se pretende en el presente estudio, hacer nuevas suposiciones sobre las futuras demandas de acero en América Latina. En cada país se han hecho estudios de proyecciones de demanda existiendo además estudios recientes sobre la demanda latinoamericana con junta.

Uno de estos estudios 5/, realizado en 1982, señala que la demanda de acero para 1990 sería, en millones de toneladas de lingotes:

- 52.5 según hipótesis conservadoras del crecimiento del PIB (4.5%) anual;
- 56.8 según hipótesis de crecimiento histórico (70-79= 5.6%);
- 61.0 según hipótesis optimista (6.5% anual).

Además, se consideró que el consumo aparente de laminados, en términos de acero bruto, de los años 1982 volvería al nivel de 1980, o sea, 36 millones de toneladas, después de la caída de 6% que tuvo en 1981.

En cuanto a la oferta, el citado estudio considera que a la capacidad instalada en 1980 de 36 millones ton/año, se le agreguen nuevas capacidades de acuerdo a tres hipótesis:

5/ CEPAL: "Los Programas Latinoamericanos de Inversión en el Sector Siderúrgico". E/CEPAL/L.278.

- La de mínima que supone se realicen sólo el 60% de los proyectos de ampliación;
- La de máxima probabilidad, que supone se realicen el 85% de los proyectos de ampliación;
- La de base que supone se realicen en el 100% de los proyectos de ampliación.

La suma de la capacidad de producción de todos los proyectos latinoamericanos hasta el año 1900, se estima en 39 millones de toneladas.

Por lo tanto, la oferta posible sería, de acuerdo a las hipótesis señaladas de nuevas capacidades, la siguiente en millones de toneladas:

	<u>Nueva Capacid.</u>	<u>Capacidad 1980</u>	<u>Total</u>
Mínima (60%)	23	36	59
Máxima probabilidad (85%)	33	36	69
Base (100%)	39	36	75

Si se considera que sólo un determinado porcentaje de la capacidad instalada se utiliza y ésta podría establecerse en un 80%, se tendría que la capacidad real, según las distintas hipótesis, sería:

$$59 \times 0.8 = 47.2$$

$$60 \times 0.8 = 55.2$$

$$75 \times 0.8 = 60.0$$

Con estos antecedentes podrían determinarse las siguientes cifras sobre saldos del balance oferta-demanda para 1990.

	<u>Demanda</u>	<u>Oferta</u>		
		<u>47.2</u> 60% <u>Proyectos</u>	<u>55.2</u> 85% <u>Proyectos</u>	<u>60.0</u> 100% <u>Proyectos</u>
Hipótesis Conservadora	52.5	- 5.3	2.7	7.5
Hipótesis histórica	56.8	- 9.6	- 1.6	3.2
Hipótesis optimista	61.0	- 13.8	- 5.8	- 1.0

El comentario que surge de estas cifras globales es que la hipótesis que el 60% de los proyectos se realicen, puede aún no ser posible. En efecto, si se considera la gran cantidad de proyectos cancelados o disminuídos fundamentalmente, como se analiza más adelante, en el acápite de los proyectos, no hay muchas razones para ser optimista.

De acuerdo a las cifras anteriores, la situación de cada país, para la hipótesis de máxima probabilidad de capacidad instalada, sería en millones de toneladas/año:

Países	1980	1990	Crecimiento m/ton
Argentina	5.0	7.6	2.6
Bolivia	-	0.12	0.12
Brasil	16.0	31.8	15.8
Colombia	0.5	1.6	1.1
Chile	0.8	1.1	0.3
Ecuador	0.05	0.45	0.4
México	9.5	16.6	7.1
Paraguay	-	0.18	0.18
Perú	0.5	1.2	0.7
Uruguay	0.05	0.16	0.11
Venezuela	2.5	6.8	4.3
Centroamérica (incluído T.Tobago)	1.1	1.26	0.16
Total	36.0	68.87	32.87

Fuente: CEPAL op.cit.

Pese al corto tiempo transcurrido desde que se terminó el estudio antes mencionado, las perspectivas de incremento en la producción se han visto sustantivamente afectados en forma negativa por los agudos problemas económicos de México, Argentina, Brasil y Venezuela, que influyen directamente en la factibilidad de los proyectos. Es por eso que algunas de las cifras del cuadro anterior será difícil que se cumplan. Por ejemplo, apreciaciones para Brasil, en Enero de 1983, basadas en las perspectivas de inversión hacían prever que hacia 1990, la capacidad instalada de producción podría alcanzar unos 26.5 millones de toneladas métricas (muy cercana al cálculo de las previsiones de mínima probabilidad estimada por CEPAL). De concretarse esta tendencia, los países tendrán que enfrentar déficits agudos que les crearán problemas de desabastecimiento con todas sus consecuencias.

A pesar de este futuro incierto, es necesario recalcar algunas consideraciones sobre las potencialidades de América Latina en este sector. En efecto, estudios realizados sobre el desarrollo siderúrgico mundial, coloca a América Latina como una de las regiones con mayor potencial de crecimiento hacia fines del presente siglo. Por otra parte, debe recordarse que nuestro Continente pasó de un consumo de 4 millones de toneladas de acero bruto en 1950, a 35 millones en 1980. El consumo per cápita fue elevado de 25 kg/habitante en 1950, a 106 kg/habitante en 1980 y su participación del 2.2% del consumo mundial se elevó entre los mismos años a 5.3%.

Si la comparación se hace con los países desarrollados de economía de mercado, en 1950 el consumo de América Latina era de un 3% del de esos países, mientras que en 1980 había subido al 12%. Todo lo anterior confirma la potencialidad del crecimiento de América Latina, lo que no excluye, por cierto, las dificultades que se señalan en distintos capítulos de este informe.

3. Los Nuevos Proyectos en América Latina

La industria siderúrgica, por su propia dinámica y por la necesidad de atender una demanda normalmente creciente, tanto en cantidad como en calidad de productos, debe irse adecuando a las nuevas exigencias, a través de planes de ampliación y modernización. Es así como prácticamente en todos los países latinoamericanos se han concebido proyectos, para crear nuevas empresas integradas o para aumentar la producción de las empresas existentes.

Sin embargo, como se analizará con algunos detalles en este capítulo, gran parte de los proyectos han debido tener modificaciones fundamentales: algunos reduciendo su dimensión, otros dejándolos pendientes para mejor ocasión.

Las razones de esta situación, pueden encontrarse en las causas siguientes:

- Optimistas predicciones de la demanda

Muchos proyectos basaron su factibilidad en magnitudes de mercados que la realidad ha demostrado que no han crecido a los tamaños supuestos. Sin duda la crisis y la recesión mundial han tenido influencia decisiva en esta disminución de la demanda. El hecho es que proyectos que hace diez años se estimaban plenamente justificados y factibles, ya no lo son.

- El incremento en los costos de instalación

A fines de la década del 60, se estimaba que el costo medio, por ton de capacidad anual de una planta integrada era de US\$ 300; a fines de la década del 70 este valor ya había alcanzado a US\$ 800; y en 1980 a US\$ 2 000, y dependiendo de las obras de infraestructura necesaria, podría llegar hasta US\$ 3 000. Por esto no es de extrañar que proyectos cuyos estudios se iniciaron hace diez años y que comprobaron su factibilidad, actualmente no puedan realizarse, solamente por los costos financieros que ellos involucran.

Esta situación de escasez de financiamiento, también explica la búsqueda de socios extranjeros que participen en el capital de la empresa, tomando parte de las inversiones, y que compren los productos de ella. El caso del acuerdo entre SIDERBRAS por una parte, y FINSIDER y Kawasaki por la otra, en la planta de Tubarão, es un buen ejemplo de lo que se está afirmando.

A continuación se hace un breve análisis de la situación de los proyectos en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, México, Paraguay, Perú y Venezuela. En cada país se han identificado los proyectos principales de plantas integradas, haciendo siempre referencia a: su objetivo, a la síntesis del proyecto, al grado de avance y a la información general.

Situación de Los Proyectos

3.1 - Argentina

De acuerdo a los análisis realizados en Argentina, se puede afirmar que se cumple un proceso de redefinición de los proyectos de inversión, en virtud de las nuevas condiciones de mercado. De esta manera, se asiste a la decidida orientación de SOMISA hacia la producción de productos planos, para lo cual es probable que se reafirme la decisión de instalar el segundo laminador en caliente. A su vez, el grupo ACINDAR, a partir de la fusión con el grupo Gurmendi, pasará a racionalizar el conjunto así constituido, con la probable decisión de incrementar la

producción propia de acero para el abastecimiento del mismo.

El sector exhibe tres proyectos con estudios de factibilidad que están siendo ajustados. Estos son: SIDINSA, SIDINOX y SIDERSUR.

La magnitud del primero de ellos hace que su concreción quede sujeta a claros cambios en el mercado de productos siderúrgicos y a decisiones políticas en lo que atañe a iniciativas empresariales de carácter mayoritariamente estatales.

A su vez, SIDINOX y SIDERSUR son proyectos que pueden en contrar a mediano plazo condiciones favorables de mercado para su concreción, en virtud de los productos que prevén entregar en sus primeras etapas: laminados de acero inoxidable y hierro esponja, respectivamente.

1. SOMISA

San Nicolás, Provincia de Buenos Aires
Ampliación 3ª etapa.

1.1 Objetivo - Expansión de la capacidad productiva a 4.3 millones ton acero/año

1.2 Inversión - US\$ 1 100 millones.

1.3 Síntesis del Proyecto - La 3ª etapa de ampliación que resulta de la modificación del "plan maestro" original aprobado en 1973, plantea la implementación del siguiente equipamiento:

- 3er. Alto Horno: Alimentado por cinta transportadora, con 3 estufas para calentamiento del aire soplado, 2 salas de colada e instalaciones auxiliares.

- Laminador combinado en caliente N° 2: Para chapas de acero. Inicialmente la producción podrá tener un ancho de 1 500 mm y en una etapa posterior, 3 500 mm.

Peso máximo de las bobinas: 23.6 ton.

Producción anual: 2 000 000 ton.

Su configuración inicial será de la de un tren semicontinuo con 2 hornos de calentamiento de desbastes, 6 cajas terminadoras y 2 bobinadores.

- Instalaciones auxiliares del tren laminador: Planta de escarpado, playa de planchones, depósito y línea de fraccionamiento de bobinas, subestaciones de 220/66 KV.

- Coquería: Se instalarán 2 nuevas baterías de hornos de coquización de 47 hornos con las instalaciones complementarias de procesamiento de carbón y coque, y una planta de subproductos.

- Colada continua N° 1 y N° 2: Para la producción de desbastes planos.
- Planta de sinter: Compuesta por un sistema de sinterización, quebrantadores, enfriadores, zarandas, silos y cinta transportadora.

1.4 Grado de avance - La 3ª etapa de ampliación con el objetivo de expandir la capacidad hasta 4.3 millones ton/año de producción, fue posibilitada por el dictado del Decreto 548/81. Pero su realización inmediata se limita a la instalación del tren laminador en calientes y las instalaciones auxiliares. Al respecto, SOMISA, cuenta ya con acuerdos preliminares con un consorcio japonés encabezado por Mitsubhi y otro argentino-italiano, en vista a una operación "llave en mano". Se empleará un laminador reversible que SOMISA adquirió con anterioridad. Los contratistas proveerán equipamiento faltante, entre los que se cuenta partes de laminador y un horno.

Ambos consorcios integrarán aportes de capital a la empresa contratista. El consorcio Italo-argentino con el que negocia SOMISA, está encabezado por ITALIMPIANTI.

1.5 - Información general

- Alto Horno N° 1: Fue objeto de la 4ª reparación integral, que incluyó modificaciones.
El contratista principal fue A.G. Mckee, con una inversión de US\$ 40 Millones.
- Laminación en caliente: Las modificaciones en el laminador de chapas en caliente N° 1 demandó una inversión de US\$ 17 millones e intervinieron en su realización Manferro, Belfor, Westinghouse y otros.
- Aporte japonés de capital: El consorcio de empresas japonesas se comprometió a realizar un aporte importante en acciones de SOMISA.
- Integración del consorcio japonés: Nippon Steel, Mitsubishi, Ishikawajima, Toshiba, Hitachi, Marubeni, Itoh, The Industrial Bank of Japan y The Bank of Tokio.

- Obras de ampliación realizadas: En el transcurso de los últimos años, se realizó el siguiente equipamiento:
 - . modernización de los altos hornos N° 1 y N° 2
 - . habilitación del 3er. convertidor.
 - . instalación del 4º horno de desbastes de la planta de laminación.
 - . instalación de la 2ª planta de sinter.

2. Altos Hornos de Zapla

Palpala - Jujuy

2.1 Objetivo: Ampliación.

- Incremento de la producción de arrabio de 122 000 ton/a a 212 000 ton/a;
- Ampliación de la producción de acero de 145 000 ton/a a 300 000 ton/a;
- Incremento de laminación a 216 000 ton/a que, sumados a las 42 000 actuales, resultan 258 000 ton/a.

2.2 Síntesis del proyecto

Los principales elementos del proyecto son:

- a. La instalación de un quinto alto horno, uno de los más grandes del mundo en su tipo (para producción de arrabio a carbón de leña;
- b. Transformación de los convertidores tipo Thomas a convertidores tipo OBM (a oxígeno);
- c. Instalación de un nuevo tren de laminación de perfiles livianos y palanquillas para forja de 300 000 ton/a;
- d. Obras complementarias: planta de beneficiamiento de mineral de hierro, montaje de dos plantas "Sink and Float" en las minas 9 de Octubre y Puesto Viejo.

Las obras que restan cumplir son:

- Adaptación de la planta de acería Thomas al sistema OBM, lo que requiere la modificación de los convertidores, una planta de cal pulverizada y una de oxígeno.

2.3 Grado de avance

En su origen estaba prevista la inauguración del quinto alto horno para fines de 1975, y el tren fino de laminación y el sistema OBM para principios de 1976.

Sin embargo, el proyecto lleva atrasos diversos en sus diferentes etapas.

A fines del año pasado, las principales obras en ejecución eran las siguientes:

- Tren fino de laminación para palanquillas, barras y alambres.
- Desgasificación al vacío y refusión bajo escoria para el afino de aceros especiales (inversión 4.5 millones de US\$). Estará concluido para mediados de 1982.
- Planta de forja, para el forjado, recocido, temple y revestido de piezas medianas y grandes dimensiones.
- Mina 9 de Octubre: construcción de infraestructura interior para la instalación de un sistema de tributación y extracción de mineral y un sistema de transporte.

La provisión y ejecución "llave en mano" de la acería sistema OBM/Q-BOP fue licitado y adjudicado a la firma PENSA, que compitió principalmente con Davy McKee. A la fecha de este informe las obras para esta transformación aún no se han iniciado.

2.4 - Información general

- Conversión de Convertidores: La conversión de los convertidores Thomas al sistema OBM permitirá encarar la producción de toda la gama de aceros al carbono. Su producción será de 260 000 ton/año, mientras que por hornos electricos se producirán 70 000 ton/año.
- Minas: La Mina 9 de Octubre, subterránea, tiene una producción de 180 000 ton/a, con una ley media de 48%; y el Centro Puesto Viejo produce 200 000 ton/a con una ley de 40.6% aún a cielo abierto.

Las reservas medidas de los yacimientos suman 66 millones de ton. Otro yacimiento, Cerro Labrado, tiene 27 millones de ton.

- Antecedentes: El presente proyecto de ampliación fue aprobado por Ley Nº 19.497 del 18.02.1972.
- Obras civiles: DYCASA
- Sistema OBM: PENSA S.A

3. SIDINSA

Bahía Blanca (Prov. de Buenos Aires)

- 3.1 Objetivo - Ejecución de la segunda gran planta siderúrgica integrada estatal: 3 800 000 ton/a (acero líquido equivalente) de aceros comunes planos al carbono:

- Hojalata: 287 000 t.

- Laminado en frío:

Bobinas	533 000 ton
Hojas	224 000 ton
Crudo	80 000 ton
	<hr/>
	837 000 ton

- Laminado en caliente:

Bobinas	1 229 500 ton
Bobinas decapadas	100 000 ton
Hojas	<hr/> 440 000 ton
	1 769 500 ton

Inversión total: US\$ 3 529 millones

- Bienes de uso nacionales	1 734 millones
- Bienes de uso importados	1 457 millones
- Intereses	138 millones
- Costos Operativos	43 millones
- Capital de trabajo	157 millones

Inversión Fase I: 720 millones

3.2 Síntesis del proyecto

El proyecto consta de 4 fases:

Fase I

- Un laminador de 3/4 continuo de chapas en caliente, equipados para una producción de 3 200 000 ton/a de bobinas y línea de procesamiento;
- Una central termoelectrónica y servicios auxiliares.

Fase II

- Muelle de materias primas de 700 m de longitud y 50 de profundidad, con 2 grúas descargadoras;
- Playas mecanizadas para mineral y carbón;
- Dos baterías de coquificación de 40 horas cada una (1 450 000 ton/a);

- Ampliación de la central termoeléctrica e instalación de dos turbosopladores;
- Un alto horno: volumen útil de 2 350 m³ cada uno (producción total para los 2 hornos: 3 455 000 ton/a);
- Acería LD con 2 convertidores de 150 ton de capacidad cada uno (3 800 000 ton/a);
- Un laminador básico universal para laminar aproximadamente 2 700 000 t/a de slabs;
- Ampliación de la capacidad de recalentamiento de slabs.

Fase III:

- Una planta de sinterización de 400m² de superficie de parrilla (4 650 000 ton/a)
- Un laminador de chapas en frío, para producir aproximadamente 850 000 ton/a de bobinas, y líneas de procesamiento;
- Un laminador de chapas en frío de banda angosta, líneas de estañado y de procesamiento para la producción de 290 000 ton/a de hojalata.

Fase IV:

- Instalación del 2º alto horno;
- Ampliación de la coquería;
- Una máquina de colada continua de slabs de 2 líneas (940 000 ton/a.);
- 2º laminador en frío.

Este proyecto incluye 2 plantas a ser instaladas y operadas por terceros.

- Una planta de oxígeno de 3 unidades de 15 400 m³ /hora de oxígeno gaseoso cada uno, con separación adicional de nitrógeno y argón;
- Una planta de calcinación, con 2 hornos rotativos de 500 ton/día cada uno.

El cronograma que primitivamente se consideró para el proyecto fue el siguiente:

- 1982: Puesta en marcha del laminador de chapas en caliente mediante desbastes comprados a terceros.
- 1983: Habilitación del puerto mineralero.
- 1983: (Fines). Comenzar la operación del bloque integrado por el al horno N° 1, acería y laminación básica.

1984: Poner en funcionamiento la línea de frío.

1985: Desfasar la puesta en marcha del horno nº 2 un período, de acuerdo a las posibilidades de crecimiento.

1985: Reducción a cero la compra de desbastes a terceros.

1987: La planta alcanza el nivel de producción proyectado.

Ampliaciones posteriores: La infraestructura proyectada para SIDINSA contempla un aumento de la capacidad productiva hasta 6 000 000 ton/año.

Para compatibilizar el proyecto a las perspectivas del mercado, se ha planeado su concreción en 2 etapas.

1ª : 1.6 a 1.7 millones de ton/año de acero, con producción propia de arrabio proveniente de un alto horno.

2ª : 3.1 a 3.4 millones de ton/año de acero, con dos altos hornos.

Se considera que la flexibilidad de la planta admitiría la incorporación de un tercer alto horno.

A mediados del presente año el proyecto ha sido reformulado sobre las siguientes bases, en vista de las disponibilidades de gas natural y pellets para reducción directa (HIPASAM) lo cual ofrece importantes ventajas comparativas:

- Tamaño: 1.1 millones de ton/año de acero
- Tecnología: Reducción directa horno eléctrico
- Localización: En estudio Puerto Madryn
- Productos: Laminados planos de acero en forma de chapas anchas no bobinables con destino a la fabricación de cañerías para oleoductos, gaseoductos, etc. Industria de astilleros, calderería, etc. Slabs para ser utilizados por la Planta Siderúrgica de SOMISA en San Nicolás.

3.3 Grado de Avance

La decisión de elaboración del proyecto se concretizó a través del decreto 3.672/75 en donde se especificó que el 9 de Agosto de 1976 debía entregarse el anteproyecto definitivo.

A mediados de 1980, la firma proveedora Davy McKee formó una oferta para participar en el proyecto con porcentaje variable según las etapas, del mismo, pero que totalizaba US\$ 130 millones como capital de riesgo.

El proyecto ha sido revisado y modificado en algunos de sus aspectos, en vista de la realidad del mercado y de los cambios tecnológicos registrados.

Entretanto, la decisión de instalar en SOMISA un laminador en caliente para chapas de acero, subordina el proyecto SIDINSA a nuevas consideraciones en torno a su concreción.

3.4 Información general

- Equipamiento: No está definido aún su origen.
- Participación de la industria nacional: Del costo total aproximadamente un 52% sería gasto interno y el resto importación de equipos.

Se estima que la industria nacional podría participar en lo referido a equipos, principalmente a través de sistemas de transporte (cintas, grúas, ferrocarriles, etc.), motores, planta de sinter y hornos de calentamiento
- Perspectiva: La planta se dimensionaría para poder alcanzar en etapas posteriores una capacidad de 8 millones de ton/año de producción de acero.
- Tipo de empresa: Es una iniciativa de la D.G.F.M. Se constituyó una S.A. con una mayoría estatal: la D.G.F.M. suscribió el 98% (US\$ 32 millones) de su capital accionario actual, y el BANADE el 2%.
- Transferencia a terceros: Actualmente se contempla la posibilidad de transferir a terceros las siguientes instalaciones y talleres que demandarían una inversión de US\$ 170 millones.

- a) Planta separadora de oxígeno y otros gases;
- b) Planta de calcinación;
- c) Taller de fundición;
- d) Talleres y mantenimiento mayor;
- e) Preparación de chatarra y roturación y recuperación de arrabio;
- f) Transportes internos de materiales y equipos móviles.

4. SIDINOX

Bahía Blanca

4.1 Objetivo Producción de aceros especiales con una capacidad de laminación de alrededor de 100 000 ton/año.

4.2 Síntesis del proyecto

- Tipo de producción: Elaboración de chapas de acero silicio de grano orientado y no orientado en bobinas, y de aceros inoxidables en hojas y en bobinas.

Supone la instalación de una acería eléctrica, con un proceso AOD de conversión mediante la utilización de Argón.

- Capacidad inicial de producción: 40 000 ton/año de aceros inoxidables.

En una primera fase se concretaría el proyecto con la construcción de una planta de laminación en frío. En una segunda etapa, se cumpliría la integración con laminación en caliente y acería, según la marcha de otros proyectos siderúrgicos, en especial el de SIDINSA.

4.3 Grado de avance

Este Proyecto se encuentra definido técnicamente a nivel de factibilidad.

El documento se terminó de elaborar a fines de 1974. No están tomadas las decisiones institucionales para su concreción.

En la medida que SIDINOX depende de un tren de laminación en caliente, la perspectiva de su realización está ligada a la suerte de los planes de SOMISA o de SIDINSA.

Los estudios preliminares de Fabricaciones Militares con vistas a determinar el Plan Siderúrgico contemplaba la entrada en producción de esta planta u otra similar para el año 1985.

En noviembre de 1980 se suscribió un acuerdo con la empresa TERNI S.A. integrante del grupo estatal Italiano FINSIDER, para la elaboración del estudio de factibilidad, que ya fue completado con la participación de SIDINSA. Esta última fue delegada por la D.G.F.M. para proseguir con la promoción del programa.

4.4 Información general

- Monto de la Inversión: El monto requerido puede verse reducido si SIDINOX se acopla a SIDINSA y aprovecha su equipamiento.

- Otros proyectos relacionados: El proyecto SIDINOX con la instalación de una planta de terminado, corte, planchado y embalaje de chapas de acero inoxidable de 20 000 ton/año a cargo de Aceros Ohler S.A.

Esta empresa, que es una S.A. mixta con mayoría estatal, actuaría así de servicentro de SIDINOX. Esa era la idea primitiva que posteriormente fué necesaria alterar por que Aceros Ohler fué disuelta.

- Mercado: El mercado de los aceros especiales comprende a los laminados planos de acero carbono, al silicio, de grano orientado y no orientado, inoxidable y aleados de usos especiales. En su casi totalidad, la demanda argentina se satisface vía importación.

- Participación de capitales:
 - . privados: 70%
 - . SIDINSA: 30%
- Protección arancelaria: Los estudios realizados han presupuestado una protección del 30%.
- Proyección del consumo: Para fines de la década se estimó una demanda de 50 000 ton/año de los aceros que produciría SIDINOX.

5. SIDERSUR

San Antonio del Este
(Provincia de Rio Negro)

5.1 Objetivo Producción de 410 000 ton anuales de hierro esponja, 40 000 ton de material prerreducido y 350 000 ton de palanquilla de diferentes dimensiones.

- Inversión: US\$ 130 millones.
- Inversión actualizada. US\$ 182 292 000.
- Inversión: US\$ 130 millones (1ª etapa)
US\$ 200 millones (2ª etapa)

5.2 Síntesis del proyecto

Los principales elementos del proyecto son:

- a. Planta de reducción directa. El módulo tendrá una capacidad anual de 410 000 ton previéndose un período de detención de 40 a 60 días por año.
- b. Acería. Tendrá dos hornos eléctricos con una capacidad de 200 000 ton anuales cada uno. Se instalará una máquina de colada continua y un patio de lingotes con un tren desbastador.

Objeto principal: "Fabricar palanquilla de acero común y no común para procesar en las plantas laminadoras participantes". Es una planta integrada.

Funcionamiento: Contará con 530 personas y la superficie cubierta por equipos ascenderá a 25 000 m² a los que hay que sumar 51 000 m² para playas de almacenaje.

Inversión actualizada: La inversión fija proyectada es de US\$ 149 000 000 discriminada así:

- Equipo nacional	US\$ 46 000 000
- Equipo importado	US\$ 46 000 000
- Obras civiles	US\$ 24 000 000
- Montaje	US\$ 13 000 000
- Ingeniería	US\$ 11 000 000
- Fletes, etc.	US\$ 9 000 000

El proyecto requiere infraestructura aún no instalada de no menos de US\$ 100 millones.

Con la modificación realizada en 1981 la capacidad de producción quedó establecida en la forma siguiente:

- Prereducidos	550 000 ton/año
- Palanquilla	350 000 ton/año

Tecnología de la reducción directa: H y L III. Se diferencia del MIDREX por el uso de alta presión, mediante un reactor de lecho móvil. El hierro esponja resultante es de alta metalización (92%).

En una segunda etapa se encararía la instalación de:

- Dos hornos eléctricos con capacidad de 80 toneladas cada uno;
- Una máquina de colada continua para tochos;
- Un laminador duo reversible para palanquillas de secciones menores y aceros especiales.

Plazos de construcción: 30 meses para cada una de las etapas.

5.3 Grado de avance

Un primer análisis realizado por la Dirección Nacional de Evaluación de Proyectos de la Secretaría de Desarrollo Industrial, señaló la viabilidad del proyecto. Asimismo, la Dirección General de Fabricaciones Militares y el Ministerio de Economía y Hacienda de Río Negro, se habrían manifestado favorables a la iniciativa. SIDERSUR presentó el Proyecto definitivo a la Secretaría de Estado de Desarrollo Industrial en 1977.

Gas del Estado ya comprometió el volumen de gas solicitado, que será previsto desde Bahía Blanca hacia el sur. El mismo compromiso fue obtenido de Agua y Energía, pero sin definir si sería vía interconexiones o por alimentación de generadores de la zona.

Actualmente, el proyecto se halla en etapa de evaluación por parte del Ministerio de Industria y Minería.

La D.G.F.M. en su función de asesoramiento en virtud de la Ley Savio, ha indicado la conveniencia y oportunidad del proyecto.

5.4 Información general

Tipo de Empresa: Privada.

El proyecto está encabezado por Lucini y Cía. a la que le han sumado otras cuatro firmas asociadas al Centro de Laminadores Industriales Metalúrgicos Argentinos (CLIMA) en apoyo a la iniciativa en su primera etapa.

Una vez constituida la empresa, podrán participar en ella cualquiera de las 28 empresas asociadas a CLIMA.

Financiamiento: El 33% del capital - aproximadamente 43 millones de US\$ deberá cubrirse con capital genuino de la empresa.

Insumos: Necesitará 300 000 ton de pellets y 300 000 ton de mineral en trozos. El aprovisionamiento de mineral de hierro provendrá en un 20% de pellets de Sierra Grande. El resto se podrá importar de Brasil, Venezuela, Perú y Sudáfrica.

El consumo de gas natural será de aproximadamente 450 000 m³ diarios. En este sentido el emplazamiento de San Antonio del Este responde a la necesidad de contar con gas natural (materia prima fundamental en el proceso de reducción directa). En la proximidad de la zona se encuentra el gasoducto del Sur, cuya capacidad será ampliada.

Energía Eléctrica: El requerimiento es de 90 Kilovatios/hora por tonelada de hierro esponja producido. Para la primera etapa del proyecto la energía eléctrica será abastecida por la red provincial de Río Negro. En la segunda etapa se requerirá una línea de 500 Kilovatios que HIDRONOR tenía previsto tender de Choele Choel a San Antonio Oeste.

Proceso H y L III: Desarrollado por la firma mexicana Hojalata y Lámina, y por la firma alemana Mannesmann - DEMAG

Suministro de agua: El requerimiento es de 200 m³/hora a obtener del canal Pomona-San Antonio, que abastece 7 m³/segundo constantes, y del acueducto proyectado hasta el puerto.

Planta de reducción directa: Kawasaki - Marubeni

3.2 - BOLIVIA

1. EMPRESA SIDERURGICA BOLIVIANA S.A. - SIDERSA

- 1.1 - Objetivo - Instalar una planta integrada nueva, la única del país, que utilice los recursos de mineral de fierro del Mutún. El mineral se peletizaría y se transportaría a Santa Cruz, usando la línea que une a esta ciudad con Santos y que pasa por Puerto Suarez a 30 Kms de Mutún.

En Santa Cruz se instalaría una planta de Reducción Directa.

1.2 - Síntesis del Proyecto

- Planta de peletización con capacidad de 840 000 ton/año;
 - Reducción directa usando gas de la zona de Santa Cruz;
 - Acería eléctrica con 3 hornos de ultra alta potencia de 80 ton c/u y una capacidad de la acería de 530 000 ton/año.
 - Colada continua de palanquillas, capacidad 500 000 ton/año.
 - Tren de laminación de no planos con capacidad de 520 000 ton/año.
- 1.3 - Grado de avance - El proyecto, que además de las secciones indicadas incluía el desarrollo integral de la zona, con obras de infraestructura y de comercialización de otros productos, no se ha materializado, sino a nivel de estudios. En ellos han participado desde hace una década, varias empresas de consultoría internacionales.

- 1.4 - Información general - Actualmente se está considerando un proyecto reducido de sólo 100 000 toneladas/año. También se está haciendo un análisis del mercado interno para tener cifras más confiables sobre la demanda nacional.

Por otra parte, en el yacimiento mismo se está realizando una instalación piloto de extracción y clasificación para exportar mineral a los Altos Hornos de Zapla en Argentina, vía Corumbá-Río Paraguay - Ferrocarril a Zapla.

3.3 - BRASIL

A pesar de los buenos índices de productividad que puede exhibir la Siderurgia Brasileña en relación a los países más adelantados, es indudable que el sector atraviesa por una dura crisis financiera. Crisis que por lo demás está caracterizando prácticamente a todos los países de América Latina.

Políticas de precios restrictivas, entre otras razones, han provocado en las empresas la pérdida de la autogeneración de ingresos, para enfrentar las necesarias ampliaciones. Así es como el año 75 sólo disponían del 54% de recursos propios, que siguió bajando al 40% en 1979. Otro indicador financiero que demuestra la situación por la que está pasando el sector, es la rentabilidad sobre la inversión, que de un 11% el año 75 cayó a -5.1% el año 79.

En esta situación, los proyectos debieron sufrir serios percances: necesidad de reprogramarlos de acuerdo a los recursos financieros disponibles, paralizaciones de algunas obras, anulaciones de órdenes de compra o reducción de ellas, etc.

En las líneas siguientes se hace un análisis de los proyectos, empezando por las tres principales empresas del Grupo SIDERBRAS:

- Companhia Siderúrgica Nacional (C.S.N.);
- Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA);
- Usina Siderúrgica de Minas Gerais (USIMINAS).

Continuando con los demás proyectos de las empresas de SIDERBRAS.

- Açominas. C.S.T., S.M.J.

Posteriormente se hace referencia a las empresas privadas.

Las tres empresas primeramente citadas están terminando o poniendo en ejecución, la tercera etapa de sus planes de expansión.

EMPRESAS DE SIDERBRAS

1. Compañía Siderúrgica Nacional - C.S.N.

Volta Redonda

- 1.1 - Objetivo - Elevar capacidad de 2 500 000 toneladas de acero bruto a 4 600 000 de acero bruto al año.

1.2 - Síntesis del proyecto

- Patio de materias primas;
- Coquería: 2 nuevas unidades de 1 104 000 ton/año;
- Sinterización de 2 175 000 ton/año;
- Reforma de altos hornos 1 y 2, elevando sus capacidades a 1 749 000 toneladas de arrabio al año;
- Fábrica de oxígeno N° 4;
- Convertidor LD de 220 ton;
- Colada continua para planchones, máquinas N°s. 2 y 3;
- Nuevo laminador de bandas en caliente de 3 200 000 ton/año;
- Nueva línea de terminación en caliente;
- Líneas N° 3 y 4 decapaje continuo;
- Nuevo laminador de bandas en frío N° 3;
- Líneas N°s. 2, 3 y 4 de recocido continuo;
- Línea de preparación de bobinas;
- Estañado electrolítico;
- Cíncado continuo;
- Terminación en frío para chapas y bobinas.

1.3 - Grado de avance - Están concluidas las secciones siguientes:

- Fábrica de oxígeno N° 4;
- Patio de materias primas;
- Laminador de bandas en caliente N° 2;
- Sinterización N° 4.

Durante el año 1982 estaban programadas para terminarse:

- Batería de coque N° 4;
- Línea de decapaje continua N° 4;
- Laminador de bandas en frío N° 3.

1.4 - Información general - Algunos servicios de montaje fueron interrumpidos para adecuarlos a los recursos disponibles, debiendo ser reiniciados durante el presente año y el próximo.

2. Compañía Siderúrgica Paulista - COSIPA

2.1 - Objetivo - El objetivo principal de la Etapa III de COSIPA es elevar la capacidad de acero bruto en 1 200 000 ton/año con la construcción de una nueva acería. Con este aumento la capacidad de acero bruto alcanzaría a 3 500 000 ton/año.

2.2 - Síntesis del proyecto

- Planta de sinterización Nº 3 de 2 930 000 ton/año;
- Coquería Nº 5 con 590 000 ton/año;
- Reforma de altos hornos I y II elevando sus capacidades a 3 220 000 ton/año;
- Acería Nº 2 LD para 1 300 000 ton/año;
- Desulfuración para acería Nº 1;
- Colada continua para planchones 1 200 000 ton/año;
- Aumento de capacidad de laminación de chapas gruesas en un 40%; laminación de bandas en caliente en 64%; y laminaciones de bandas en frío en 20%.

2.3 - Grado de avance - En marzo de 1981 se procedió a hacer una revisión del cronograma de actividades de la tercera etapa de ampliación y del porcentaje de su cumplimiento. Tanto en COSIPA como en la C.S.N., se han producido atrasados debido a factores financieros.

Sin embargo, ya están finalizando su etapa de montaje o está ya terminada en las siguientes secciones:

- Sinterización Nº 3;
- Desulfuración para acería Nº 1;
- Reforma de hornos de calentamiento para laminados de bandas en caliente.

La acería LD que es el proyecto más importante de esta etapa de ampliación, ha sufrido atrasos muy significativos, avanzando a la mitad del ritmo requerido. Como esta acería Nº 2 es independiente del conjunto de la usina ya en funcionamiento, su atraso no interfiere la producción. Se estima la culminación de las obras de la acería para finales de 1982.

La colada continua tiene problemas semejantes a los de la acería en cuanto a atrasos. Se ha estimado para 1983 el inicio de sus operaciones.

2.4 - Información general - La etapa tercera del plan de desarrollo de COSIPA, es el proceso que más ha sufrido atrasos por razones financieras. Sin embargo, la empresa ha redoblado sus esfuerzos para con seguir mejorar sus índices de produc tividad, estableciendo los niveles más altos, en aspectos metalúrgicos, energéticos, etc. entre las tres usinas de planos de SIDERBRAS, apro ximándose a lo obtenido por Japón en el año 80.

3. USIMINAS - Usinas Siderurgica de Minas Gerais - USIMINAS

Ipatinga

3.1 - Objetivo - La Etapa III del Proyecto de Expansión de USIMINAS tiene como objetivo procesar 3 500 000 toneladas de lingotes correspondientes a 3 800 000 de toneladas de acero bruto.

3.2 - Síntesis del proyecto

- Modificación de Alto Horno Nº 3 aumentando su capacidad a 2 088 000 ton/año de arrabio;
- Nueva línea de enderezamiento de chapas gruesas, que aumenta su capacidad en 25%;
- Reformas al laminador continuo en frío;
- Línea de rebobinamiento Nº 3;
- Línea de decapaje Nº 3;
- Unidad PHOSAM de recuperación de amonio;
- Sistema de recuperación de ácido clorhídrico.

3.3 - Grado de avance - Están terminadas las secciones siguientes:

- Alto horno Nº 3;
- Acería Nº 1;
- Laminador de bandas en caliente;
- Sistema de recuperación de amonio;
- Línea de decapaje Nº 3;
- Reforma del laminador continuo frío;
- Línea de rebobinamiento Nº 3;

3.4 - Información general - USIMINAS es el mayor productor de chapas no revestidas de Brasil, alcanzando índices operacionales muy satisfactorios.

4. Aço Minas Gerais S.A. - AÇOMINAS

Ouro Branco

4.1 - Objetivo - Nueva planta dedicada a producir perfiles medianos y pesados, tablestacas y rieles, con una capacidad concebida primitivamente de 10 000 000 de ton/año, se acordó iniciarla con una primera etapa de 2 000 000 ton/año de acero bruto.

4.2 - Síntesis del proyecto

- Coquería para 1 130 000 ton/año;
- Sinterización para 3 470 000 ton/año;
- Alto Horno para 1 930 000 ton/año;
- Acería LD con dos convertidores de 200T, para una producción anual de 2 000 000 de ton. Se prevé un tercer convertidor que elevará la capacidad de la acería a 4 000 000 ton/año;
- Laminador de palanquilla para 1 560 000 ton/año;
- Laminador de planchones con capacidad para laminar 2 000 000 ton/año en la primera fase;
- Laminador de rieles y perfiles pesados.

4.3 - Grado de avance - En Julio de 1981, después de examinar la situación del proyecto, fue reprogr^umado el inicio de producción de las unidades metalúrgicas para 1983. El laminador de bloques y placas entró en fase de pruebas y entrará en operación regular a partir de 1983. Los laminadores de perfiles pesados y medianos se iniciarán en 1984.

A fines del año 1981 ya se había colocado orden y recibido el 95% de los equipos, los cuales tenían un 63% de fabricación brasileña. Actualmente la usina está con un 76% de las instalaciones ejecutadas.

4.4 - Información general - Es posible que las fechas anteriormente señaladas sufran nuevas postergaciones, debido a la situación económica general. La empresa tiene firmados contratos de venta de sus productos con Ferrostaal de Alemania y Days Loewy de Inglaterra. Además de convenios de venta de semiterminados a Mendes Júnior.

5. Compañía Siderurgica Tubarão - C.S.T.

Vitória , Municipio Carapina

5.1 - Objetivo - Producir 6 000 000 ton/año en planchones de acero destinados parcialmente a la exportación. Se hará en dos etapas de 3 000 000 ton/año cada una. Este proyecto cuenta con dos socios extranjeros: FINSIDER de Italia y Kawasaki de Japón.

5.2 - Síntesis del proyecto

- Coquería para 1 372 000 ton/año;
- Planta de sinter para 4 857 000 ton/año;
- Alto Horno para 3 285 000 ton/año;
- Acería LD con dos convertidores de 280 ton c/u;
- Hornos de foso;
- Laminador desbastador duo reversible con escarpado continuo, para 3 000 000 ton/año.

5.3 - Grado de avance - Se estimaba el inicio de operación para el año 1983. Ya ha sido contratado el 95% del valor total de los equipos y el 80% de la construcción y montaje. En general este proyecto, como excepción de los anteriormente analizados, no ha tenido atrasos. La razón es que se ha dispuesto de los recursos previstos por los socios extranjeros, de acuerdo con el cronograma original.

5.4 - Información general - Cuando los socios extranjeros completen su capital, SIDERBRAS, que es el socio mayoritario, puede tener dificultades para integrar la parte que le corresponde, considerando las restricciones que han debido tener las empresas estatales.

En el contrato se estipula, en relación a la compra de planchones por los socios extranjeros, dos períodos. En el primero, que es de tres años desde que la planta empieza a producir, los socios extranjeros deberán adquirir el 20% de la producción, en los años siguientes deberán aumentar sus compras a 40% con una opción de 10% más.

Recientemente se ha firmado un convenio de "lease back" con 10 empresas japonesas mediante el cual se les vende el Alto Horno y las playas de carbón por 550 millones de dólares y SIDERBRAS les arrienda estos equipos por 10 años.

6. Mendes Junior - S.M.J.

Minas Gerais - Juiz de Fora

- 6.1 - Objetivo - Siderurgia semi integrada, para producir 600 000 ton/año de productos no planos: perfiles livianos y barras.
- 6.2 - Síntesis del Proyecto
- Horno eléctrico de 80 ton/colada;
 - Colada continua de palanquilla de 75 ton/hora;
 - Laminación de no planos 600 000 ton/año.
- 6.3 - Grado de Avance - Durante 1981 usó 205 millones de dólares de un presupuesto total de 661 millones. En este año se iniciaron las obras civiles de esta planta.
- 6.4 - Información general - Los equipos alcanzan un 90% de producción brasileña, lo que representa un nivel muy importante para el desarrollo nacional de equipos especializados de plantas siderúrgicas.

Esta empresa tiene un acuerdo con AÇOMINAS para laminar semiterminados producidos en la planta de Ouro Branco.

EMPRESAS QUE NO PERTENECEN A SIDERBRAS

7. Compañía de Aceros Especiales de Itabira - ACESITA

Minas Gerais - Itabira

- 7.1 - Objetivo - Aumentar la capacidad de producción de 300 000 a 600 000 ton de acero bruto, etapa que ya está realizada. Posteriormente se programa alcanzar a un millón de ton/año.

ACESITA es una empresa que merece destacarse por el uso de carbón vegetal para producir aceros de alta calidad como son los aceros inoxidables y los de grano orientado.

7.2 - Síntesis del proyecto

- Alto horno de carbón vegetal que puede llegar a 2 000 ton/día de capacidad;
- Convertidor LD;
- Colada continua de palanquillas;
- Colada continua de planchones;
- Laminación para planchas silicosas de grano orientado;
- Laminación en frío SENDZIMIR para aceros inoxidables.

7.3 - Grado de avance - La etapa para 600 000 ton/año está completa.

7.4 - Información general - Debe destacarse la importancia de esta empresa por el desarrollo que ha hecho del carbón vegetal como reductor. Además, la posibilidad de construir un futuro alto horno con 2 000 ton/día de capacidad, de acuerdo a los proyectistas de la empresa. Actualmente hay altos hornos de capacidad equivalente en la Compañía Siderúrgica Nacional y en USIMINAS.

Debe también destacarse el esfuerzo de esta empresa en la explotación de bosques propios y en su explotación racional.

8. Otros Proyectos de Siderurgias Integradas

Entre éstas citamos:

8.1 - Compañía Siderúrgica Belgomineira - BELGOMINEIRA

En 1981 se terminaron las obras del quinto alto horno a carbón vegetal y se estudia ampliación de la laminación y trefilación.

8.2 - Siderúrgica Barramansa S.A. - BARRAMANSA

Plan de expansión para llegar a una capacidad de 300 000 ton/año con:

- 2 hornos eléctricos de 50 ton c/u;
- 1 máquina de colada continua de palanquilla;
- 1 laminador de barras y alambón.

8.3 - Compañía Siderúrgica de Guanabara - COSIGUA

Aumento de 600 000 ton/año a 1 000 000 ton/año con:

- Horno eléctrico N° 3;
- Colada continua N° 2 para palanquillas;
- Nueva laminación y trefilación.

8.4 - Usina Siderúrgica de Bahía - USIBA

Ampliación para 420 000 ton/año con:

- Horno eléctrico;
- Máquina de colada continua de palanquilla.

3.4 - COLOMBIA

1. Acerías Paz del Río

Belencito

- 1.1 - Objetivo - Elevar la actual capacidad de 300 000 ton de acero a 952 000 ton en 1985. Con este tonelaje de acero se obtendría 755 000 ton de productos: 331 000 ton de planos, 410 000 ton de no planos y 14 000 ton de palanquilla para la venta.

1.2 - Síntesis del proyecto

- Nueva coquería;
- Nuevo Alto Horno;
- Modificación de los actuales convertidores Thomas, adaptándolos al sistema LWS de inyección de oxígeno por el fondo;
- Planta de oxígeno e instalaciones auxiliares necesarias para el nuevo proceso;
- Colada continua para tochos y palanquillas;
- Laminador en frío de 300 000 toneladas;
- Planta de cemento de escorias.

- 1.3 - Grado de avance - El proyecto de ampliación de Paz del Río está contenido en el "Plan Indicativo de Desarrollo de la Industria Siderúrgica" que fue formulado por un grupo de expertos, tanto del sector público como privado y que fue aprobado en Noviembre de 1979 por el Consejo Nacional de Política Económica y Social.

El Plan no se ha cumplido en lo que a Paz del Río se refiere, sino solamente en la transformación de los convertidores Thomas al sistema LWS. Esta transformación permitirá aumentar la capacidad de producción de 300 000 ton a 400 000 ton.

Además, se ha puesto en marcha la planta de cemento - escoria.

1.4 - Información general - Desde que se aprobó el Plan Inducido no ha habido la decisión gubernamental de ponerlo en ejecución. Las causas pueden encontrarse en la apertura al comercio internacional que ha desprotegido a la industria local, a la recesión interna y a los bajos precios del acero importado y a las dificultades de financiamiento.

La instalación del nuevo Gobierno, es posible que ponga en evidencia la necesidad de las ampliaciones de Paz del Río que el plan señalaba.

2. SIDELPA

Cali

2.1 - Objetivo - Aumentar la capacidad de producción de 50 000 ton de aceros comunes y especiales a 70 000 ton.

2.2 - Síntesis del proyecto

- Colada continua de palanquilla;
- Tren continuo de laminación.

2.3 - Grado de avance - El programa de ampliación se ha cumplido con la instalación del tren continuo, cuyas obras civiles se iniciaron en Noviembre de 1981 y su montaje y operaciones de prueba estaban programadas para el segundo semestre de 1982.

2.4 - Información general - Esta empresa es una de las pocas existentes en la subregión que tiene capacidad de producción y tecnología para producir aceros especiales. La culminación de este programa de expansión, le permitirá a la empresa abordar en mayor proporción la fabricación de este tipo de aceros.

3. FERROMINERA

Costa Atlántica

- 3.1 - Objetivo - Suministrar fierro esponja a las cinco empresas semi-integradas que actualmente se abastecen de chatarra nacional e importada. La disponibilidad nacional de chatarra es del orden de 100 000 ton, frente a una demanda a plena capacidad del orden de 300 000 ton. Las empresas semi-integradas dependen así de la chatarra importada.
- 3.2 - Síntesis del Proyecto - Instalaciones de Reducción Directa para una capacidad de 350 000 a 400 000 ton. de fierro esponja.
- 3.3 - Grado de avance - Se ha creado la empresa FERROMINERA S.A. con participación del Estado a través de Instituto de Fomento Industrial (I.F.I.).

Se han terminado los estudios de prefactibilidad y se han iniciado los de localización en la Costa Atlántica.

Actualmente el proyecto ha quedado suspendido.

- 3.4 - Información general - Este proyecto adquiere gran importancia se si considera la incertidumbre de las empresas semi integradas, que al depender de la importación sufren, por una parte, el impacto de variaciones de precios muy significativas, y por otra parte, de la inseguridad de contar con esta materia prima fundamental.

3.5 - CHILE

1. Compañía de Acero del Pacífico S.A. - CAP

- 1.1 - Objetivo - Llegar a una capacidad de producción de 1 000 000 ton/año de acero bruto.
- 1.2 - Síntesis del proyecto
- Planta de sinter;
 - Nueva coquería de 650 000 ton/año;
 - Reemplazo de hornos Siemens Martins por 2 convertidores de 100 ton/c/u, con posibilidad de ampliación para un tercer convertidor;
 - Planta de oxígeno;

- Colada continua de planchones para 300 000 ton/año;
- Reemplazo del laminador de planchas Steckel por lamina dor semi continuo.

1.3 - Grado de avance - Las obras para este plan se iniciaron a principios de los años 70, pero por distintas circunstancias aún no se terminan. Las instalaciones ya realizadas son:

- 2 convertidores de 100 ton c/u;
- Planta de oxígeno;
- Laminador semi continuo. Debe destacarse que la instalación de este laminador fué una extraordinaria muestra de capacidad de ingeniería, pues se realizó sin detener el Stekel.

De las secciones que faltan, la más urgente es la coquería, pues la actual está llegando al límite de su vida útil.

En cuanto a la planta de sinter, el proyecto está actualmente en revisión.

1.4 - Información general - La capacidad actual de la planta es de 750 000 ton de acero/año que podría elevarse a 1 000 000 con la instalación de la colada continua de planchones.

Sin embargo, la planta actualmente está produciendo del orden de sólo 400 000 ton/año, la mitad de las cuales se exportan.

La caída del mercado interno, en forma tan significativa y las dificultades para exportar, han obligado a postergar la instalación de la colada continua. Ella no tendría ninguna justificación en estas circunstancias, a pesar que el equipo completo ya fue adquirido y está en la planta desde hace algunos años.

3.6 - ECUADOR

1. Compañía Ecuatoriana de Siderurgia - ECUASIDER

Machala

1.1 - Objetivo - Instalación de una nueva planta integrada con reducción directa, usando gas del Golfo de Guayaquil, para 400 000 ton/año de acero destinados a abastecer de palanquilla a laminaciones existentes.

1.2 - Síntesis del proyecto

- Unidad de reducción directa de 400 000 ton/año;
- Acería eléctrica de 370 000 ton/año;
- Colada continua de palanquilla.

1.3 - Grado de avance - Está lista la ingeniería básica. Se prevé realizar el proyecto en dos etapas: la primera para alcanzar 210 000 ton en 1984 y la segunda para aumentar esta producción a 400 000 ton en 1988.

En cuanto a la reducción directa, no se ha decidido aún cuál será el proceso que en definitiva se adopte, si Hyl o MIDREX.

1.4 - Información general - La idea fundamental de este proyecto es abastecer de palanquilla a tres acerías: ANDEC, ADELCA y ACOPAXI que laminan barras, platinas y perfiles livianos.

ECUASIDER es una empresa formada por los siguientes entes estatales en las proporciones que se indican:

- | | |
|-------------------------------------|-----|
| - Dirección Industrial del Ejército | 51% |
| - Corporación Financiera Nacional | 27% |
| - Corporación Petrolera Ecuatoriana | 17% |
| - CENDES | 5% |

3.7 - MEXICO

1. Siderúrgica Lazaro Cardenas - Las Truchas-SICARTSA

Estado de Michoacán

1.1 - Objetivo - 2ª Etapa que proyecta ampliar la capacidad de producción en 2 millones de toneladas para alcanzar una capacidad total de 3.6 millones de toneladas de acero anuales.

En especial se considera la producción de planchas anchas destinadas a la fabricación de tubería soldada de grandes diámetros, en los grados X-60; X-70 y X-75.

1.2 - Síntesis del proyecto - Originalmente esta Segunda Etapa se concibió como Alto Horno y Convertidor al oxígeno, suponiendo que el país no tendría gas suficiente. Pero cuando de las exploraciones de Petróleo Mexicanos (PEMEX) se concluyó que había recursos de gas adecuados, se cambió el proyecto por Reducción Directa y Horno Eléctrico.

El nuevo proyecto incluye:

- 3 Módulos de Reducción Directa de 700 000 ton/año cada uno, totalizando una capacidad de 2 millones de fierro esponja con 92% de Fe;
- 4 Hornos eléctricos de ultra alta frecuencia de 600 000 ton/año cada uno;
- 3 coladas continuas de planchas de dos líneas cada una, con capacidad de producir planchas de 300 mm de espesor y 1.6 m de ancho;
- 1 Laminador de planos para procesar planchas de 4.1m de ancho;

Además el proyecto incluye desarrollos en minería y una nueva planta eléctrica.

1.3 - Grado de avance - La actual capacidad de 1.3 millones de toneladas se prevé que aumente a 2 millones en 1983, a 3 en 1984 y a 3.6 en 1985.

1.4 - Información general - A continuación de esta etapa se contemplaba la ejecución de una 3ª y 4ª, para llegar a 1990 a una capacidad anual de 10 millones de toneladas de acero. Sin embargo, los planes de SIDERMEX en relación a la nueva planta Siderúrgica Altamira en la capital del Golfo, pueden hacer cambiar la prioridad de las futuras ampliaciones de SICARTSA.

2. Altos Hornos de México S.A. - AHMSA

Monclova - Estado de Coahuila

2.1 - Objetivo - Construcción de Planta 2 para alcanzar una capacidad de producción de 4.5 ton/año aumentando en 1.17 millones las 3.33 existentes de acero.

2.2 - Síntesis del Proyecto - El proyecto incluye:

- Planta de Peletización (3 millones ton/año);
- Coquería;
- Altos hornos (4 500 ton/día);
- Acería al oxígeno (1 250 000 ton/año);
- Colada continua de planchas (750 000 ton/año);
- Laminación de rieles (80 000 ton/año);
- Ampliaciones en la galvanización.

- 2.3 - Grado de avance - La construcción de la Planta N° 2 empezó en los años 75-77 y está prácticamente terminada.
- 2.4 - Información general - La Planta N° 2 es un complemento de la Planta N° 1 más que una operación independiente. Por ejemplo, el arrabio de los Altos Hornos de la Planta N° 2 es refinado en ambas plantas.

3. HYLSA S.A.

Planta de Monterrey

- 3.1 - Objetivo - Aumentar su capacidad de 1.5 a 3 millones de toneladas de acero al año.
- 3.2 - Síntesis del proyecto - El proyecto considera:
- Reducción directa;
 - Hornos eléctricos;
 - Laminador de planos;
 - Laminador en frío continuo;
 - Equipos para producir cañería.
- 3.3 - Grado de avance - Para 1983 se espera que la producción esté en 1.6 millones de ton/año, lo que constituye la primera etapa de este proyecto.
- 3.4 - Información general - Cuando este proyecto esté completo HYLSA se convertirá en el segundo productor mexicano, sólo aventajado por AHMSA. Las plantas están estratégicamente localizadas para cubrir los mayores mercados del país: Monterrey y Ciudad de México.

4. TAMSA - Tubos de Acero de México S.A.

Veracruz

- 4.1 - Objetivo - Elevar la actual capacidad de 300 000 ton (260 000 de tubos sin costura; 40 000 de barras de acero finos) con una nueva planta de una capacidad de 450 000 ton de tubos sin costura.

4.2 - Síntesis del proyecto

- Planta de reducción directa de 450 000 ton/año;
- Nueva acería equipada con colada continua de barras redondas de 4 líneas para 500 000 ton/año en diámetros de 200 mm hasta 440 mm. Es una de moderna concepción y de las pocas que hay en el mundo;
- Un laminador para tubos de tipo continuo y de mandril retenido para producir anualmente 450 000 ton de tubos entre 114 mm (4 1/2") y 273 mm (10 3/4") de diámetro. Es de la tecnología más moderna a nivel mundial;
- Nueva instalación de tratamiento térmico y de acabado en frío.

4.3 - Grado de avance - La primera etapa del proyecto que incluye las nuevas líneas de tratamiento térmico y acabado en frío con capacidad de 120 000 ton, quedó terminada de acuerdo al programa, a comienzos de 1982, y empezó su operación experimental en Febrero de ese año.

La segunda etapa que incluye la instalación del horno laminador de tipo continuo y mandril retenido, se está desarrollando. Se han iniciado los montajes y se espera iniciar operación experimental a mediados de 1983.

La tercera etapa que contempla la nueva acería con colada continua de barras redondas, está programada con el inicio de la instalación de los equipos a principios de 1984.

4.4 - Información general - La nueva producción de tubos de TAMSA será íntegramente colocada en el mercado nacional, sustituyendo las importaciones que actualmente hace Petroleos Mexicanos de tubos sin costura. Por esta razón es todo lo probable que el programa de expansión se cumpla en las fechas proyectadas.

5. ATLAX

San Cosme Xalostoc - Tlaxcala

5.1 - Objetivo - Instalar una nueva planta para fabricar 120 000 toneladas de aceros especiales.

5.2 - Síntesis del proyecto

Hornos eléctricos y metalurgia en cuchara para producir:

- aceros de bajo, medio y alto carbono;
- aceros aleados resulfurados y al plomo.

5.3 - Estado de avance - La planta está prácticamente terminada y se espera el inicio de producción en el presente año.

5.4 - Información general - Esta planta del grupo HYLSA estará fundamentalmente orientada a la demanda de aceros especiales de la industria automotriz.

6. PREMEX - Prerreducidos Mexicanos S.A.

Tampico - Costa del Golfo

6.1 - Objetivo - Construcción de Planta de Reducción Directa con una capacidad de 750 000 ton/año.

6.2 - Síntesis del Proyecto - Diez empresas semi-integradas han formado esta sociedad con el objetivo de abastecerse de hierro esponja. Se liberan así de la dependencia de chatarra importada y de sus variaciones de precio.

Escasez de chatarra, abundancia de gas y una rica experiencia en los procesos de Reducción Directa, de uno de los cuales son inventores, hacen de México el país ideal para la producción de prerreducidos. PREMEX es una consecuencia de lo anterior y además de la creciente importancia de las empresas semi-integradas.

Se escogió el Puerto de Tampico para poder operar con mineral importado, y por las ampliaciones portuarias que permitirán recibir barcos de 100 000 toneladas.

6.3 - Grado de avance - Se estima que estas instalaciones estarán en condiciones de operación en 1983.

6.4 - Comentario general - La realización de este proyecto, que libera al país de la dependencia de chatarra importada, puede significar el comienzo de otros módulos de producción semejantes para abastecer a plantas no integradas.

El abastecimiento de la materia prima fundamental para las empresas no integradas, puede además significar la proliferación de miniplantas en el país, con todos los beneficios que ello trae.

Entre las empresas que han formado PREMEX figuran:

- Aceros Nacionales S.A.
- Cía. Siderúrgica de Guadalajara S.A.

- Aceros Chihuahua S.A.
- Aceros Corsa S.A.
- Campos Hermanos S.A.
- OMEGA Manufactura S.A.
- Siderúrgica de Yucatán S.A.
- Aceros Hidalgo.

3.8 - PARAGUAY

Aceros del Paraguay S.A.

1. ACEPAR

1.1 - Objetivo - Nueva empresa integrada, la única del país, que proyecta llegar a producir 180 000 ton de acero bruto al año para laminar productos no planos.

1.2 - Síntesis del proyecto

- 2 Altos Hornos a carbón de madera para 140 000 ton de arrabio al año;
- 2 Convertidores para 180 000 ton/año;
- Colada continua de tochos y palanquillas;
- Desbastador de semiterminados, 160 000 ton/año;
- Laminador de barras y perfiles livianos, 150 000 ton/año.

1.3 - Grado de avance - La planta está en etapa de construcción.

1.4 - Información general - La empresa es un joint-venture entre el Gobierno paraguayo que tiene el 60% y las empresas brasileñas COFERRAZ-TENENGE, que tienen el 40%. Estas empresas han proporcionado toda la ingeniería del proyecto. Todo el equipo es brasileño.

3.9 - PERU

1. SIDERPERU

Chimbote.

1.1 - Objetivo - Plan de rehabilitación que pretende conseguir que se alcance la capacidad de producción nominal de 600 000 ton.

Este plan substituye el de 2 350 000 ton que ha quedado anulado a pesar que estaba en etapa de adjudicación de propuestas.

- 1.2 - Síntesis del Proyecto - Se trata de habilitar adecuadamente todas las secciones de la planta que, por razones de deterioro y falta de mantención, no están dando los niveles de producción para los cuales fueron diseñados.

Asimismo, se analizarán todos los sistemas de administración y control para mejorarlos y modernizarlos. Para ello se cuenta con la asesoría de la empresa belga Traccionel y la asesoría general de SIDERBRÁS.

- 1.3 - Grado de avance - Actualmente se están terminando las bases de las especificaciones para solicitar propuestas.
- 1.4 - Información general - Cuando este plan de rehabilitación esté cumplido, se está considerando un programa de aumento de producción de 400 000 ton, totalizando así un millón de toneladas de acero de capacidad anual.

Este plan adicional se llevaría a cabo en dos etapas de 200 000 ton cada una y contaría con:

- 2 módulos de reducción directa de 200 000 ton/año cada uno;
- 2 hornos eléctricos de 100 000 ton cada uno;
- Colada continua de planchones de 400 000 ton/año;

Estas 400 000 toneladas se laminarían en las actuales instalaciones de la empresa.

2. Laminadora del Pacifico

- 2.1 - Objetivo - Abastecer de palanquilla a las plantas de la empresa "Aceros Arequipa", una en Arequipa y otra nueva en Pisco. Producir aceros especiales para bolas de molino y para hojas de resortes de vehículos.
- 2.2 - Síntesis del proyecto
- Acería eléctrica a base de chatarra con 2 hornos de arco de 40 ton cada uno y 150 000 ton de producción anual;
 - Colada continua para palanquilla de 3 líneas para 120 000 ton/año;
 - Laminador de no planos.
- 2.3 - Estado de avance - El comienzo de la operación de esta planta está previsto para 1983.

- 2.4 - Información general - La Planta N° 1 de Aceros Arequipa establecida en esta ciudad, elaborará: perfiles, barras y barras para bolas de molino. Estas últimas serían entregadas a la empresa "Acerías del Sur" que se dedicaría a producir bolas forjadas. La Planta N° 2, nueva, establecida en Pisco, produciría: barras de construcción, barras lisas, perfiles, aceros para resortes (5160H).

La empresa Acerías del Sur está en condiciones de producir bolas forjadas con barras importadas.

3.10 - VENEZUELA

1. SIDOR, Plan VI

Matanzas - Ciudad Guayana
Estado de Bolívar

- 1.1 - Objetivo - El Plan IV de SIDOR significó aumentar la capacidad de producción de acero líquido desde aproximadamente 1 250 000 ton/año hasta 4 800 000, en un programa que comenzó en 1974 y que para el año de 1983 será prácticamente concluido en su totalidad.

Para iniciar esta nueva etapa, SIDOR ha diseñado un plan de acción a partir de 1982 destinado fundamentalmente a:

- Consolidar las operaciones tanto en las antiguas como en las nuevas instalaciones procurando su total integración;
- Elevar todos los índices de operación para llevarlos a niveles comparables con los de las plantas eficientes a nivel mundial;
- Concluir la inversión operativa final del Plan IV;
- Considerar definitivamente terminados los planes de expansión de la empresa;
- Participar sólo como tercero en la promoción y desarrollo de los proyectos complementarios: laminación de tubos sin costura y electrodos de grafito.

1.2 - Síntesis del proyecto

- 2 Unidades de peletización de 3 millones ton cada una;
- Planta de reducción directa H y L;
- Planta de reducción directa Midrex;

- Acería eléctrica de palanquilla 1 200 000 ton/año, 4 hornos eléctricos con capacidad de 150 ton c/u acoplados con 3 máquinas de colada continua de 6 líneas c/u;
- Acería eléctrica de planchas 2 400 000 ton/año, 6 hornos eléctricos de 200 ton c/u acoplados con 3 máquinas de colada continua de planchas, de 2 líneas c/u.

Laminación Planos:

- Hojalata - Nueva línea de estañado para producir 170 000 ton/año;
- Línea de limpieza y recocido continuo de 130 000 ton/año;
- Bobinas en frío. Nueva línea de decapado para procesar 600 000 ton anuales de bobinas y nueva batería de hornos de recocido para procesar 300 000 ton anuales de productos;
- Bobinas y chapas gruesas laminadas en caliente. Para ampliar a 2 100 000 ton anuales la capacidad del tren semicontinuo en caliente, se ha previsto complementar el equipo existente mediante la instalación de un tercer horno de recalentamiento, un sexto bastidor laminador y un tercer enrollador de bobinas;
- Además se consultó un nuevo laminador de chapas gruesas: Laminación no planos; Nuevo tren de alambrón de 300 000 ton/anuales; Nuevo tren de barras de 500 000 ton/anuales.
- Productos tubulares: Nueva línea de tubería soldada para producir 65 000 ton anuales de tubos comprendidos entre 6 y 24 pulgadas.

1.3 - Grado de avance - El proyecto está totalmente concluido, hallándose las nuevas plantas en curva de aprendizaje. Se estima que el nivel máximo de producción se logrará después del año 1985.

1.4 - Información general - El Plan IV ha significado un esfuerzo gigantesco para SIDOR y problemas de toda índole, en especial de carácter financiero, por causas ajenas a la misma empresa. En particular podrían señalarse como causas de estos problemas:

- La aceleración en la realización del proyecto (en lugar de doce años previstos primitivamente hubo que hacerlo en cinco);
- Capitalización insuficiente e inoportuna;

- Restricción en los precios de venta de los productos;
- Inflación en los insumos; y
- Recesión económica general del país.

Por estos problemas y otras razones, SIDOR está en posición de consolidar adecuadamente lo que se tiene, sin considerar ningún proyecto de ampliación.

2. SIDERZULIA

Maracaibo - Estado Zulia.

- 2.1 - Objetivo - Desarrollar la riqueza carbonífera de la Región Zuliana estableciendo una industria siderúrgica con los procesos: alto horno - convertidor al oxígeno. El mineral de fierro, se traería de Cerro Bolívar y El Pac.

El Programa debería realizarse en tres etapas: Una primera etapa de 1 390 000 ton de acero para producir 600 000 ton de barras y 500 000 de perfiles medianos debería iniciar su operación en el año 1982. Una segunda etapa de 2 600 000 ton de acero para producir un millón de toneladas de bobinas en caliente, 800 000 de bobinas en frío y 400 000 de chapas gruesas, debería iniciarse en 1986. Finalmente, una tercera etapa de 1 300 000 ton para producir 400 000 ton de alambroñ y 600 000 de barras se iniciaría en 1990.

El plan completo significaba una capacidad de producción de 5.2 millones de toneladas de acero y 4.3 millones de productos terminados.

2.2 - Síntesis del proyecto

- Planta de sinterización de 2 millones ton/año;
- Planta de coque de 865 000 ton en primera etapa;
- Alto horno de 1 250 000 ton de arrabio en primera etapa;
- 2 Convertidores oxígeno de 135 ton cada uno;
- 3 Coladas continuas de tochos;
- Laminador de palanquilla de 900 000 ton/año;
- Laminador de barras de 650 000 ton/año;
- Laminador de perfiles medianos de 500 000 ton/año;

- 2.3 - Grado de avance - A pesar de la importancia de este proyecto y del decisivo apoyo que le han dado las autoridades del Estado de Zulia, no se ha iniciado aún la construcción de la Primera Etapa, que como ya se expresó, debería haber iniciado su producción en 1986.

2.4 - Información general - El proyecto, que traería sin duda beneficios muy importantes a una región que es la que más riqueza le da al país, no se ha iniciado por diferentes causas, entre las que cabe destacar:

- Desconfianza en las cifras de demanda interna, que en 1976 justificaron el proyecto. Por ejemplo, para 1985 CORPOZULIA estimaba ese año que la demanda interna sería:

Planos	3.0 millones ton
No planos	3.5 millones ton
Tubos	0.8 millones ton

en circunstancias que proyecciones actuales para 1985 y 1990 dan las cifras siguientes:

	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Planos	1 090	1 320
No planos	1 200	1 480
Tubos	<u>310</u>	<u>350</u>
Total	2 600	3 150

Esta demanda interna puede ser satisfecha con la producción de SIDOR y los otros productores nacionales;

- Recesión económica en el país, que explica la reducción de las demandas proyectadas;
- Crisis mundial del acero;
- Terminación del Plan IV de SIDOR

2.5 - Reestructuración del proyecto - En el mes de Agosto de 1982 el Congreso aprobó la cantidad de 10 600 millones de Bs (2 500 millones de dólares) para desarrollar la cuenca carbonífera de Zulia y para el proyecto de SIDERZULIA.

Pero el proyecto siderúrgico ha sido modificado totalmente. En efecto, el proyecto se realizará, pero en varias fases que se irán integrando en sentido inverso, iniciándose como una planta relaminadora de perfiles. Los semi-terminados serán importados.

El laminador de barras se difiere y la acería, el Alto Horno, la Coquería, la planta de sinterización, se construirán cuando las condiciones del mercado lo justifiquen.

ACELCAR

3. Acerías Electricas del Caroní

Matanzas - Estado de Bolívar

3.1 - Objetivo - Producir 480 000 ton de aceros aleados y finos al carbono, para cubrir la demanda interna de la industria automotriz y metalmeccánica y dejar saldos exportables.

3.2 - Síntesis del Proyecto

- Reducción	400 000 ton/año
- Acería eléctrica	480 000 ton/año
- Colada continua para tochos redondos	160 000 ton/año
- Desbastador para lingotes	320 000 ton/año
- Laminador para barras y alambrón	400 000 ton/año

3.3 - Estado de avance - El proyecto que llegó al punto de iniciarse los movimientos de tierra y de empezar la licitación de los equipos, ha quedado totalmente paralizado.

3.4 - Información general - El proyecto ACELCAR fue promovido por capitales privados, entre los que destaca la firma TECHINT, que tuvo a su cargo la ingeniería, además de su participación accionaria. El Fondo de Inversiones de Venezuela tenía comprometida una participación del 40% de su capital. La recesión interna del país y la crisis del acero a nivel mundial, han creado incertidumbre en relación a la oportunidad de ejecutar el proyecto en los próximos años.

Por esta razón el proyecto ha quedado paralizado en su totalidad, sin que se vislumbre cuando podrá ser reconsiderado.

4. Nueva Planta Laminadora de Tubos sin Costura

4.1 - Objetivo - Abastecer la demanda interna de tubos sin costura con producción nacional.

Esta nueva planta, no será de SIDOR, sino directamente del Fondo de Inversiones de Venezuela.

4.2 - Síntesis del Proyecto

- Laminador continuo de tubos sin costura;
- Aún no está definido si se tendrá una nueva acería o la planta de laminación será abastecida por SIDOR o por semi terminados importados.

4.3 - Estado de avance - Al proyecto aún le falta algunas decisiones fundamentales, como las relativas a la acería. Es posible que ellas se adopten en el presente año.

4.4 - Información general - El proyecto tiene su principal justificación en la sustitución de las importaciones, que actualmente debe hacer el país, de tubos sin costura para su Industria Petrolera. Para 1985 se estima que la demanda de tubos será de 320 000 ton mientras que la producción de SIDOR será solamente de 120 000 ton. Hay pues un déficit del orden de 200 000 ton que pueden ser producidas en el país, de acuerdo a este proyecto.

CAPITULO II

ASPECTOS TECNOLOGICOS

1. TENDENCIAS TECNOLOGICAS EN LA SIDERURGIA MUNDIAL

A) Una Visión Global

Los agudos problemas por los que está pasando la industria siderúrgica en los países del mundo han llevado a expresar opiniones negativas respecto a sus resultados, financieros y su incidencia en las finanzas públicas de un sinúmero de Estados. Ha hecho pensar también en la posibilidad que exista un cierto retardo en su evolución tecnológica. Sobre esto último, debe hacerse notar que precisamente han sido esos problemas los que han estimulado progresos muy significativos para aumentar la eficiencia de las operaciones. La difusión de los procesos de reducción directa, aceración al oxígeno, colada continua etc. así lo ha demostrado. Cabe entonces preguntarse cuales serán los cambios tecnológicos del futuro y cuales procesos actualmente en estudio o investigación, se impondrán en definitiva.

Dentro de la incerteza implícita en todo pronóstico, parecería que hay consenso entre los expertos en los aspectos siguientes:

- a) Hasta fines del siglo, no habría cambios fundamentales en los procesos de producción como en las últimas décadas lo fueron: la reducción directa en reemplazo de la reducción tradicional en alto horno; el convertidor LD en reemplazo de los Siemens Martins y Thomas - Bessemer; la colada continua en reemplazo de la antigua secuencia: lingote-horno de fosotren desbastador.
- b) Los cambios que se introducirían tendrían por objeto mejorar la productividad de esos procesos. En especial con mayores y mejores controles de las operaciones y mejores sistemas de información. En ambos casos la introducción y generalización de la computación sería el camino adecuado. Por ejemplo, la mejoría de la relación acero crudo/producto terminado sería una de las metas de esos controles.

- c) Una definitiva difusión en todo el mundo de los procesos fundamentales de aceración al oxígeno, colada continua, metalurgia en cuchara y reducción directa.
- d) La producción masiva de aceros especiales, como respuesta a las exigencias crecientes de mayor calidad de los aceros y de menores precios, para enfrentar la competencia de otros materiales.
- e) Una mayor toma de conciencia de la importancia de la investigación siderúrgica y por lo tanto de mayores inversiones en esta actividad.
- f) La producción de nuevos tipos de aceros que para iguales resistencias sean más livianos y de menor precio. Asimismo se desarrollarían aceros con mayor resistencia a la corrosión.

B) Investigación

Uno de los aspectos más característicos de la siderurgia, del futuro será la importancia que se le dará a la investigación, pues cada vez es más claro su papel como elemento de diferenciación de la productividad entre países. En efecto, los países que no han dado la importancia requerida a la investigación, han perdido condiciones de competencia y en definitiva ceden progresivamente sus mercados a aquellos que invierten más en investigación.

En este aspecto es pertinente reproducir el cuadro preparado por IRSID que ilustra lo expresado:

Valores dedicados a la Investigación en 1978

	<u>Japón</u>	<u>U.S.A.</u>	<u>Alemania</u>	<u>Francia</u>
Porcentaje de las ventas brutas dedicado a la investigación	1.4	0.7	0.7	0.4
Valores dedicados a la investigación (en millones de dólares)	450	210	90	28
Índice (Japón 100)	100	46	20	6

El relativamente alto valor dedicado a la investigación en Japón es frecuentemente considerado una de las principales ventajas competitivas frente a los otros grandes productores mundiales principalmente USA donde la inversión en investigación y desarrollo está estancada 1/.

Como se expresaba anteriormente, el principal objetivo de la investigación siderúrgica en este decenio, no será descubrir nuevos procesos, sino mejorar la eficiencia de los actuales y además producir nuevos tipos de acero que optimicen las relaciones calidad/precio y calidad/peso.

C) El Aumento de la Productividad

El aumento de la productividad en las operaciones se traduciría en mejores rendimientos entre acero crudo y productos terminados, en particular los rendimientos plancha a planchón; bobina a planchón; barra a palanquilla; perfil a palanquilla etc.

Es lo que está sucediendo en algunos países, especialmente en Japón como se expresara en la 14ª Conferencia Anual del IISI en 1980, el Sr. Eiro Iwamura, presidente de la Kawasaki Steel Co. cuando explicó que en Enero de ese mismo año, la Mizushima Works, obtuvo un rendimiento de 94.2% en la relación planchón a plancha. Esto significa que para producir una tonelada de plancha se necesitó solo 1 061 Kg. de planchón, lo que se debió al efecto combinado de la colada continua y nuevos tipos de controles en las operaciones. Estos controles disminuyen los excesos de material que se producen antes de cuadrar las caras de las planchas, en el proceso de laminación. Utilizando plenamente la capacidad de control por computación, se puede seguir paso a paso el proceso de laminación y disminuir los aludidos excesos de material, obteniéndose el citado rendimiento que es el mayor obtenido en el mundo.

Este caso ilustra adecuadamente la tendencia a mejorar el control de las operaciones usando la computación.

D) Los Procesos Radicalmente Nuevos y los Pronósticos de su Utilización

En el estudio "Scenarios de la Industrie Siderurgique 1990" de UNIDO se presenta un cuadro sobre la situación posible de los nuevos procesos tecnológicos, preparados por la Office of Technology Assessment (OTA) que se reproduce a continuación.

1/ UNIDO: op.cit.

Procesos Radicalmente Nuevos	Aplicación Industrial Significativa		
	1985	1990	2000
Producción de acero a partir de plasma			?
Producción directa del acero		?	?
Producción continua del acero		?	?
Producción hidrometalúrgica		?	X
Producción de acero a partir de la energía nuclear			?
Utilización del Hidrógeno		?	X
Colada directa del acero		?	X
Sustituto de coque: coque formado		?	X
Fabricación directa de láminas a partir de polvo	?	X	X
Reducción directa	X	X	X

En resumen de todos los nuevos procesos el único que tendrá una importancia real en la presente década sería el de Reducción Directa.

E) Tendencias al Uso de Nuevas Aleaciones en los Aceros

Entre los temas dominantes de los pronósticos sobre tecnología del acero se encuentran: el ahorro de los elementos aleantes caros o escasos, y la creciente importancia de la tecnología del acero limpio. En el ahorro de elementos, por ejemplo, la División de Metales de la Union Carbide Corporation, ha declarado que los efectos del vanadio y molibdeno sugieren que el mismo nivel de dureza puede ser obtenido con un significativo menor contenido de molibdeno y de níquel que el que está actualmente especificado por las normas AISI.

En las tecnologías del acero limpio SKF Industries Inc., ha anunciado un decrecimiento importante en las inclusiones contenidas en aceros para rodamientos. A mediados de 1960, el contenido de inclusiones de aceros producidos en hornos eléctricos, fue de 200 a 300 mm por m². Actualmente las microinclusiones tienen un promedio de 1 a 2 mm por m². Estos resultados se han obtenido gracias a sistemas de agitación de los baños, prácticas de desoxidación y otras técnicas avanzadas en las acerías.

Uno de los aspectos fundamentales en las futuras calidades de los aceros es el aumentar su resistencia a la corrosión. En este sentido, los nuevos aceros inoxidables ferríticos constituyen una nueva alternativa a los aceros inoxidables austeníticos de alta aleación.

Estas aleaciones han sido usadas en los tubos de condensación de las plantas de vapor, en intercambiadores de calor y en sistemas de desulfuración de gases.

Creusot Loire está desarrollando aceros de gran resistencia al H₂S. En algunos casos, la refinación en cuchara les ha permitido producir aceros con 0.002% máximo de azufre.

Productos de muy bajo azufre y fósforo han sido usados para las plataformas de perforación de petróleo en el mar. La Phoenix Steel Corp. cita el uso de tubos ASTM A710, para los soportes de las estructuras de perforación, destacando que este es un ejemplo de la tendencia hacia los productos tubulares de aceros, limpios y más resistentes.

Respecto a aceros resistentes a muy bajas temperaturas, se están desarrollando algunos altos en manganeso, que substituyen a los aceros con 9% de níquel y a otros materiales criogénicos. Aceros con 8 a 9% de manganeso y 0.5% de Mo, por ejemplo, combinan la resistencia a las bajas temperaturas de los con 9% de Ni, con una mayor resistencia y ductibilidad.

Los altos costos del tratamiento térmico han destacado las ventajas de los aceros microaleados y han estimulado su desarrollo. Tal es el caso de los que contienen 0.10% a 0.15% de vanadio y son de contenido medio de carbono (0.35 a 0.45 C), que adquieren características semejantes a los tratados térmicamente y se usan principalmente para piezas forjadas. En la industria automotriz se usan ampliamente estos tipos de acero: partes de suspensión, de dirección, cigüeñales. Su resistencia varía de 175 000 a 220 000 p.s.i.

El uso de planchas con revestimientos especiales irá en aumento. Por ejemplo, Chrysler predice que para 1984 usará planchas galvanizadas por un solo lado para todos los paneles exteriores de la carrocería con excepción del techo.

Finalmente, en relación a los aceros microaleados interesa destacar que la Bethlehem Steel Corp. ofrece un tipo de acero, BETHSTAR 80, con mínimo de 80 000 p.s.i. a un precio inferior en US\$ 50 a US\$ 80 que el de un acero comparable, sometido a tratamiento térmico.

En cuanto a aceros para herramientas, la tendencia es reducir el contenido de elementos aleantes, sin sacrificar las propiedades. Un ejemplo en este aspecto lo da la Niobium Products Co., con su nuevo acero de alta velocidad, que contiene 1% C, 0,3% W, 0,3% Mo, 1% Va, 4% Cr y 3% de Cb.

Una estructura homogénea, de dureza 68 HRC se obtiene después de un endurecimiento a 1 200° C y un templado a 560°C. Esta aleación es de un costo bajo, comparando con otras de semejantes características.

En lo que se refiere a revestimientos, además del caso citado de la Chrysler muchos nuevos productos se están desarrollando. Los usuarios de planchas galvanizadas, pueden ahora usar las producidas en Francia por Laminoirs de Strasburgo, a base de polvo de zinc. Este proceso da a las planchas una superficie extra suave y por lo tanto, con gran facilidad para el pintado. La Bethlehem Steel está produciendo planchas revestidas con zinc y aluminio, que le dan adecuada resistencia a la corrosión, con poco peso (0.25 mm de espesor), para construcciones livianas. Su peso es de 1.9 Kg/m², por lo que se supone será una buena alternativa, y más económico, para las planchas de aluminio.

La mención de los nuevos tipos de acero que se ha hecho precedentemente no pretende, por cierto, ser una lista pormenorizada de ellos; su propósito es, exclusivamente, dar algunos ejemplos de la ingente tarea en que están empeñados los investigadores y siderurgistas del mundo, en la búsqueda de nuevos productos que satisfagan en mejor forma las crecientes exigencias del mercado y al precio más bajo posible.

Obviamente la producción de tipos de acero como los señalados, requiere de nuevas tecnologías de producción tales como refinación por electroescoria, la inyección de calcio o magnesio en la cuchara para desulfurar y en general, las técnicas de metalurgia en cuchara; la desgasificación al vacío, etc.

Finalmente, es conveniente destacar la técnica de la "solidificación rápida" que se obtiene por un brusco enfriamiento. Esta técnica ha permitido obtener mejoras substanciales en la calidad de las aleaciones especialmente en su resistencia a larga fatiga, a la corrosión y a la oxidación.

F) La Computación en la Industria del Acero

Puede considerarse que cualquier tecnología pasa por tres etapas de desarrollo: la primera es a nivel de la investigación experimental, en esta etapa no hay seguridad sobre el comportamiento de la tecnología, y es tan cara, que sólo institutos especializados hacen uso de ella, siendo por lo tanto, su desarrollo muy lento. La segunda etapa sucede cuando la tecnología ya está probada y se presenta como una alternativa interesante. Por ello, sale del campo restringido de los investigadores, y empieza su crecimiento más rápido. Finalmente, en la tercera etapa, la tecnología ya no es una alternativa, sino que forma parte de la realidad diaria, es comunemente usada y permanecerá así, hasta que una nueva tecnología venga a sustituirla.

Hace 20 años los sistemas de computación estaban en la primera etapa. Ahora puede asegurarse, basado en una investigación hecha por el IISI, que el control de procesos en las plantas siderúrgicas está en su segunda etapa. Sin embargo, para algunas aplicaciones, aparece ya como una tecnología madura, tanto es así, que los sistemas de computación son componentes standards en diversos equipos.

El avance en la computación empieza en los convertidores y en los laminadores en caliente, a principios de los años 60, como lo muestra el cuadro siguiente:

PRIMEROS SISTEMAS DE CONTROL POR COMPUTACION

	Empresa	Año
Alto Horno	Inland	1960
	Japón	1960
Convertidor	B.S.C.	1962
Demanda de energía	Bethlehem	1960
	B.S.C.	1960
Laminadores de plancha	Republic	1961
Laminador en caliente	Mc Louth	1962
Varios	B.S.C.	1960

Las primeras instalaciones de computadores estuvieron limitadas al control de los procesos. Fue necesario que transcurrieran varios años antes que se consideraran también como sistema de información para la administración. Actualmente, 20 años después de los citados inicios, el crecimiento del uso de computadores en las empresas siderúrgicas ha sido excepcional, y su inclusión en casi todas las instalaciones es considerada como parte integral de ellas. Tanto es así que actualmente no hay área de actividad en la que no exista un computador para algún aspecto de control. Minas de carbón, explotación de yacimientos minerales, coquería, fabricación de arrabio, producción de acero, laminación, recubrimiento, terminación, bodega, despachos, todo es controlado por computación.

Esta tendencia irá en aumento como lo demuestran las cifras siguientes, obtenidas de la investigación del IISI, que compara la existencia de computadores en una muestra de plantas, en 1981 y su proyección a 1985:

	1981	1985
Total plantas de bobinas calientes	46	49
Laminadores con computador	83%	86%
Hornos con computador	46%	78%
Total plantas de planchones	75	74
Laminador con computador	53%	65%
Total altos hornos	136	130
Control con computador	53%	71%
Estufas con computador	35%	59%
Total coquerías	150	144
Control con computador	12%	22%

Los computadores mismos ya no son un factor limitante en los procesos de control, pues hay disponibles una gran variedad para un amplio rango de tipos y complejidad de aplicaciones, que van desde los pequeños dedicados a una sola función, a los más grandes computadores dedicados a acciones generales. La comunicación entre un gran número de equipos de computación formando redes entre todas ellas, permite obtener resultados en aspectos diferentes. Por ejemplo, un tipo de red puede ser dedicado a control de procesos, mientras otra puede tener como objetivo la información.

Un aspecto importante en el futuro del control de las operaciones por computación es el desarrollo de nuevos sensores, que hacen factibles diversos controles. Un ejemplo es el alto horno, donde la cámara infrarroja controlada por computación, "mira" la superficie de la carga para producir un mapa de su temperatura. Con esta información, el operador puede hacer adecuado uso de las recientes técnicas para distribuir la carga.

El progreso de estos sistemas hace posible, por ejemplo, el obtener medidas precisas del largo, espesor y ancho de los materiales, sin necesidad de tener contacto con ellos, lo que es muy importante en la producción de planchones, tochos, planchas, bobinas y barras.

G) La Colada Continua

El desarrollo y difusión de la colada continua en el mundo, es una de las tendencias tecnológicas que se presentan con mayor nitidez para el futuro próximo, tendencia que incluso ya se evidenciaba en la década pasada. Es así como la

proporción de acero producido en colada continua ha aumentado de un 8.1% en 1972, a 20.7% en 1979. Hacia 1981 esa proporción en el mundo occidental era de 44% (32.5% para 1979) con grandes diferencias entre países como se muestra en el cuadro siguiente:

PORCENTAJE DE LA PRODUCCION DE ACERO BRUTO OBTENIDO
POR EL SISTEMA DE COLADA CONTINUA

País	1972	1979	1981
Finlandia	73.9	88.8	91.9
Japón	17.0	52.0	70.7
Italia	12.7	46.4	50.8
Alemania Federal	13.9	39.0	53.6
C.E.E.	7.2	30.9	45.1
Corea	0	30.6	44.3
Brasil	2.2	27.6	36.4
U.S.A.	5.8	16.9	21.1
U.R.S.S.	5.5	9.5	11.1
Total mundial	8.1	20.7	33.4

Fuente: IISI

De estas cifras, es importante destacar la rápida evolución de Brasil y el bajo nivel de Estados Unidos, que se mantiene bastante por debajo de la media mundial.

La colada continua responde al antiguo deseo de los siderurgistas de transformar las operaciones intermitentes de fabricación de acero, en operaciones continuas, pasando el acero en estado líquido directamente a semiterminados. Ya en 1857 Henry Bessemer la presentó, sin embargo, solo en 1952 adquiere importancia práctica, cuando en Austria, Lunghans y Rossi proyectan una unidad para palanquillas y éstas se prueban a escala industrial.

No es extraño el éxito que ha tenido este proceso en reemplazo del tradicional, que consiste en: colar el acero en lingotes, donde el metal se enfriaba y solidificaba; llevar los lingotes a hornos de foso para calentarlo y posteriormente desbastarlos hasta convertirlos en palanquillas, tochos o planchones. La colada continua, por el contrario, permite vaciar el metal de la cuchara a moldes especiales, potentemente enfriados, donde se inicia el proceso de solidificación, junto con su formación en palanquilla, tocho o planchón.

Esto explica porqué en 1980 ya había más de 1000 instalaciones en el mundo y porqué la producción en colada continua subió de 64 millones de toneladas en 1973 a 195 millones de toneladas en 1980. O sea, se triplicó en siete años. La tasa de crecimiento ha sido particularmente alta en los últimos años.

Asimismo, permanentemente se han estado desarrollando nuevas técnicas que evitan la contaminación del metal en el período de vaciado, que mejoran la superficie del metal, etc. Gracias a estas técnicas actualmente se pueden producir en colada continua prácticamente todos los aceros y lo que es muy importante, con alto grado de productividad.

La alta productividad se ha transformado en un pre requisito del proceso de colada continua por lo siguiente:

- La calidad de los aceros que se procesan con este sistema, ha ido en permanente aumento;
- La necesidad de concordar la producción de la colada continua con el flujo de material proveniente de convertidores de gran capacidad;
- La rápida recuperación del capital invertido.

Hasta hace algunos años, frecuentemente la producción promedio mensual de un equipo de colada continua de planchas, era de 50 000 ton; actualmente las instalaciones tienen capacidad superior a 150 000 ton mensuales y 8 de ellas sobre 200 000 y es muy probable que pronto se instalen unidades de más de 300 000 ton por mes.

Para obtener estos niveles de producción ha sido necesaria, entre otras medidas: aumentar la velocidad de fusión; aumentar el tamaño de los semiterminados y mejorar la utilización del equipo (a través de la reducción de tiempos muertos, por ejemplo). El desarrollo de importantes innovaciones en los equipos ha sido creciente para cumplir estos objetivos.

A este respecto, se pueden citar:

- Los moldes de ancho variable, que permiten cambiar las dimensiones de los semiterminados, durante la operación misma;
- La combinación de colada continua con un desbastador que reduce el tamaño de los productos. En esta forma la instalación de colada continua puede producir planchones o palanquillas más grandes, que después serán reducidos, mejorando así la productividad de la instalación;
- El uso de polvos especiales en los moldes, para facilitar el escurrimiento del metal fundido;

- La rotación del metal en el molde por agitación electromagnética. El objeto de este proceso, que empezó a desarrollarse en 1974 por IRSID y ARBEA, y cuyo nombre es MAGNETOGRYR es concentrar las inclusiones del metal en el centro del menisco cóncavo, que se forma por el efecto de rotación, y juntar las escorias. Esta técnica promete muy buenos resultados para la fabricación de palanquillas redondas, cuadradas y rectangulares;
- El acoplamiento del proceso de laminación a la colada continua, de tal manera que los semiterminados son laminados inmediatamente. Se evita así su enfriamiento y posterior calentamiento para ser laminados. Es el proceso llamado CC-DR, cuyo uso, por ejemplo, en la Nippon Steel en la planta de Sakay, le permite laminar directamente planchones en bobinas, con un substancial ahorro de energía. La delicada correlación de todas las operaciones exige que todo el sistema sea controlado por computación;
- La colada continua rotatoria (C.C.R.) que es de tipo vertical, destinada exclusivamente a la producción de redondos, que tienen como destino fundamental la fabricación de tubos sin costura. Este proceso, que ha sido desarrollado por la Societé d'Etude de Centrifugation, permite alcanzar todas las exigentes condiciones de calidad necesarias para los citados tubos sin costura. Entre otras ventajas, el C.C.R. tiene también la ya citada en otro proceso, de producir un menisco cóncavo por efectos de la rotación, con las ventajas ya señaladas;
- Colada continua horizontal (HORICAST). Este proceso, que es uno de los últimos adelantos en colada continua (se industrializó en Noviembre de 1978) responde al deseo de los fabricantes de acero, de evitar las grandes construcciones que necesita la colada continua curva o vertical (altura, fundaciones), como asimismo evitar el uso de algunos equipos auxiliares. Además, este tipo de colada tiene una mantención más simple y segura, necesita personal menos especializado y protege mejor al metal fundido contra la oxidación;
- Colada secuencial o colada en serie; es un proceso de adopción anterior a los señalados, pues data de 1962 como aplicación industrial. Se trata, en este caso, de mantener el máximo tiempo el nivel de acero líquido en el distribuidor (tundish) de modo que la operación no se interrumpa. Esto requiere equipos de cambio rápido de cucharas y de mayores dimensiones de éstas y de los distribuidores. En general, este proceso está adoptado en todas las grandes acerías.

H) Reducción Directa

El nombre "Reducción Directa" proviene de la eliminación del oxígeno de los minerales (óxidos de fierro) que se efectúa directamente, sin llegar a la fusión, como en el del alto horno. De esta manera, el producto, después de procesado, conserva su forma original (colpa, pelet) pero con notable mayor porosidad, lo que ha dado lugar a que se le llame "fierro esponja".

La escasez de chatarra, y su precio altamente fluctuante, así como la falta de disponibilidad de carbones coquizables, han difundido los procesos de reducción directa en distintas partes del mundo.

Por lo menos un centenar de procesos de reducción distintos a los clásicos de alto horno y horno eléctrico, han sido patentados.

Sin embargo, sólo muy pocos han logrado llegar con éxito a la etapa de la industrialización. Actualmente, y agrupados según el tipo de agente reductor y el horno que usan, los procesos más difundidos son los siguientes:

<u>Proceso</u>	<u>Agente Reductor</u>	<u>Tipo de Horno</u>
HyL	Gaseoso	Lecho fijo
Armco	Gaseoso	Lecho fijo
Midrex	Gaseoso	Lecho fijo
Purofer	Gaseoso	Lecho fijo
Fior	Gaseoso	Lecho fluidizado
HIB	Sólido	Lecho fluidizado
Krupp-Eisenschwan	Sólido	Horno rotatorio
SL/RN	Sólido	Horno rotatorio

La participación de los países en desarrollo, en la capacidad de producción mundial de fierro esponja, fue de solamente 25% en los comienzos de 1977. Pero como la mayoría de los proyectos fueron localizados en estos países, su participación ha ido aumentando en forma sostenida. Es así como la capacidad instalada en el mundo en desarrollo, representaba ya en 1979 un 57% con 14.4 millones de ton, se supone que para 1983 su participación seguirá aumentando a 67% con 18.4 millones de ton.

La mayoría de las plantas de los países en desarrollo están localizadas en Latinoamérica.

Las plantas y los procesos usados, existentes en el Continente, se podrían resumir en el cuadro siguiente:

Proceso	Empresa	Localización	Capacidad anual (miles de TM)	Año Puesta en Marcha	
HyL	Hylsa	Monterrey I (Mex)	100	1957	1
	Hylsa	Monterrey II (Mex)	270	1960	1
	Hylsa	Monterrey III (Mex)	450	1974	1
	Hylsa	Puebla I (Mex)	335	1969	1
	Hylsa	Puebla II (Mex)	700	1977	1
	Tamsa	Vera Cruz I (Mex)	280	1967	1
	Usiba	Salvador (Br.)	325	1974	1
	Sidor	Matanzas I (Ven)	400	1977	1
	Sidor	Matanzas III (Ven)	2 100	1980	3
Midrex	Dalmine - Siderca	Campana (Arg)	330	1976	1
	Sidor	Matanzas II (Ven)	400	1977	1
	Sidor	Matanzas IV (Ven)	1 275	1979	3
	Acindar	Villa Constit. (Arg)	420	1978	1
	Purofer	Cosigua (Bra)	360	1976	1
HIB	Minorca (Ven)	750	1972	1	
Fior	Fior de Venez. (Ven)	400	1976	1	
SL/RN	Piratini (Bra)	Porto Alegre	65	1973	1
	SIDERPERU (Per)	Chimbote	-	1980	3

Algunas de las ventajas de los procesos de reducción directa en relación al alto horno son los siguientes:

- 1º - Mayor flexibilidad en la inversión. Las plantas de reducción directa, como lo demuestra el cuadro anterior, son de tamaños más pequeños y son modulares, de tal manera que pueden irse adaptando con facilidad a los requerimientos del mercado. El alto horno, por el contrario, exige capacidades instaladas mucho mayores, lo que significa mayores costos de instalación y subutilización de la capacidad, cuando la demanda disminuye;
- 2º - Uso de gran variedad de minerales. Esta ventaja, se está aumentando con experiencias que permiten, por ejemplo, el uso de minerales altos en azufre o como se está probando en Nueva Zelandia, el aprovechamiento de arenas ferruginosas con contenido de titanio. Ambas pruebas se han estado realizando en hornos rotativos, en los cuales también se ha considerado la posibilidad de procesar desechos finos de trabajos mecánicos;
- 3º - Variedad de agentes reductores. Mientras el alto horno requiere el uso de coque, que es caro y escaso, como fuente de calor y elemento reductor, los procesos de reducción directa permiten usar variedad de reductores tales como: gas natural, carbones no coquificables, finos de carbón, gas de carbón, gas de alto horno, etc.;
- 4º - Comercialización del fierro esponja. El fierro esponja, después de haberse solucionado sus problemas de reoxidación, puede ahora ser producido en una planta especializada y trasladado a la acería o exportado a otro país. No tiene por lo tanto la rigidez del alto horno, que necesariamente debe estar junto a la acería. Esta característica abre posibilidades muy importantes para los países que tienen recursos naturales adecuados para este proceso. Tal es el caso de México, cuyas abundantes reservas de gas natural pueden permitirle transformar mineral, propio o importado, en fierro esponja y éste exportarlo a otros países.

Ventajas del Uso del Fierro Esponja en los Hornos Eléctricos

El fierro esponja ha sido probado en casi todos los sistemas de fusión, incluyendo altos hornos, hornos de arco sumergido, hornos de solera abierta, hornos al oxígeno, hornos eléctricos de arco y cubilotes. Sin embargo, es en los hornos de arco, donde el fierro esponja ha encontrado su mayor uso comercial, sea como sustituto parcial o total de la chatarra.

Las ventajas principales del uso del fierro esponja en los hornos eléctricos, en relación a la chatarra, son los siguientes:

- La composición química es conocida y uniforme;
- Contiene bajo contenido de impurezas;
- Permite usarlo con chatarra de bajo costo y por lo tanto, más disponibles;
- Es fácil de transportar y operar. Y lo que es muy importante, desde el punto de vista de la eficiencia de la operación del horno eléctrico: permite una carga continua y además una carga continua caliente.

Con respecto a esta última ventaja, puede citarse la planta de COSIGUA, en Brasil. Allí el fierro esponja sale de la unidad de reducción directa Purofer, en caliente y se lleva en contenedores cerrados, protegido de la reoxidación, a la acería.

El fierro esponja es descargado en forma continua a 700-800° en el horno eléctrico. Se estima que este procedimiento permite un aumento de la productividad de 30%, comparado con carga fría de fierro esponja.

El Proceso HyL

Quizás el aporte más significativo, que la siderurgia latinoamericana ha hecho a la tecnología siderúrgica, ha sido la invención y desarrollo en México del proceso de reducción directa HyL.

Quando la primera unidad de reducción directa fue instalada en 1957, en la planta de Monterrey de HyL, la compañía era un pequeño productor de planchas de acero que operaba su horno eléctrico con una capacidad de 36 000 ton anuales. La escasez, altos precios e inseguridad en la calidad de la chatarra, y la falta de recursos financieros para construir coquería y alto horno, hizo surgir la idea de la reducción directa para resolver los problemas de abastecimiento de la acería.

El siguiente paso fue solicitar la asesoría de la Kellogg, división de Pullman Inc. que tenía gran experiencia en producir gases reductores para la industria petroquímica. Se trataba de buscar un procedimiento para eliminar el oxígeno de los minerales de fierro, dejando un material casi totalmente metalizado, que pudiera ser transformado en hornos eléctricos.

El resultado de estos esfuerzos conjuntos fue un proceso basado en la generación de un gas reductor producido con la mezcla de gas natural con vapor sobrecalentado, en presencia de un catalizador que descompone la mezcla en sus componentes; especialmente hidrógeno, monóxido de carbono y anhídrido carbónico. Este gas reformado fluye a través de una serie de reactores

que contienen mineral de tamaño controlado o pelet, extrayendo el oxígeno durante su recorrido y saliendo como un gas residual que puede ser usado como combustible para generar el calor que el proceso necesita.

El mineral reducido es enfriado y enviado a canchas de almacenaje o a la acería.

Una vez que la factibilidad del proceso fue comprobada, HYLSA dió a otra división de la Pullman, la Swindel-Dressler Co. los derechos exclusivos en todo el mundo para los estudios de ingeniería y la construcción de las plantas. Además la citada empresa se constituyó en agente único para las ventas del proceso durante 10 años a partir de 1958, contrato que fue renovado por otro decenio en 1968.

En 1974, se formó en México, el grupo industrial ALFA, la organización privada mas grande del país, cuya división Acero se constituyó con: HYLSA, Productores de Acero; HYMAX Fabricantes de Bienes de Capital; y HYL que se encargó de todo lo relacionado con el proceso de reducción directa, entrenamiento de personal, asistencia técnica y ventas internacionales. Ello permitió que en marzo de 1979, pocos meses antes que se venciera el 2º Contrato con Pullman-Swindell. HYL tomó el control de sus propias operaciones considerando nuevas estrategias para el futuro. Una de ellas fue firmar un convenio con la GHH Sterkrade de Alemania Occidental y con la Kawasaki Heavy Industries de Japón que junto con la Pullman Swindell adquirieron el carácter de afiliados no exclusivos de HYL.

La colaboración de estas empresas permitió una expansión muy significativa en los mercados internacionales de la empresa. Es así como en distintas regiones del mundo empezaron a instalarse unidades de reducción directa con el proceso mexicano.

Los proyectos que se están realizando son los siguientes:

Región	País	Compañía	Capacidad TPA
Medio Este	Iran	National Iranian Steel Industries Co.	3 200 000
Europa	Alemania Oriental	IAI	500 000
Europa	España	Prepeisa	568 000
Africa	Argelia	Societe Nationale de Siderurgie	2 300 000
Africa	Egipto	Iron and Steel Co.	800 000
Latinoamérica	Argentina	Sidersur	800 000
Africa	Libia	General Corp. for Iron and Steel Producción	1 100 000
Latinoamérica	Trinidad/ Tobago	Iron and Steel Corp.	900 000
Asia	Tailandia	SIAM Ferrous Industries	400 000
	T o t a l	10 568 000

Las plantas que están en operación y el año de iniciación serían las que muestra el cuadro siguiente; en el que no se incluyen las plantas de América Latina que por haber sido mencionadas anteriormente:

Año	Región	País	Localización	Compañía	Capacidad TPA	Módulos	Reductor
1978	Oceanía	Indonesia	Kota Baja	P.T.Krakatau Steel	630 000	4	Nat. gas
1979	Medio Este	Irak	Khor El Zubair	SODCO	1 600 000	4	Nat. gas
1980	Oceanía	Indonesia	Kota Baja	P.T.Krakatau Steel	1 870 000	4	Nat. gas
1980	Medio Este	Iran	Ahuaz	Nisic	1.100 000	3	Nat. gas
1981	Africa	Zambia	Solvezi	Tika Ltd.	270 000	1	Nafta

Uno de los aspectos más interesantes de las investigaciones que se están haciendo, para mejorar el proceso y darle mayor flexibilidad, es el relativo al uso de otros agentes reductores distintos del gas natural, pues en muchas regiones éste no existe. Los investigadores de HYL han desarrollado procedimientos para usar el gas de coquería, que puede producirse sintéticamente, como reductor. En las plantas de HYLSA se han estado haciendo con mucho éxito, las pruebas correspondientes.

También se han estado haciendo pruebas para el uso de los productos de la gasificación del carbón como reductor; además se han estado desarrollando sistemas para aumentar la estabilidad del hierro esponja y hacerlo menos susceptible a la reoxidación, después que él sale del proceso.

El esfuerzo de investigación ha culminado recientemente con el procedimiento titulado HyL III. Este procedimiento es el resultado de las experiencias en las diferentes plantas de HYL y fundamentalmente permite una mayor flexibilidad en el uso de los agentes reductores.

Entre los conceptos básicos de diseño de HyL III se pueden mencionar los siguientes:

- el gas reductor es producido en el mismo tipo de reformador usado en las plantas HYL por 25 años, sin problemas;
- uso de hidrógeno enriquecido como gas reductor;
- Sección donde se reforma al gas independiente de la sección reducción, lo que da mayor seguridad y facilidad de operación;

- El gas del proceso no es reciclado a través del reformador, lo que significa una mayor vida del catalizador;
- Además del gas natural, las plantas pueden operar con gas de carbón, gas de coquería, nafta y LP gas.

Para apreciar la importancia que tendrá el hierro esponja en el futuro, se puede citar lo asegurado por representantes de HYL en la Conferencia del Iron and Steel Institute para el Sudeste Asiático, en el sentido que para 1990 se esperaba una demanda potencial de 92 millones de toneladas por año. Es importante esta cita porque ella corrige anteriores estimaciones que habían pronosticado para el mismo año solamente 23 millones de toneladas por año.

I) La Metalurgia en Cuchara

Entre los procedimientos modernos para la fabricación de acero, destaca la llamada "metalurgia en cuchara", que puede definirse como el conjunto de acciones a las que se somete el acero líquido, después de salir del convertidor u horno eléctrico, y antes de ser vaciado a la colada continua o en lingotes.

La "metalurgia en cuchara" permite un mejor rendimiento de los hornos y convertidores, que así se limitan sólo a la fusión del metal, dejando las operaciones de afino para que se realicen en la cuchara.

Entre estas operaciones se pueden citar las siguientes:

- Agitación del baño;
- Agregado de elementos aleantes;
- Calentamiento;
- Desgasificación al vacío;

Estas operaciones tienen por objeto mejorar las condiciones en el acero, en especial en relación a:

- Homogeneidad;
- Control de la composición química;
- Descarburación;
- Eliminación del H, N y C ;
- Desoxidación y eliminación de inclusiones (metal limpio);
- Desulfuración;
- Control de la temperatura.

Diversas técnicas se están desarrollando, cada vez más complejas a través de distintos equipos, que permiten alcanzar en los aceros las condiciones citadas. Tal es el caso de:

- La inyección en la cuchara de polvos de cal o calcio para desulfurar; o de SiCa para evitar la formación de inclusiones de un tamaño superior a 10 micrones; o de inyección de Ca para mejorar la "maquineabilidad";
- La homogeneización térmica y química, por la agitación del baño que puede ser por inyección de gas inerte, por inducción o por medios neumáticos;
- La desgasificación al vacío;
- El aumento de temperatura en la cuchara, para compensar su pérdida, durante las operaciones de afino.

Para realizar estas técnicas se han ido perfeccionando diversos equipos entre los que cabe citar:

- Distintos tipos de inyectoros (Scandinavian Lancer);
- Plantas de microaleaciones para la aleación por inyección o al vacío;
- Cucharas especiales;
- Sistemas para producir el vacío en la cuchara;
- Hornos-cuchara que permiten altas velocidades de calentamiento, pues el tiempo disponible para el afino es muy breve (ASEA-SKF).

Los hornos-cuchara, merecen una especial mención por el buen resultado que han demostrado en sus operaciones, al hacer ganar tiempo en el ciclo de los convertidores y al aumentar la productividad del conjunto acería-colada continua. Además, estos equipos permiten mejorar la operación de la colada continua pues con ellos se obtiene una alta precisión en las temperaturas de colada, regularidad de temperatura en el transcurso de la colada y una calidad metalúrgica más uniforme del acero líquido. En efecto, en la colada continua, evitan: los rechazos de cucharas por temperaturas demasiado bajas; los problemas ocasionados, ya en la colada, por temperaturas bajas, como es el caso de solidificaciones; las perforaciones, que tienen su origen en temperaturas demasiado altas. Finalmente permiten, como consecuencia de lo anteriormente expuesto, obtener las calidades de productos según los criterios deseados, gracias a un mejor control de las temperaturas del acero.

En este sentido, es pertinente citar el caso de la empresa francesa Societé Lorraine de Laminage Continu, que en 1979 puso en marcha los dos hornos-cuchara mayores a esa fecha, con agitación por inducción. La capacidad de cada horno-cuchara es de 240 ton. Esta planta es la primera en el mundo, que cuela acero calmado con aluminio, en forma continua, para productos laminados en frío con estrictas exigencias, en cuanto a contenido de fósforo, a partir de arrabio de alto fósforo.

J) Algunos Procesos en Desarrollo

Fabricación de Coque "Conformado"

Durante los últimos diez años se han realizado considerables esfuerzos en la búsqueda de una alternativa económicamente aceptable para sustituir el coque metalúrgico como reductor principal en la práctica de alto horno. La mayor parte del trabajo se ha concentrado sobre el coque conformado y éste parece ser el único con posibilidades de éxito comercial inmediato.

El coque conformado es manufacturado partiendo de carbones no coqueables o poco aglutinantes, carbonizados o parcialmente carbonizados, consiguiéndose las propiedades mecánicas necesarias mediante la briquetización antes o después de la carbonización.

En general se acepta que en la práctica es poco probable que el coque conformado sea superior al buen coque metalúrgico producido por métodos convencionales. Por lo tanto el objetivo ha sido de desarrollar procesos que utilizan carbones más baratos, con costos no marcadamente diferentes de los de la coqueificación convencional y que también produzcan coques, cuyas propiedades concuerden con los requerimientos de operaciones de los altos hornos modernos.

Procesos de Fabricación de Coque Conformado

En los años recientes se han descrito varios procesos de fabricación de coque conformado. Sólo unos cuantos han sido desarrollados comercialmente y todavía ninguno es plenamente reconocido como productor de reductor para fabricación de hierro en altos hornos.

Los procesos disponibles de fabricación de coque conformado pueden ser caracterizados por el número de etapas de tratamiento térmico empleadas y también por el hecho de que la briquetización es ayudada por la adición de un ligante. No han podido hacer productos de coque conformado satisfactorios los procedimientos que involucran el ligado en frío del carbón crudo, realizado exclusivamente a presión y seguido por la carbonización del material ligado y procesos que involucran carbonización en una sola etapa de briquetas de carbón crudo.

Los procesos que involucran el tratamiento térmico del carbón crudo, seguido por briquetización y luego por carbonización para producir coque conformado, han despertado interés considerable. Se describirá en forma breve las características tecnológicas de cuatro de estos procesos que se cree recibirán seria consideración para futuros desarrollos durante los próximos diez años.

El proceso ANCIT: En 1965, la Eschweiler Berwerks-Verein, la principal compañía minera de la cuenca de Aquisgrán en Alemania Occidental, construyó la primera planta piloto semi-industrial, con una producción de 250 toneladas diarias, basada en este proceso. El principio había sido desarrollado en la Dutch Mines ya en los comienzos de la década del 50, para producir las llamadas "briquetas calientes" a partir de una mezcla de un 70% de antracita y un 30% de carbón coquizable, a temperaturas entre 450 y 500°C.

La antracita sin moler ni secar, se inyecta en dos puntos en un reactor horizontal de lecho móvil atravesado por gases de combustión calientes provenientes de una cámara de combustión calentada a gas. A su paso a través del reactor, la antracita se seca, se calienta a la llama hasta una temperatura de más de 600° y se desintegra debido a tensiones térmicas. La antracita molida y caliente se recoge en un ciclón. El flujo de gas, a su salida, atraviesa un segundo reactor de lecho móvil, en el cual el carbón aglomerante caliente se recoge en un segundo ciclón; el gas de acarreo se lava y se quema en la atmósfera, si es que no se tiene algún uso para él. Los dos tipos de carbón recogidos en los ciclones y calentados a diferentes temperaturas, se mezclan íntimamente en un mezclador de paletas de tal modo que la temperatura de la mezcla, de 460 a 520°C, es mayor que la temperatura de reblandecimiento del carbón aglomerante. La mezcla caliente se briquetea en una prensa de doble cilindro. Después de enfriada las brinquetas están listas para el despacho.

Originalmente, este proceso ingenioso y compacto se aplicaba exclusivamente a la producción de combustible doméstico exento de humo. Mas tarde se fabricaron briquetas mas grandes para pruebas en el alto horno a las cuales se hará referencia mas adelante.

Proceso Bergbau-Forschung: Este proceso, desarrollado en la República Federal de Alemania, emplea carbón no coquificable con bajo contenido de volátiles y buen carbón coquificable en una relación de aproximadamente 7:3. El carbón no coquificable se desvolatiza primero a una temperatura en la región de 600-700°C y el resultante carbón chamuscado caliente se mezcla con el carbón coquificable a una temperatura de cerca de los 450°C. La mezcla se briquetea en caliente en una prensa de rodillos para producir briquetas "verdes" conteniendo un 7-8% de materias volátiles. El bitumen en el carbón coquificable actúa como ligante. Se realiza mas carbonización en un carbonizador con arena a 900-1000°C. El producto de coque conformado tiene aproximadamente 1 por ciento de volátiles. En Essen, Alemania Occidental, está en operación una planta piloto de 50 toneladas/día.

Proceso F.M.C. : Este proceso, desarrollado en los EE.UU. y operado en base comercial, es capaz de utilizar cualquier carbón no coquificable alto en volátiles. El carbón se carboniza primero en una sección de lecho fluidizado en la planta y el alquitrán producido es empleado como ligante para el carbón chamuscado. La briquetización se efectúa mediante el prensado con rodillos; las briquetas "verdes" se curan aproximadamente a 500°C y finalmente se carbonizan a aproximadamente 900-1000°C en una retorta vertical continua. El producto de coque conformado tiene un contenido de volátiles de 1-2 por ciento. En Kemmerer, EE.UU., está en operación una planta de 250 toneladas/día.

Proceso Sapozhnikov: Este proceso fue desarrollado en la URSS. El carbón no coquificable (o poco aglutinante) y alto en volátiles se calienta rápidamente y luego se briquetea en caliente. Luego las briquetas se carbonizan en cámaras verticales continuas a 850°C. En Rusia está en operación una planta de 120 toneladas/día.

De estos procesos, el Ancit y el BF-L podrían ser de interés para Latinoamérica.

Tanto en el proceso Ancit como en el proceso BF-L, tal como se concibieron originalmente, el carbón aglomerante debe satisfacer requerimientos similares. Pruebas hechas con carbones provenientes de todos los continentes, han demostrado que los con una materia volátil de más de 18%, un índice de hinchamiento libre de más de 4, con dilatación positiva a un nivel superior a G_1 en el ensayo Gray-King, se pueden usar como carbón aglutinante en ambos procesos. En cuanto al componente principal para el proceso Ancit en su forma original, los carbones de bajo contenido de materia volátil pueden considerarse para este propósito; ellos representan la mayoría de los yacimientos peruanos y una parte de los colombianos. Como ligantes para el proceso Ancit el carbón coquizable peruano, al parecer, resultaría adecuado. En Colombia se dispone tanto de carbones bajo volátiles como de carbones aglomerantes para el proceso Ancit. Para el proceso BF-L, todos los carbones no coquizables o débilmente coquizables, como asimismo los carbones bajo volátiles pueden usarse, en principio, como el componente principal. Desde luego que su contenido en cenizas y azufre no debe exceder de ciertos límites que están determinados por los requerimientos del alto horno.

Propiedades del Coque Conformado

Para considerar las propiedades del coque conformado es mejor compararlas con las de un coque de alto horno convencional de alta calidad.

Un buen coque para alto horno desempeña varias funciones: provee calor; produce el gas para reducir el mineral de hierro y, finalmente, desempeña un rol importante al asegurar la permeabilidad correcta de la carga. Todo esto se logra sólo si el

coque se comporta en el horno en una manera previsible. No debe generar partículas finas en el manipuleo ni al cargarse en el horno, ni sufrir abrasión a medida que los constituyentes desciendan en el horno. Dichas partículas finas reducen la permeabilidad de la carga y por ende la producción del horno.

Pueden producirse en el coque conformado propiedades satisfactorias de despedazamiento y abrasión. Las cifras publicadas, tanto para las briquetas Bergbau-Forschung como para las briquetas F.M.C., muestran que pueden lograrse índices Micum mejores que el 75 por ciento en exceso de 40 mm y no más del 8 por ciento por debajo de 10 mm. (coque convencional bueno).

Tanto el tamaño medio como la gama de tamaños de coque para alto horno han sido considerablemente reducidos en los años recientes y la práctica avanzada de operación ya exige terrones de coque entre 20 y 65 mm., con no más del 5 por ciento por debajo de 10 mm. Una gran ventaja del coque conformado es la facilidad con que se puede controlar el tamaño de las briquetas y que la forma se puede controlar para influir más sobre las características de compactibilidad de la carga.

Se ha escrito mucho sobre el tema de la reactividad del coque, pero todavía falta lograrse un entendimiento completo del rol que el mismo desempeña. El coque tiene que mostrar una reactividad que sea suficientemente alta para asegurar el quemado rápido en las toberas, pero al mismo tiempo suficientemente baja para permitir que el coque llegue a las toberas mayormente sin haberse quemado.

Resulta difícil medir en el laboratorio las propiedades de reactividad requeridas en el horno, pero existe evidencia de que la microreactividad del coque conformado, es más alta que la del coque convencional, debido a su más baja temperatura de carbonización. Esto es compensado en cierta medida por la menor relación del área de la superficie al volumen y por ende más baja reactividad volumétrica de las briquetas de forma regular.

Desde luego el análisis químico tanto del coque conformado como del coque convencional, es mayormente determinado por el análisis del carbón original. El buen carbón metalúrgico producirá un coque con contenido de ceniza menor del 8 por ciento y azufre menor de 1,0 por ciento. Están disponibles carbones no coquificables con análisis comparable, pero el contenido de azufre es frecuentemente bastante alto en los tipos más pobres de estos carbones.

De la discusión previa se ve que pueden producirse coques conformados con propiedades comparables a las del coque convencional. No obstante, el operador de altos hornos sólo tiene interés en las propiedades del coque conformado en lo concerniente a su efecto sobre la operación del horno en tres aspectos: (i): productividad; (ii): consumo específico de coque por

tonelada de metal caliente; y (iii): análisis de metal caliente. Tales características de operación sólo pueden determinarse mediante ensayos de rendimiento en altos hornos.

Ensayos de Fabricación de Hierro en Altos Hornos, Empleando Coque Conformado

Se vuelve cada vez más difícil obtener información detallada sobre ensayos de fabricación de hierro en altos hornos, empleando coque conformado. Aunque se ha publicado alguna información, no se ha publicado mucho de la información esencial para determinar el éxito relativo del ensayo. Sin duda ésto es una indicación del valor comercial que la industria de fabricación de hierro da al coque conformado.

Recientemente se han realizado diversos ensayos de fabricación de hierro en varios países, incluyendo Alemania Occidental, Reino Unido, URSS y EE.UU. Los resultados de estos ensayos han indicado que el coque conformado puede llegar a ser sustituto del coque metalúrgico convencional. A continuación se describen algunos de los aspectos importantes de dichos ensayos.

Los ensayos que fueron realizados en Alemania Occidental, empleando coque conformado producido por el proceso Bergbau-Forschung, dieron resultados prometedores. El alto horno en el cual se condujeron los ensayos tiene un diámetro de hogar de 6.8 m. y normalmente en la práctica de coque convencional, produce entre 1 250 y 1 350 toneladas de metal caliente por día. Se informó que la operación del horno fue satisfactoria durante el período de ensayo, aunque el consumo de coque conformado fue aproximadamente 18 por ciento más alto que el coque convencional. No obstante, teniéndose en cuenta el mayor contenido de materias volátiles y contenido de humedad en el coque conformado, se rectificó el cálculo del requerimiento de coque, el que fue aproximadamente 2 por ciento en exceso del valor normal. La productividad de horno con empleo de coque conformado se redujo en aproximadamente 7 por ciento, lo que probablemente fue debido a las fluctuaciones de la humedad en el coque. También se probaron, sin efecto adverso, las briquetas "verdes" no carbonizadas.

En el Reino Unido se concluyeron satisfactoriamente recientes ensayos en alto horno con coque conformado Bergbau-Forschung. Ya está en operación un programa de 10 años conducente a la instalación de una planta de coque conformado de 0,25 millón de toneladas por año. Se prevé en el futuro cercano un ensayo con coque conformado FMC, a fin de comparar las características de los coques Bergbau-Forschung y FMC.

Los ensayos de fabricación de hierro que se realizaron en la URSS emplearon una mezcla del 50 por ciento de coque convencional y por 50 por ciento de coque conformado. El alto horno empleado en estos ensayos tiene un volumen útil de 750 m³. Por cierto los resultados fueron alentadores en el sentido de que la productividad del horno aumentó más del 4 por ciento, con menos del 1 por ciento de aumento en el consumo de coque por tonelada de metal caliente producido.

En la Unión Soviética se ha planificado más ensayos con el 100 por ciento de coque conformado como reductor en la carga de alto horno. También se ha anunciado la construcción de una planta de fabricación de coque conformado de 1 a 1,5 millón de toneladas por año.

Los ensayos en el alto horno experimental de la United States Steel Corporation (diámetro de hogar 1.2 m), con un 100 por ciento de briquetas de coque conformado FMC, mostraron variaciones relativamente pequeñas en el consumo específico de coque y productividad de horno, comparando con operaciones normales basadas en la práctica de coque convencional. Siguiendo estos ensayos se realizaron ensayos en plena escala en la planta siderúrgica de la ARMCO Steel Corporation, EE.UU.

Durante estos ensayos la operación del horno fue muy adversamente afectada debido al alto contenido de finos en la carga de coque conformado. Como resultado de estos ensayos, el proceso FMC ha sido modificado para producir coque conformado con propiedades mejoradas.

El Futuro del Coque Conformado para el Alto Horno

Es muy probable que el alto horno dominará la fabricación de hierro por los próximos dos a tres decenios, y los presentes requerimientos de propiedades de combustibles sólidos para altos hornos variarán muy poco. Los ensayos de alto horno realizados hasta la fecha, han mostrado que el coque conformado puede emplearse como sustituto del coque de horno de coquización y que su uso tendrá poco efecto sobre el consumo específico de coque para alto horno.

Ya que el coque conformado puede competir con el coque convencional en el campo técnico, su futuro depende de costos relativos de coque de horno de coquización y coque conformado, teniendo en cuenta cualquier pequeña diferencia en el consumo específico de coque o productividad de horno. La economía del coque depende de tres factores, a saber: (i): el costo del carbón; (ii): el costo de fabricar el coque; (iii): los ingresos por venta de los productos.

En esta etapa los datos publicados no permiten una evaluación de los costos de la producción comercial del coque conformado, aunque están en operación a lo menos diez plantas comerciales o plantas piloto en diversas partes del mundo. A pesar de la falta de información parecería razonable formular el supuesto de que inversión de capital en plantas de coque conformado, es más alta que para las plantas de horno de celdas, en vista de que los procesos más prometedores tienen etapas múltiples, comparados con una sola etapa en plantas convencionales. Pero las plantas de fabricación de coque conformado pueden ser operadas en forma continua, lo que significa que sus costos de operación muy bien pueden ser más bajos que los de las plantas convencionales. Considerando en conjunto los efectos de las inversiones y costos de operación sobre el costo de producción, se puede suponer que los costos de plantas de coque conformado, pueden ser comparables con los de un horno de coque convencional moderno. Sin embargo, el rendimiento mucho más pequeño de subproductos de las plantas de coque conformado reducirá los ingresos provenientes de esta fuente, aunque algunos operadores de plantas podrían no considerarlo como problema grave, puesto que ya están tropezando con graves dificultades en encontrar mercado para una gran parte de los productos de la coquificación convencional. Por consiguiente, el costo de la fabricación de coque conformado, libre de créditos pero excluyendo el carbón, probablemente será ligeramente mayor que el de la fabricación de coque convencional.

Sin lugar a dudas el factor más significativo en el costo de la fabricación de coque es el costo del carbón. Por lo tanto es crítico el diferencial de precio entre el carbón metalúrgico y los carbones no coquificables o poco aglutinantes.

El reemplazo de hornos de coque existentes que aun tengan vida útil es justificado cuando el coque conformado se fabrica a costo muy inferior al del coque convencional, lo que ocurre sólo cuando hay gran diferencia de precio entre carbón coquificable y un carbón no coquificable aceptable. Es improbable la existencia de un diferencial de precio tan grande y por lo tanto las plantas de fabricación de coque conformado no reemplazan las plantas existentes con la rapidez con que, por ejemplo, el proceso básico de aceración al oxígeno reemplaza los procesos más costosos de Bessemer y de Siemens-Martin.

Si no se puede justificar el reemplazo de los hornos de coque que todavía tengan cierta vida útil, entonces hay que considerar otras dos posibilidades: primero, que instalaciones de coque conformado sean construídas en plantas siderúrgicas nuevas y segundo, que reemplacen hornos de coque anticuados que están destinados a ser descartados a favor de instalaciones nuevas. Aunque se prevé que dentro de los próximos años las instalaciones de coque conformado merecerían consideración en tales casos, su economía global debe ser superior a la de instalaciones de

de fabricación de coque convencional, en términos de costo de producción o de costos de carbón crudo o en ambos casos.

Desde un punto de vista mundial de la manufactura de coque, se puede anticipar que serán relativamente pocos los puntos de decisión, vale decir, las ocasiones en las cuales se compararán las plantas de coque conformado y las plantas convencionales y se tomará una decisión. Esto y otras razones discutidas a continuación, restringirán el desarrollo de la fabricación del coque conformado.

El desarrollo de la capacidad de fabricación de coque, depende del crecimiento de la producción de hierro. Aunque el desarrollo previsto en el ritmo de producción mundial de hierro sería aproximadamente el 5 por ciento en el transcurso de los próximos cinco a diez años, es probable que la reducción, en el promedio mundial de consumo específico de coque, será de aproximadamente 2 por ciento al año. Por lo tanto la demanda de coque de alto horno aumentará en aproximadamente el 3 por ciento al año. Por consiguiente, el desarrollo de la capacidad de fabricación de coque no es un factor que ofrezca muchas oportunidades para introducir nuevos procesos para producir un sustituto del producto convencional.

Las instalaciones de horno de coque tienen larga vida y se reemplazarán menos frecuentemente que la mayoría de las instalaciones en plantas siderúrgicas. Durante la reconstrucción dentro del marco de la instalación existente, algunos de los nuevos desarrollos en la práctica de fabricación de coque pueden incorporarse. Las facilidades mejoradas proveerán un rendimiento mejor que, de hecho, será de ayuda para que la fabricación de coque convencional establezca su posición.

También se debe recordar que los procesos de fabricación de coque conformado todavía no están completamente desarrollados. Sin duda, esto representará un obstáculo grave para la adopción comercial inmediata de los procesos. Esta desventaja acompaña todos los procesos nuevos, pero es necesario prestar seria atención a la misma ya que las demoras en la puesta en marcha y en llegar rápidamente a plena producción tienen un marcado efecto en los costos de producción en plantas con alta inversión de capital.

Los factores ya citados nos llevan a la conclusión de que la producción comercial del coque conformado crecerá lentamente. Se puede anticipar el más rápido éxito en aquellos países donde existen dos circunstancias favorables al coque conformado. Primero, estos países carecerían de suministros de carbón coquificable adecuado, pero tendrán carbones no coquificables de análisis aceptable. Segundo, tendrán una tasa de crecimiento de producción de hierro y acero en exceso del promedio, con la

consecuente demanda de nuevas instalaciones de fabricación de coque. Los países que muestran estas características deben comenzar de inmediato a desarrollar programas de estudio que en unos cuantos años les permita tomar con confianza decisiones respecto a la aptitud del coque conformado para su propia industria de acero.

La Siderurgia de Plasma

Por plasma se entiende un gas calentado a muy elevada temperatura, entre 3 000 °C y 10 000 °C, a la cual se ioniza, es decir, pasa del estado molecular al atómico con carga electrónica. Para ello se requiere de una cantidad determinada de energía de acuerdo con su naturaleza, primeramente para calentarlo a la temperatura necesaria y luego para disociarlo y ionizarlo, sin alterar su naturaleza química.

Además, dada su buena conductividad eléctrica, puede agregársele una cantidad considerable de energía adicional, de modo que puede llevar un contenido energético de más de 10 Kwh por metro cúbico normal. Esto con una eficiencia térmica superior al 90%. Esta energía se suministra mediante un arco eléctrico producido entre dos electrodos, uno negativo o cátodo de tungsteno que es un metal que funde a 3 370°C y otro positivo o ánodo tubular de cobre refrigerado con agua. El gas se inyecta a través de este arco y es calentado y ionizado, saliendo como una especie de llama que es el plasma.

El gas usado como plasma puede ser oxidante, reductor o neutro, sin que su naturaleza química se altere.

Los generadores de plasma modernos alcanzan vidas de hasta 1 000 horas y resultan industrialmente utilizables y económicos.

En el campo metalúrgico, el plasma puede ser usado para la reducción de los minerales, con obtención sea de pre-reducidos sólidos o de metal líquido. También se le utiliza para fundir acero a partir de materiales sólidos, en sustitución de hornos eléctricos de arco, con la ventaja sobre éstos de no consumir electrodos de grafito que son caros. Además, el plasma constituye un medio gaseoso con alto potencial de temperatura que fluye continuamente, con lo que se evitan sobrecalentamientos locales y se tiene una transmisión más favorable del calor, fusión más rápida y mayor eficiencia.

Comparados con los hornos calentados mediante la combustión de un combustible cualquiera, el plasma tiene la ventaja de no depender del potencial de oxígeno, que puede generar atmósferas oxidantes indeseables y de poder, además, concluir intensidades de energía muy altas. Es por esto que en varios países se ha venido experimentando y desarrollando la tecnología de plasma para numerosas aplicaciones.

En lo que se refiere a los procesos siderúrgicos y muy en particular en los de reducción de minerales férreos, en Suecia se ha venido trabajando en la producción de fierro esponja y de arrabio líquido mediante plasma, y así la empresa SKF ha originado dos procesos muy interesantes: El PLASMARED y el PLASMASMELT.

- a) El PLASMARED se utiliza para la producción de fierro esponja sólido. Para ello se está usando una planta de reducción directa según el proceso Wiberg-Soderfors, iniciada industrialmente en 1950 y parada por antieco nómica en 1978, situada en Hofors, Suecia. En ésta se substituyó el gasógeno eléctrico original a base de coque, por otro con generadores de plasma a base de carbón e hidrocarburos, con los cuales se produce un gas reductor formado por CO y H₂, que se emplea para la reducción de los pellets de mineral a fierro esponja y se ha aumentado la producción de 25 000 a 70 000 toneladas anuales en el mismo horno de cuba, que no sufrió modificación alguna. Se trata, por tanto, de una producción no a escala piloto, sino ya industrial.
- b) El PLASMASMELT sólo ha sido experimentado hasta ahora en escala piloto (18 toneladas diarias de arrabio), pero se proyecta ya una planta semi-industrial. Se le ha desarrollado para la producción de ferro-aleaciones (plasmalloy), particularmente la de ferrocromo (plasmachrome), la de zinc y de plomo (plasmazinc), de los polvos y productos primarios y secundarios de zinc, y para la recuperación de metales a partir de óxidos contenidos en polvos y desperdicios industriales (plasmadust).

Pero para la siderurgia resulta de especial interés el de la reducción de los minerales férreos, con fusión del metal resultante (arrabio).

Las ventajas estriban: en la gran cantidad de energía que el gas en forma de plasma puede aportar, bastante mayor que el gas producido por una combustión convencional, en la elevada eficiencia lograble en la generación del plasma y en el uso de carbón no coquizable barato como principal reductor con sólo pequeño consumo de coque metalúrgico. El coque es necesario para formar una cama de material sólido para absorber gran parte de la energía calorífica del plasma, sin poner en peligro las paredes refractarias del horno y constituir así una zona de fusión reductora para el óxido de hierro. El coque se "desgasta" pero en una proporción mucho menor que el que se quema en un alto horno.

El carbón usado como principal reductor, puede ser sustituido por hidrocarburos líquidos (combustóleo) o gaseosos (gas natural), según disponibilidad y conveniencia.

Para un debida eficiencia, el proceso se realiza en dos fases. La primera se caracteriza por una pre-reducción del mineral concentrado, sin necesidad de aglomeración, en uno o dos reactores en lecho fluido convencionales y mediante los gases resultantes del horno de fusión, que están compuestos de monóxido de carbono e hidrógeno. La pre-reducción se efectúa a sólo 50 o 70%, para aprovechar mejor el potencial reductor del gas. El gas saliente de estos reactores aún es combustible y se utiliza para secar y precalentar el mineral.

La segunda fase, o sea, el final de la reducción y la fusión, tiene lugar en un horno de cuba vertical, en el cual se inyectan por su parte inferior y lateralmente el material pre-reducido, los escorificantes y el carbon pulverizado o hidrocarburo reductor, así como el plasma; éste es generado a base del gas de proceso, producido en los generadores que toman el lugar de las toberas de un alto horno. El coque se carga por la parte superior. El plasma gaseoso entra a una temperatura de 2 750 a 4 700°C y suministra la energía para el proceso. Su temperatura baja rápidamente al salir del generador a causa de las reacciones endotérmicas de reducción, a aproximadamente 2 000°C y el metal y la escoria son fundidos y quedan en el crisol del horno, de donde son extraídos periódicamente como en un alto horno.

El gas resultante es reducido dentro de la cama de coque y sale como una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno e una temperatura de aproximadamente 1 300°C. A su salida se le enfría a alrededor de 750°C para introducirlo a los reactores de pre-reducción ya mencionados.

Una parte pequeña del gas que sale del horno de cuba es enfriado, despolvado y comprimido para utilizarse como gas de proceso para producir el plasma y como gas de arrastre para inyectar el pre-reducido, el carbón pulverizado y los escorificantes al mismo horno.

La empresa SKF da los consumos comparativos entre los procesos PLASMAMELT y alto horno resumidos en el cuadro nº 5.

El arrabio producido en el PLASMAMELT tiene además la ventaja de resultar con muy bajo azufre (0.010-0.015%) y no requiere desulfuración. Esto es debido al menor consumo de combustible fósil. Los contenidos de carbono y de silicio, son controlables igual que en un alto horno. Se tiene también la posibilidad de usar reductores alternativos. En lugar de coque se puede usar carbón de leña o coque preformado y en vez del carbón pulverizados común, puede usarse cisco de diversos carbones y de coque, así como turbas, alquitran, combustóleo e hidrocarburos gaseosos.

CUADRO Nº 5

COMPARACIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS PROCESOSALTO HORNO Y PLASMA MOLT

Proceso	Coque Kg	Carbón Kg	Combustible Kg	Electricidad Kwh	Energía Total GJ
Plasmasmelt	50	200	-	1 120	11.3
Alto Horno incluyendo sinterizado	(1) 490	-	40	105	(2) 14,6

(1) Incluye 50 Kg de cisco de coque para sinterización.

(2) Después de acreditar el gas del alto horno.

La inversión en la planta resulta baja en razón de necesitarse hornos más pequeños para igual capacidad de producción de no requerirse coquería ni sinterizadora, como tampoco planta de oxígeno ni equipos anticontaminantes menores. En cuanto a costos de producción, la SKF establece la comparación de este proceso con el de alto horno, mostrado en el Cuadro nº 6.

Si se considera una planta Plasmasmelt de la misma capacidad que la de alto horno, o sea de 2 millones de toneladas anuales, resultaría menor el costo en otros US\$ 6, o sea de 138 US dólares por tonelada.

Con la adaptación de generadores de plasma, pequeños y viejos altos hornos podrían ser reaprovechados y revitalizados haciendo económica su operación; su capacidad nominal podría ser triplicada y serían competitivos con las grandes instalaciones convencionales. Otra posibilidad es el uso de hornos semejantes a los de arco eléctrico, pero con generadores y proyectores de plasma para fundir chatarra sólida.

En Freital (Alemania Democrática) existe un horno de 30 toneladas de capacidad, hasta ahora el mayor del mundo con este sistema, trabajando en escala industrial y la compañía austriaca VOEST-ALPINE promueve e instala esta clase de hornos sistema Freital.

La rapidez de fusión es semejante a la de los hornos de arco, pero, no hay consumo de electrodos de grafito, que son caros. Además, como se usa Argón (que es inerte) como plasma gaseoso, se tiene una atmósfera no oxidante, que evita pérdida de elementos de aleación oxidables valiosos como el cromo, el tungsteno, el vanadio, el manganeso y el mismo hierro, con lo cual dan mayor rendimiento metálico. Produce, además, menos ruido y menor contaminación ambiental. Su consumo de energía eléctrica es similar a la de los hornos de arco.

Estos hornos trabajan con haces de plasma laterales oblicuos y con corriente continua, por lo cual requieren un electrodo central empotrado en el fondo, que presenta ciertos inconvenientes, razón por la cual la empresa Krupp, de Alemania Federal, está experimentando con corriente trifásica y con generadores de plasma introducidos por la bóveda.

Podemos así resumir que el uso de plasma presenta muy interesantes aplicaciones en los procesos siderúrgicos sea para la producción de hierro primario como para la de acero, las cuales se desarrollarán seguramente en los próximos decenios y serán muy ventajosas.

CUADRO Nº 6

PRECIOS DEL ARRABIO LIQUIDO EN US DOLARES

CONCEPTO	PLASMAMELT			ALTO HORNO		
	250 000 toneladas	Anuales		2 Millones de Toneladas	Anuales	
	Cantidad	Precio	Total	Cantidad	Precio	Total
Concentrado/Sinter. Tons.	1.55	22	34.10	1.60	35	56.00
Carbón, Toneladas	0.20	82	16.40	-	-	-
Coque, Toneladas	0.05	136	6.80	0.51	136	69.35
Electricidad, KWH	1.120	0.035	39.20	75	0.035	2.60
Escorificantes			2.20			2.20
Mano de Obra			6.35			3.10
Mantenimiento			7.65			5.50
Otros gastos			4.35			2.55
Desulfuración			-			3.30
Costo del Capital 15% de US\$ 178/año por tonelada			26.70			26.70
TOTAL			143.75			171.30

Procesos Continuos

Los procesos continuos de fabricación de acero han sido objeto de numerosos estudios experimentales. En la actualidad se encuentran en fase de desarrollo los siguientes procesos: IRSID, WORCRA, HEARTH, BISRA y NRIM.

En el proceso IRSID, el afino propiamente dicho tiene lugar en un reactor. Este se alimenta de un flujo controlado y constante de metal caliente, gracias al oxígeno proporcionado por una lanza vertical, que también inyecta fundente para la formación de escoria. La mezcla de metal y de escoria fluye hacia un segundo recipiente en el que tiene lugar la separación. El consumo de oxígeno es de unos 48 m³ por tonelada de acero y el porcentaje de metal obtenido de un 96%, aproximadamente.

El proceso WORCRA, desarrollado en Australia, consiste en la conversión continua del mineral de hierro en acero, mediante la fusión rápida de pellets compuestos en un horno de cuba profundo, y el afino secuencial del metal fundido en un horno con forma de reguera. Según los resultados dados a conocer, el rendimiento de hierro es del 99%, el consumo de cal de 40% al 50% menos que en el convertidor LD, el consumo de oxígeno entre el 15% y el 20% más bajo.

En el proceso HEARTH, desarrollado en la URSS, la fabricación de acero tiene lugar en un sistema de baños abiertos. Cada uno de estos tiene 35 Kg de capacidad y se halla a distinto nivel, de modo que el metal va fluyendo de un baño a otro por gravedad. En cada uno de los baños se lleva a cabo una etapa determinada del proceso. El horno se enciende con gas natural, y para la combustión se emplea aire precalentado. En el baño se inyectan, mediante lanzas de 10 a 25 m³ de oxígeno por tonelada de hierro.

En el proceso BISRA, desarrollado en el Reino Unido, se emplea un método de pulverización: una corriente de arrabio fundido es sometida a una reacción de oxidación íntima al entrar en contacto con chorros de oxígeno a presión. La formación de arrabio se consigue inyectando cal apagada en polvo con oxígeno. Según los datos publicados, el consumo de oxígeno es de unos 55 m³/tonelada de acero.

El proceso NRIM, desarrollado en Japón y actualmente en fase experimental, se basa en el empleo de hornos continuos de varias fases.

La Energía Nuclear en la Fabricación del Acero

La aplicación de la energía nuclear a la producción de acero supondría el empleo de un reactor que generase electricidad y, al mismo tiempo, el gas reductor caliente que se precisa

en el proceso de reducción directa. A tal efecto, se han ideado dos posibles métodos:

- a) El calor obtenido de un reactor de alta temperatura refrigerado por gas (RATG) realiza la conversión de determinados hidrocarburos gaseosos, que se emplean luego para reducir el mineral de hierro; el calor se obtiene, de manera directa, del helio caliente del reactor. La esponja de hierro resultante, obtenida por reducción directa, se refinaría para producir acero, en un horno eléctrico calentado por el reactor;
- b) Del calor producido por el reactor se obtendría, mediante hidrólisis, hidrógeno, y este se emplearía luego para reducir el mineral de hierro; de esta manera, el empleo de combustibles orgánicos sería innecesario.

En la actualidad, el principal problema radica en el diseño de un conversor catalítico duradero y seguro que pueda alimentarse mediante el helio caliente obtenido del reactor. La República Federal de Alemania, el Japón, Suiza, los Estados Unidos y la URSS están adelantando activas investigaciones en este sentido. Por otra parte, Bélgica, Francia, Italia y los Estados Unidos, están realizando esfuerzos comunes para desarrollar una tecnología siderúrgica nuclear. En todo caso, no se espera que se pueda aplicar la fisión nuclear a la fabricación de acero antes del año 2000.

2. EFECTOS DE LOS ACTUALES CAMBIOS TECNOLÓGICOS SOBRE LA ESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN

En esta parte se hacen algunas reflexiones sobre tres tópicos, que son de gran interés para el desarrollo de las empresas siderúrgicas en el tercer mundo, porque ellos representan posiciones distintas a las que se defendían con mucho vigor hace algunos años. Se trata de la localización de las plantas, de sus economías de escala, vale decir las conveniencias o inconveniencias de las plantas gigantes y finalmente las miniplantas, que tanto han proliferado en algunos países y que se muestran como una alternativa viable para el futuro de la siderurgia latinoamericana.

Además, se hacen distintas consideraciones sobre la redistribución mundial de la industria siderúrgica, teniendo en cuenta las necesidades de espacio, de elementos anticontaminantes, del costo de los fletes y de algunas ventajas comparativas de los países en desarrollo.

A) Localización de las Plantas

Uno de los aspectos más decisivos en el futuro de una empresa siderúrgica es lo que se refiere a su localización.

Esto no es de extrañar si se considera las enormes cantidades de materiales que deben transportarse, sea como materias primas, sea como materiales y repuestos, y finalmente, como productos terminados.

El análisis de los proyectos de nuevas plantas, 1/ lleva a la conclusión de que la mayoría de ellas estarán localizadas en zonas costeras. Por otra parte, el desarrollo espectacular de la siderurgia japonesa con todas sus plantas ubicadas en la costa, es un buen ejemplo de la importancia de estas localizaciones. Ello se explica por las adquisiciones que deben hacerse de insumos, tales como: carbón, minerales, chatarra o semi-terminados y las entregas de productos terminados. Estas operaciones de adquisición y entrega se hacen más económicas por la vía marítima.

La antigua idea que la localización, tamaño y estructura de las plantas, quedaba condicionada por la disponibilidad regional de mineral y carbón, ha sido definitivamente superada, hasta donde ha sido posible, por la localización en la costa, que permite diseñar las plantas en función de las necesidades de los mercados.

Otro caso que podría citarse, es el de Alemania, donde la situación es precisamente a la inversa, porque la gran mayoría de las plantas son interiores. La costa del país no permite la instalación de puertos de aguas profundas para barcos de 100 000 ton o más. Por eso las plantas han quedado localizadas a la orilla de los ríos; como aquellas que están en el Rin y el Rhur, que deben afrontar mayores costos de almacenamiento y transporte fluvial. Además no han podido aprovechar totalmente los menores costos del transporte oceánico para los minerales importados, de los cuales la siderurgia alemana es dependiente en un 80%.

En resumen, la localización de las plantas futuras, muestra una clara tendencia a que sean costeras, hasta donde sea técnicamente posible la construcción de puertos de aguas profundas.

B) Tamaño

Durante la década del 60 y principios de la del 70, se instalaron en el mundo plantas de tamaño cada vez mayor, para aprovechar las economías de escala que se esperaban de estos grandes tamaños. Esto explica los altos niveles de producción de los diferentes equipos siderúrgicos: altos hornos, convertidores, laminadores etc.

Si se hiciera un recuento de los grandes altos hornos instalados en el mundo actualmente, mayores de 2 000 m³ de volumen interior, se tendría el cuadro siguiente:

1/ UNIDO: op.cit

GRANDES ALTOS HORNOS

País	Unidades mayores de 2.000 m ³
Japón	39
Rusia	30
Alemania Occidental	8
EE.UU	8
Italia	5
Francia	4
Polonia	4
Brasil	3
China	3
India	3
Canadá	3
Corea del Sur	3
Inglaterra	2
Holanda	2
Otros 7 países	<u>7</u>
	126

Fuente: The Japan Iron and Steel Federation.

El volumen de 2 000 m³ ha sido largamente sobrepasado, llegando a volúmenes superiores a 5 000 m³, como en el caso de Japón.

Igual situación puede advertirse en los convertidores al oxígeno, de los cuales hay instalados actualmente 165 con una capacidad superior a 200 toneladas de carga, habiéndose superado en varios casos las 350 toneladas.

Los laminadores también han ido permanentemente, hasta mediados de los años 70, aumentando su capacidad y velocidad de laminación.

En resumen puede afirmarse que hasta comienzos de la crisis del acero, en los años 74-75, permanecía la idea que las plantas debieran ser de la mayor capacidad posible.

Actualmente esta idea está definitivamente cambiando, entre otras, por las razones siguientes:

- a) La inseguridad de los mercados. La crisis del acero y la recesión mundial, ha tenido entre otras consecuencias, el hecho que las plantas estén trabajando a un bajo nivel de su capacidad de producción, lo que se traduce en mayores costos;
- b) La falta de flexibilidad de las grandes unidades productivas, para adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado;
- c) Las dificultades en la administración de las grandes empresas;
- d) Las enormes inversiones necesarias para las instalaciones y obras de infraestructuras en las plantas muy grandes. A principio de los años 70 se consideraba un valor de inversión de US\$ 300 por tonelada de producción anual, que se ha elevado actualmente a niveles de US\$ 2 500 ó US\$ 3 000 .

Por estas razones puede considerarse que el gigantismo industrial está siendo reemplazado por un nuevo enfoque de producción que, fundamentalmente, permite una mejor flexibilidad para adaptarse a condiciones variables y que para ello postula tamaños de plantas menores.

Por otra parte dos nuevas circunstancias han venido a hacer más viable este enfoque:

- a) El éxito que han tenido las miniplantas, a las que se hará referencia más adelante;
- b) La reducción directa, que cuando se dan las condiciones para aplicarla, permite ir aumentando la capacidad de las plantas por etapas.

De todas maneras, como se señala en el estudio de UNIDO 1/, quedan dos asuntos por resolver quizá en la década de los 80, que son de gran interés para los países subdesarrollados. El primero se refiere a la posibilidad de fabricación de productos planos a partir de una minisiderurgia sugiriéndose en el referido estudio la perspectiva de utilización de laminadores Steckel modernizados o Sendzimir, restringidos hoy a la laminación en frío.

El segundo apunta a la tendencia al crecimiento en las unidades de reducción directa, de 200 a 400 mil ton año a un volumen de 400 a 600 mil ton anuales.

1/ UNIDO: op.cit

C) Las Miniplantas

En el punto anterior se mencionó la importancia que la minisiderurgia o miniplantas tienen para la industria siderúrgica de los países en desarrollo. En estas líneas se dará mayores informaciones sobre las características y futuro de estas instalaciones.

El origen de las miniplantas puede encontrarse en instalaciones que laminaban palanquilla de segunda calidad en laminados primitivos, para transformarlos en barras para la construcción, sin especificaciones de calidad. La capacidad de producción fluctuaba entre 10 000 y 40 000 ton por año. Estas instalaciones fueron después integrándose con pequeños hornos eléctricos de 5 a 10 toneladas de capacidad de carga, que fundían chatarra local, usando energía eléctrica barata.

La importancia de estas empresas fue solamente regional, pues usaban chatarra local, y sus productos estaban principalmente dirigidos a un mercado que no estaba más de 300 kms de la planta.

Los países pioneros, fueron Estados Unidos, Italia con plantas en el Valle del Po, conocidas como "Bresciani", Japón, y España con sus acerías de la costa Norte.

El inicio de dos nuevas tecnologías: la colada continua y el horno eléctrico de ultra alta potencia, jugaron un rol muy importante al aumentar la velocidad de los procesos. Con el propósito de disminuir costos se han instalado hornos de ultra alta potencia de 150 ton de capacidad, y aún en Estados Unidos se han instalado algunos de más de 360 ton de capacidad. Ello ha llevado a que actualmente es frecuente encontrar plantas de 200 000 a 250 000 ton. anuales de producción, y en algunos casos, estos niveles han sido superiores hasta niveles entre 500 000 y un millón de toneladas anuales.

Para hacer posible estos niveles de producción, ha sido necesario coordinar las operaciones de tal manera de evitar tiempos muertos, eliminar interrupciones causadas por fallas mecánicas o eléctricas, tener un personal calificado y sobre todo el uso de equipos modernos. A este respecto, es interesante destacar el aumento de productividad de los hornos eléctricos de ultra alta potencia, desde 1960 hasta ahora, con las cifras de capacidades de producción anual, que se presentan a continuación:

	<u>Horno de 60 tons</u>	<u>Horno de 100 tons</u>
1960	80 000 ton/año	125 000 ton/año
1970	125 000 ton/año	175 000 ton/año
1980	275 000 ton/año	400 000 ton/año

En 1970, el 75% de la producción de acero en hornos eléctricos, era producido en hornos de arco en las grandes usinas integradas o en plantas de aceros especiales. A partir de 1980, un porcentaje creciente del total de la producción de hornos eléctricos es producido en miniplantas. El número de estas plantas en el mundo ha ido creciendo en los últimos 20 años en forma permanente, como lo demuestran las cifras siguientes:

<u>Año</u>	<u>Nº de Miniplantas</u>
1960	80
1970	160
1980	300

y para 1985 se estima que habrá entre 350 y 375 plantas.

Con el crecimiento de la capacidad total del conjunto de miniplantas, su dependencia de la chatarra ha ido creciendo, pues la disponibilidad de ésta es limitada y además está la competencia por el abastecimiento de esta materia prima, con las plantas integradas. La reducción directa, a la que ya se ha hecho referencia en páginas anteriores, ha venido a contribuir significativamente al adecuado abastecimiento de las miniplantas, además de solucionar el problema de las impurezas que es intrínseco al uso de la chatarra.

Pero que es realmente una miniplanta? es solamente una planta siderúrgica pequeña?

Estas preguntas y otras semejantes han sido planteadas muchas veces, por lo que es necesario identificar cuales son las características de este tipo de empresas. En primer lugar, habría que precisar que no es sólo su tamaño lo que las caracteriza, sino además otros aspectos que se señalan a continuación:

- | | |
|--|---|
| 1. Capacidad de producción | Entre 100 000 y 1 millón de ton por año |
| 2. Tecnología Secuencia de procesos: | |
| a. Planta Reducción Directa (hierro esponja) | Horno eléctrico - Colada continua - Laminador |
| b. Chatarra | Horno eléctrico - Colada continua - Laminador |

3. Productos

a. Número de productos Máximo tres grupos de productos

b. Calidades y tamaños Rangos seleccionados

4. Administración

Poco numerosa

Rápida toma de decisiones.

Una planta convencional que parte de arrabio no debería clasificarse como miniplanta, aunque su tamaño fuera inferior al millón de toneladas, lo que es muy frecuente en los países en desarrollo. Por otra parte, una planta de más de un millón de toneladas a base de reducción directa, como es el caso de SIDOR en Venezuela, no podría definirse como una miniplanta.

Del análisis de las características de las miniplantas, se comprueba que pueden haber dos tipos de ellas, las integradas cuya producción se inicia con reducción directa y fierro esponja y las semi-integradas, que deben abastecerse totalmente de chatarra.

Una característica esencial de estas unidades industriales es lo que se refiere a los productos. En efecto, ellas se dedican a satisfacer demandas locales de un espectro de productos muy reducidos, especialmente en barras para construcción y perfiles livianos y pesados. Actualmente también algunas acerías de este tipo están produciendo algunos productos planos. La mezcla de productos está caracterizada en las miniplantas por un rango muy preciso de productos, grados y tamaños. Una miniplanta no puede, por ejemplo, producir todas las calidades desde acero al carbono a aceros especiales en un determinado producto, sino que seleccionará algunas de estas calidades y lo mismo puede decirse de los tamaños.

Otro aspecto que cabe destacar es la organización administrativa, que en el caso de las miniplantas es muy simple, permitiendo una rápida toma de decisiones. Esto, que es prácticamente imposible en una gran planta integrada, define uno de los distingos más claros entre ambos tipos de empresas.

La inversión, el tiempo necesario para construir la planta, la productividad, las distancias que debe recorrer el material en su flujo de producción, son otros factores que diferencian las miniplantas de las tradicionales, como lo muestran las cifras siguientes:

	<u>Miniplantas</u>	<u>Plantas Tradicionales</u>
Inversión		
US\$/ton de capacidad de producción anual	700-900 con R.D. 500-700 sin R.D.	1500-1800
Tiempo de realización (años) desde la deci- sión a la capacidad total	2-4	6.5-8
Productividad: ton año/ hombre	500-1500	300-1000
Longitud flujo de material (mts)	1500	6000

En lo que se refiere a inversión, las miniplantas ofrecen dos principales ventajas: las unidades de producción pueden estar más cerca y los gastos de infraestructura son mucho menores. Esto hace que los costos por tonelada de capacidad instalada anual, cuando se usa chatarra, sean el 40% de los necesarios para una planta convencional y alrededor del 60% cuando la mini planta está integrada con el proceso de reducción directa.

La operación de una miniplanta es fácilmente organizada como consecuencia de un "lay-out" simple y racional. La distribución y control del personal son fácilmente ejecutadas y con bajos costos administrativos. Por eso, la productividad es muy buena, a tal extremo que, en algunos casos, se han conseguido tasas de productividad de 500 ton de productos laminados por hombre-año.

La concentración de un pequeño número de productos permite adoptar las más modernas tecnologías en un tiempo mínimo, lo que contrasta con las grandes siderurgias integradas, donde cada modernización conlleva la necesidad de requerimientos adicionales de inversión en infraestructura e instalaciones auxiliares. Finalmente, la ventaja de tomar decisiones, sean de naturaleza técnica o económica, y ejecutarlas en el menor tiempo posible, es otra importante ventaja de las miniplantas.

Las ventajas señaladas también pueden conllevar inconvenientes para las miniplantas en determinados períodos. Por ejemplo, la dependencia prácticamente total de la energía eléctrica, puede hacer que cuando este insumo sube de precio, los costos se eleven más de lo aceptable. Asimismo, el hecho de producir sólo un pequeño grupo de productos, hace que estas empresas se afecten muy significativamente, cuando los usuarios de esos productos disminuyen o anulan sus compras.

Las miniplantas modernas pueden producir semiterminados de cualquier tipo (palanquillas, planchones, tochos). El límite técnico y económico para un grupo específico de productos terminados, está en los laminadores. Por ejemplo, ni plantas ni perfiles pesados, podrían ser producidos en capacidades inferiores a 600 000 ton a 800 000 ton por año. Como excepción a estos niveles de producción mínima habría que señalar las bandas anchas, que requieren una capacidad de laminación por sobre los dos millones de toneladas al año, lo que de acuerdo a la definición, quedaría fuera de los límites de producción de una miniplanta.

El hecho que estas empresas juegan un papel importante en el actual panorama siderúrgico del mundo, nadie lo discute. En los próximos diez años es posible que se vayan construyendo, con ritmo creciente, nuevas plantas, porque los costos de inversión, tanto en valores absolutos como relativos a las toneladas de producción instaladas, están en un rango factible para capitales privados. Además, debe destacarse que el desarrollo tecnológico en estas empresas, sea con respecto al concepto de las plantas, o a los equipos de producción, puede producir interesantes innovaciones en el futuro.

D) Redistribución Mundial de la Industria

En los países desarrollados, la instalación de plantas siderúrgicas cada vez se hace más dificultosa, creándose nuevas oportunidades para los países en desarrollo, por las razones siguientes:

Problemas de espacio: Las plantas y sus instalaciones auxiliares necesitan grandes extensiones de terreno que no siempre están disponibles. A esto respecto es digno mencionarse el caso de Japón, país de escasa superficie disponible, que para la instalación de sus plantas siderúrgicas, ha debido ganar terreno al mar, con el costo que es de suponer. Sin embargo, este costo es compensado por la eficiencia en las operaciones de carga y descarga de productos y materias primas y por las facilidades para proyectar el lay-out de las plantas, sin las restricciones que significa ubicar una planta en terrenos ya existentes.

Estos lay-out permiten, por ejemplo, que las plantas se hayan ubicado de tal manera que por tres de sus lados dispongan de facilidades portuarias, y de aguas profundas que permiten la descarga de barcos de hasta 250 000 tons, que traen materias primas, y la carga de barcos de tamaño semejante para las exportaciones de los productos terminados.

Las superficies ocupadas por algunas plantas en Japón que han ganado terreno al mar son las siguientes:

- Planta de Fukuyama de la Nippon Kokan: 9 millones de m².
- Planta de Kakogawa de la Kobe Steel: 5.6 millones de m².
- Planta de Mizushima de la Kawasaki: 3.3 millones de m².

Pero además puede considerarse el caso de Europa, cuyas áreas, densamente pobladas y cuyas tierras de cultivo dejan poca superficie disponible para estos efectos.

Contaminación: Las exigentes leyes anticontaminantes, que son de general aplicación en los países desarrollados, han significado importantes costos adicionales, especialmente en procesos de gran contaminación como la sinterización, la peletización, la reducción y la aceración.

En este sentido, cabe recordar que en EE.UU., la industria siderúrgica debió invertir entre 1951 y 1978 una cantidad de 3 700 millones de dólares (6 000 millones de dólares de 1978) en instalaciones anticontaminantes. Además se estima que el cumplimiento de las disposiciones para evitar la contaminación del aire y del agua en las plantas y equipos existentes, requerirán de gastos de 4 000 millones de dólares hasta 1985. Esta cantidad no incluye los costos estimados para no descargar elementos contaminantes a las aguas, ni para cumplir los "standards" para el aire en 1985. Estos costos se supone serán del orden de 3 000 millones adicionales. Es así como el total de gastos para esta década sería en Estados Unidos del orden 7 000 millones, o sea un promedio anual de 700 millones de dólares.

Siguiendo con el caso de Estados Unidos, distintos dispositivos legales, imponen condiciones, que por su alto nivel de exigencias, la industria siderúrgica estima difíciles de cumplir. Tales son, entre otros:

- The National Ambient Air Quality Standard NAAQS. Que es de especial importancia para la industria siderúrgica, porque se refiere a las partículas en suspensión, que representan la mayor cantidad de contaminantes en la producción de acero.
- The Clean Air Act.
- State Implementation Plans. Muchas de sus regulaciones se refieren a los controles de emisiones visibles, opacidad, etc.
- The Clean Water Act. Que establece que todas las aguas deben estar limpias para permitir la existencia de peces.
- Resources Conservation and Recovery Act (RCRA) que se refiere a la descarga de desechos.

- Occupational Safety and Health Act (OSHA), que contiene standards en relación a ruido, a emanaciones de plomo, de azufre, de benceno, de elementos cancerígenos, etc. que puedan comprometer o dañar la salud de los trabajadores.

Las cifras de costos y las distintas regulaciones que se han dado para el caso de Estados Unidos, que son semejantes a las existentes en Japón y Europa, pueden ser significativamente demostrativas de porqué los países desarrollados tendrán muy pocos estímulos para seguir construyendo plantas en sus territorios, debiendo cumplir las normas anticontaminantes.

Los fletes: Los costos de fletes, crecientes con las alzas de petróleo, en poco tiempo más sólo justificarán transportar productos de mayor valor. Ya se está haciendo al transportar pelets en lugar de mineral. Pero también, y mejor desde el punto de vista del valor agregado, puede hacerse con los semiterminados, pues aún en el pelet se transporta del orden de un 30% de material estéril.

La mano de obra: En algunos países también uno de los problemas para la instalación de nuevas plantas era la escasez de mano de obra. Aunque, como ya se ha explicado, la actual crisis del acero ha eliminado esta circunstancia, no es menos cierto que en períodos de auge del sector, puede aparecer nuevamente. Así ocurrió especialmente en Japón en los comienzos de los años setenta.

Menores costos de los países en desarrollo. La cercanía de las fuentes de materias primas y el valor relativamente bajo de la mano de obra son ventajas comparativas de los países en desarrollo.

Por todas estas razones, es perfectamente concebible que la tendencia será a no instalar nuevas plantas siderúrgicas en los países desarrollados y a desplazarlas hacia los países en desarrollo que tengan materias primas, y en los costeros más cercanos a éstas que sean posible.

En estos países no hay problemas de espacio y precisamente por eso las exigencias anticontaminantes, si las hay, pueden ser mucho menores.

Al instalarse estas plantas en los países en desarrollo, éstos ya no exportarán minerales sino semiterminados, con lo que se aminorará el efecto de los fletes, se disminuirán las pérdidas por friabilidad de los minerales durante el transporte y se evitarán costos por leyes anticontaminantes, todo ello redundando en un producto de menor costo.

Para poder enfrentar las inversiones y las tecnologías necesarias, una solución adoptada es que los productores de acero de los países desarrollados participen como inversionistas y reciban el retorno de sus inversiones en productos de las plantas de ultramar. Los casos de las plantas de peletización de Tubarão, donde han participado empresas japonesas, italianas y españolas, son pruebas de que estos sistemas de financiamiento se están realizando exitosamente. También podría citarse el caso de la planta de peletización de "Isla Guacolda" en Chile, en la cual participó la Mitsubishi de Japón como capitalista y posteriormente como comprador.

En resumen, puede asegurarse que hay una nueva distribución de la industria, con la cual los países en desarrollo pueden participar activamente y los países desarrollados obtener buen provecho de ello.

3. LA COMPETENCIA DEL ACERO CON OTROS MATERIALES

Talvez uno de los aspectos más notables en la reciente historia del acero es la competencia que se le ha ido presentando, cada vez más fuerte, con materiales que lo substituyen en distintos campos de aplicación. Frente a estos hechos hay dos alternativas para los productores de acero; dejar que otros aprovechen parte del mercado que se consideraba propio, o desarrollar otros tipos de acero con nuevas características que respondan a las necesidades de los usuarios.

Las principales características del acero son:

- Su bajo precio en términos relativos con otros materiales;
- El menor consumo de energía para su producción;
- Su mayor resistencia mecánica y su mayor rigidez;
- Su mayor resistencia al calor.

Por otra parte, sus principales inconvenientes son:

- Baja resistencia a la corrosión;
- Mayor peso específico.

Los materiales que pueden substituir al acero en forma significativa son: el plástico, el aluminio, la fibra de vidrio, el hormigón, las maderas, el amianto, el fierro fundido.

Además debe tenerse en cuenta el reemplazo de algunos tipos de acero por otros de mejores condiciones, lo que está teniendo cada vez mayor importancia en la dura competencia por los mercados.

En 1979 IISI realizó un encuesta internacional para identificar cuales eran los mercados del acero que estaban siendo aprovechados por otros materiales. Para ello se tipificaron 130 aplicaciones del acero y los resultados son los siguientes:

<u>Aplicaciones amenazadas por:</u>	<u>Cantidad</u>	<u>%</u>
Plásticos	48	37
Aluminio	32	25
Fibra vidrio o carbón	10	8
Hormigón	5	4
Maderas	3	2
Amianto	2	1
Fundición	1	1
Acero	29	22
TOTAL	130	100

O sea, el 80% de las aplicaciones amenazadas lo están siendo, por el plástico y el aluminio, que sin duda son los substitutos más amenazantes para el acero.

Cuales son los sectores industriales en los que estas sustituciones se están produciendo?

La respuesta la da el IISI en los cuadros siguientes:

COMPETENCIA DEL ALUMINIO CON EL ACERO

<u>Mercado</u>	<u>Aplicación</u>	<u>Producto de acero amenazado</u>
Automotriz	Parachoques	Chapa laminada en caliente o frío
Automotriz	Guardabarros, capot, puertas	Chapa laminada en frío
Automotriz	Elementos decorativos	Chapa laminada en frío de acero inoxidable
Ferrovionario	Chasis	Perfilería estructural
Ferrovionario	Carrocería	Perfiles laminados en caliente y chapa laminada en frío
Construcción	Chapas para cubiertas	Chapa galvanizada
Construcción	Paneles	Chapa galvanizada, prepintada o acero inoxidable
Construcción	Carpintería metálica	Perfiles laminados en caliente
Industria Naval	Casco de buques	Chapas gruesa
Alimenticio	Envases de bebidas y comidas	Hojalata
Petróleo y gas	Tanques de almacenamiento	Chapa gruesa y chapa laminada en caliente

COMPETENCIA DEL PLÁSTICO CON EL ACERO

<u>Mercado</u>	<u>Aplicaciones</u>	<u>Producto de Acero Amenazado</u>
Automotriz	Para choques	Chapa laminada en frío y caliente
Automotriz	Capot, puerta baúl	Chapa laminada en frío
Automotriz	Tanque de combustible	Chapa emplomada
Agricultura	Tuberías y tanques de riego	Chapa galvanizada y chapa laminada en caliente y frío
Agricultura	Partes de equipos y motores	Chapa laminada en frío/Acero Fundido
Agricultura	Ataduras	Alambre recocido
Construcción	Chapa para cubiertas	Chapa galvanizada
Construcción	Conductos en general	Chapa prepintada y pintada
Petróleo y gas	Tanques subterráneos	Chapa gruesa y chapa laminada en caliente
Petróleo y gas	Líneas de distribución	Cañerías de acero
Petróleo y gas	Cañerías de equipos de proceso	Cañerías de acero inoxidable
Alimenticios	Envases	Hojalata
Refrigeración	Refrigeradores	Chapa prepintada y pintada

Finalmente, en esta identificación de los mercados o sectores en que está amenazado el acero, cabe mencionar los otros materiales, que aunque de menor significación que el aluminio y el plástico, también tienen importancia. El Estudio de IISI informa lo siguiente:

ACERO FRENTE A COMPETIDORES MENORES

<u>Aplicación</u>	<u>Producto de acero amenazado</u>	<u>Material competitivo</u>
Cañería para construcción	Chapa gruesa Aceros para hormigón	Fibroemento
Vigas Livianas	Chapa laminada en frío Aceros para hormigón	Madera
Cubiertas para techos	Chapa galvanizada	Fibroemento
Cables y cuerdas de acero	Alambrón, alambre	Fibra de vidrio
Cañería de riego	Chapa laminada en frío Chapa galvanizada	Fibroemento
Postes de cercas	Perfiles laminados en caliente Aceros para hormigón	
Cañería para agua de gran diámetro	Chapa gruesa	Hormigón reforzado con fibra de vidrio
Aleaciones forjadas	Barra laminadas en caliente	Fundición de hierro Plástico reforzado con fibras de carbón

Identificados los principales sectores donde se produce la substitución del acero, es interesante analizar cuales son las ventajas de cada material.

A) Características de los Materiales que Compiten con el Acero

Aluminio: Las principales ventajas del aluminio en su competencia con el acero son: menor peso, mayor resistencia a la corrosión y menor conformabilidad.

Para hacer una comparación entre diversos parámetros para un peso equivalente, el IISI da los datos que se señalan a continuación.

	<u>Características</u>	<u>Acero</u>	<u>Aluminio</u>
Peso equivalente	Igual esfuerzo de tracción	1	1
	Igual pérdida de energía por deformación	1	0.85
	Igual resistencia la fatiga		
	Tracción	1	1.30
	Flexión	1	0.66
Peso promedio	Similares funciones	1	0.85
Energía promedio	Similares funciones	1	5

De estos datos puede inferirse que si para similares funciones, el peso equivalente del aluminio es de 0.85% al del acero, resultará que con aquél, habrá una importante reducción de peso. Donde el aluminio presenta su desventaja fundamental, es con el último parámetro que establece que este metal requiere cinco veces mayor energía para su producción.

Para visualizar esta relación de 1 a 5, el estudio citado, divide los consumos de energía, en cada etapa del proceso, en la forma siguiente, para una tonelada de cada metal que se transporte a una fábrica de autopartes para su elaboración:

Etapas del proceso	KWH por ton Acero	de Producto Aluminio
Elaboración y fabricación hasta la obtención de la chapa laminada en frío	4 462	28 305
Transporte a fábrica de autopartes	89	89
Mermas del proceso	1 517	3 785
Fabricación de autopartes y ensamble	29	29
Totales	6 097	32 208

La corrosión es otro factor que le da ventajas al aluminio, aunque éste también se corroe. Cuando está a la intemperie se le forma una capa de óxido de aluminio, que lo protege de posteriores efectos de corrosión.

La conformabilidad del aluminio, que le permite obtener las formas más variadas a través de la extrusión en caliente, es ventaja con la que se ha desplazado al acero de innumerables aplicaciones, especialmente por la mayor precisión que puede obtenerse en formas y dimensiones.

Finalmente, en esta breve descripción de las ventajas relativas de ambos metales, debe tenerse en cuenta la soldabilidad. En este caso es el acero el que tiene mayores ventajas, pues prácticamente todas sus calidades son soldables. El aluminio, por el contrario, es muy poco soldable, lo que significa entre otras cosas, dificultades o imposibilidad de reparar las piezas fabricadas con él.

El Plástico: El plástico tiene las siguientes ventajas comparativas en relación al acero:

- Resistencia a la corrosión;
- Bajo peso;
- Conformabilidad muy alta.

Si se comparan las densidades de distintos materiales, se tendrían las cifras siguientes en gramos/cm³:

Plástico no reforzado	0.0 - 1.1
Plástico reforzado con fibra de vidrio	1.4 - 2.3
Aleaciones de magnesio	1.8 - 1.9
Aleaciones de aluminio	2.7 - 2.8
Aleaciones de zinc	6.8 - 6.9
Fierro Fundido	7.1 - 7.7
Acero	7.8 - 7.9

Ellas comprueban la baja densidad del plástico: tres veces inferior al aluminio y entre siete y ocho veces inferior al acero, lo que evidentemente significa una interesante ventaja para ese material. En cuanto a conformabilidad, el plástico la tiene excelente, permitiendo en él una gran libertad de diseño. Sin embargo, el plástico tiene también, como todos los materiales, desventajas entre las que cabe mencionar: inflamabilidad acelerada, combustión rápida, alta expansión térmica, mala adhesión a la pintura, baja rigidez y alto precio.

Si se consideran los espesores, para obtener igual resistencia e igual rigidez, del plástico, del aluminio y del acero, se tendría lo siguiente:

	<u>Igual resistencia</u>	<u>Igual rigidez</u>
Acero	0.9 mm	0.9 mm
Aluminio	1.1 mm	1.3 mm
Plástico reforzado con fibra de vidrio	1.3 mm	2.5 mm

O sea, para obtener igual rigidez, se necesita un espesor casi 3 veces mayor en el plástico que en el acero, a pesar que no se ha considerado el plástico común, sino el reforzado con fibra de vidrio.

Otra de las desventajas señaladas del plástico, es el alto precio relativo. Sobre este tema vale a pena reproducir el pronóstico de precios para 1985, de distintos materiales, hecho por el Sr. Paul Hughes, Vicepresidente de Ford para Europa:

La economía de combustible se está consiguiendo de tres maneras: reducción del peso, reducción de la resistencia del aire y aumento de la eficiencia de los motores, siendo la reducción del peso, el aspecto que más preocupa a los fabricantes de acero.

En un vehículo actual, la participación, en peso, de los distintos materiales que lo constituyen sería la siguiente:

Acero al carbono	51.3%
Acero especial	8.8%
Fierro Fundido	11.8%
Plástico	5.9%
Goma	5.0%
Aluminio	3.6%
Vidrio	2.5%
Otros metales no ferrosos	1.9%
Adhesivos, lubricantes, tapices, soldadura y varios	9.2%
	100.0%

FUENTE: Batelle Institute.

Lo que significa que un 70% del peso del vehículo corresponde a materiales ferrosos y un 60% a los diversos tipos de acero.

La disminución de peso se obtiene por dos efectos acumulativos: la obtención de menores espesores y la substitución del acero por materiales más livianos. Además, nuevos conceptos de diseño han permitido ir a vehículos más pequeños, lo que a su vez significa componentes más pequeños y, por lo tanto, más livianos.

Todo este proceso ha permitido obtener una disminución substancial en el consumo de combustibles. En el caso de Estados Unidos, aunque tiene vehículos de mayor tamaño que Japón y Europa, las cifras son elocuentes:

<u>Año</u>	<u>Término medio en millas por galón</u>
1974	14
1975	15
1976	16
1977	17
1978	18
1979	19
1980	20

Y las cifras proyectadas serían:

1981	22
1982	24
1983	26
1984	27
1985	27.5

En otros términos: entre 1980 y 1974 se había disminuído en un 42% el consumo medio de combustible en los vehículos, y para 1985 se espera reducir el consumo de 1974 a la mitad.

En Europa por su parte, el consumo de un auto pequeño, por 100 kms de recorrido, fue de 8.99 lts en 1980 y se espera que sea 8.1 lts en 1985 y 7.3 lts en 1990.

Como se decía anteriormente, la segunda prioridad del comprador, después de la disminución del consumo de combustible, es la reducción del costo de los vehículos, la calidad y la seguridad. La especificación de los materiales resulta de transcendental importancia para que el fabricante de automóviles pueda alcanzar estas metas, respetando además, las regulaciones gubernamentales sobre seguridad, emisión y ruidos. Todas estas condiciones deberán traducirse en los vehículos de los años 80 y en las cantidades de acero que demandarán.

A pesar de los aumentos de costos, como ya se comentó, el acero es aún un material barato comparado con el aluminio y el plástico. Sin embargo, deben considerarse además las otras condiciones: la densidad, la resistencia, la rigidez, la tenacidad, la durabilidad, la resistencia al calor, la soldabilidad. Estos factores, unidos al bajo costo, hacen del acero un material apropiado para los fabricantes de vehículos, salvo el caso de la densidad y la corrosión. Esto debería constituir un poderoso incentivo para superar los factores en los que el acero está en peores condiciones que los materiales substitutos. Para superar al problema de la densidad, la solución está en los aceros de alta resistencia, de los cuales nombramos ya algunos y cuyo objetivo es ofrecer el mismo comportamiento con menor peso. Se trata de los aceros reforzados, los de alta resistencia y baja aleación (HSLA) y los aceros bifásicos.

Un auto americano medio, modelo 1981, rebajó su peso, con relación al modelo de 1980, en 81 kgs, por el uso de aceros de alta resistencia. En la misma forma, los japoneses y europeos están haciendo uso de estos aceros para rebajar el peso de sus automóviles.

La identificación de algunas de las piezas, que podrían fabricarse con los aceros nombrados, se puede encontrar en los datos siguientes:

- Acero refosforado: capot, paneles, piso, pilares.
- HSLA: Estos aceros se están usando mucho en Estados Unidos para los componentes de mayor espesor (soportes, brazo suspensión), y Europa sigue la misma tendencia. Algunas de las partes de automóviles fabricados con estos serían: soportes de motores, soporte de paracho- que, soporte de radiador, rieles de asiento, marcos laterales, componentes de la gata y panel del freno de estacionamiento.
- Aceros Bifásicos o de Fase Dual: Estos aceros que com- binan buena capacidad de deformación, alta resistencia después del trabajo en frío, son los últimos que han aparecido y parecen ser los aceros del futuro. Se trata de aceros al carbono, en los que por tratamientos térmicos continuos después del proceso de laminación, se consigue una estructura dual de martensita dispersa en una matriz ferrítica, lo que permite las citadas características de alta resistencia y alta capacidad de deformación.

Algunos componentes producidos con estos tipos de acero serían: parachoques, componentes de suspensión y ruedas.

En cuanto a la corrosión, que es otra de las desventajas de los aceros como ya se ha manifestado, la tendencia a la pin- tura por electroposición catódica, mejora la resistencia a la corrosión, por lo que puede ser una ruta interesante para el futuro.

Analizadas las principales ventajas y desventajas del acero en la industria automotriz, se estaría en condiciones de evaluar cuál es la posición de éste metal en relación a sus principales competidores, el aluminio y el plástico. Para ello podría hacerse la comparación de la participación de estos materiales en relación al peso total de un auto tipo, entre 1965 y los datos que ya presentamos para 1980.

	<u>1965</u>	<u>1980</u>
Aceros al carbono	55.1	51.3
Aceros especiales	7.8	8.8
Fierro Fundido	12.5	11.8
Aluminio	1.8	3.6
Plástico	1.0	5.9

Fuente: Batelle Institute.

De acuerdo a estas cifras, el aluminio ha duplicado su participación entre 1965 y 1980. Pero este aumento se aminora si se considera el del plástico, que ha aumentado seis veces su participación, a pesar de las ventajas de precios que el acero tiene. Esto se explica por las ventajas del plástico que ya se señalaran: baja densidad, buena conformabilidad, buena terminación superficial, alta flexibilidad para el diseño y gran resistencia a la corrosión.

El resultado final de estas ventajas del plástico es que algunas partes del auto han pasado a ser de plástico y difícilmente se va a cambiar de material. Tal es el caso, por ejemplo, de los tableros de instrumentos, los que hace 20 años eran principalmente de acero con un revestimiento de espuma de plástico. Actualmente es un componente completo de plástico con un pequeño refuerzo de acero, para asegurar su resistencia. De acuerdo a las informaciones citadas, esta pieza no tendría porqué, en la década del 80, cambiar de material.

Se cita este caso para mostrar la urgencia que existe para que el acero defienda su posición en la industria automotriz, con mucha más agresividad que lo que ha hecho hasta ahora. Agresividad que tiene que pasar necesariamente por mayor inversión en tecnología, para desarrollar nuevos tipos de aceros, como lo están haciendo, por ejemplo, los fabricantes de plásticos. En 1979, por ejemplo, la Dupont tuvo un presupuesto de 400 millones de dólares para investigación, de los cuales parte importante fueron dirigidos al sector automotriz. Otras empresas químicas están haciendo similares esfuerzos de investigación.

El peligro del plástico, para el acero, puede visualizarse en las cifras siguientes, en las que atribuyendo un determinado puntaje (de 1 a 5) pueden compararse las características de los tres materiales para la fabricación de un parachoque.

	<u>Plástico</u>	<u>Aluminio</u>	<u>Acero</u>
Peso	4	3	1
Conformabilidad	5	1	2
Terminación superficial	4	5	5
Costo de desarrollo	4	3	3
Duración	5	5	3
Resistencia al daño	3	5	3

5 = Excelente; 1 = Pobre.

Fuente: Paul G. Hughes.

Las ventajas del acero para el estampado y armado de los paneles de las carrocerías, aseguran un continuo uso del acero. Sin embargo, para mantener su competitividad deben hacerse inversiones. En este sentido, la nueva generación de acero de alta resistencia, debe considerarse sólo como un primer paso, porque aún este paso puede arriesgarse, si no va acompañado de una política de menores costos que haga a estos aceros más competitivos.

La competencia del acero con los plásticos ha entrado en una nueva etapa, en la cual los fabricantes de automóviles mis mos ya están desarrollando componentes de plástico. Así lo confirma el caso de la Ford, que ha instalado una nueva planta de plásticos en Berlín. Ello revela, además, la creciente importancia que se le otorga a este material, en su competencia con el acero.

ii) Construcción

Puede estimarse que el 30% del consumo de acero en el mercado, está destinado a la construcción y que la mitad de este porcentaje se dedica a barras para hormigón. Constituye por lo tanto uno de los sectores más importantes entre los usuarios del acero. Tanto es así, que en algunas plantas siderúrgicas latinoamericanas, la mitad de su producción está representada por barras de acero.

El acero está presente prácticamente en todo tipo de construcciones: edificios, puentes, instalaciones industriales, hangares, túneles, viaductos, plataformas petroleras, etc.

A continuación se analizará la competencia del acero, con el aluminio, el plástico y el hormigón armado en la construcción y los nuevos tipos de acero que se están desarrollando para los requerimientos de este sector.

Aluminio: Basado en su bajo peso, buena resistencia a la corrosión y buena trabajabilidad, el aluminio está reemplazando al acero en techos, en cielos falsos, en paneles, en columnas de pequeños edificios y muy especialmente en perfiles para puertas y ventanas. En esta última aplicación, es difícil para el acero competir con el aluminio por la excelente adaptabilidad de este metal a la extrusión en caliente, que le permite adoptar las formas más raras, con gran exactitud.

Nuevamente los aceros de alta resistencia y bajo peso, a que nos referíamos en el acápite anterior sobre la industria automotriz, tienen en este sector, un amplio campo de acción en la competencia con el aluminio.

Plástico: El plástico está compitiendo con el acero en: planchas de techo, reemplazando planchas galvanizadas; en tanques de almacenaje, en lugar de planchas laminadas en caliente; canaletas en lugar de chapa galvanizada. Asimismo, un campo en el que el plástico está introduciéndose con agresividad creciente, en el campo de la construcción, es en el de las tuberías, tanto las sometidas a presión (agua), como las sin ella (desagües, alcantarillado, etc.) Así se están reemplazando las canalizaciones de fierro fundido y las cañerías de acero: habiéndose desarrollado toda la gama de conexiones necesarias (codos, coplas, tees, reductores, cruces, etc.).

El Hormigón Armado: Talvez el sustituto más importante para el acero en el campo de la construcción es el hormigón armado, que aunque también ocupa barras de acero, ocuparía mucho más si las estructuras fueran íntegras de acero.

El desarrollo de la técnica del hormigón armado, por otra parte, ha estado íntimamente ligado a las mejoras que se han ido introduciendo en el acero. Esta técnica, que se basa en aprovechar la resistencia a la tracción del acero, la resistencia a la compresión del hormigón, y el igual índice de dilatación de ambos, es la que se usa de preferencia en la construcción de casas y edificios.

Las barras de construcción han ido experimentando, a lo largo de los años, distintas transformaciones que fundamentalmente han tendido a aumentar su resistencia a la tracción y a mejorar su adherencia con el hormigón.

Así, de las barras lisas se pasó a las reviradas y a las con resaltes, que son las que actualmente se usan.

Uno de los adelantos más importantes en la historia del hormigón armado, ha sido el "pretensado", que se inició en la década del 40. Para ello ha sido necesario desarrollar barras y alambres de aceros especiales de alto límite de fluencia.

El hormigón pretensado está teniendo cada vez más aplicaciones al permitir la prefabricación de elementos como paneles, losas, vigas para la construcción de viviendas. Además, se está usando en postes, durmientes para líneas férreas, naves industriales, etc.

En los países desarrollados, la construcción en acero para usos habitacionales, está cada vez ganando más terreno, gracias a la introducción de nuevos elementos como paneles: aislados tipo sandwichs, planchas recubiertas de poliuretano, perfiles planos para techos, bobinas pre-pintadas, planchas con mejor calidad de galvanización.

La repetición y standarización de la construcción metálica, ha introducido el uso del computador. Por ello es frecuente encontrar análisis estructurales, diseños, proyectos de ensamble y ejecución, realizados por computadores.

La combinación de nuevos diseños y técnicas de fabricación han hecho posible estructuras de creciente relación resistencia/peso, lo que ha tenido especial importancia en la edificación de altura.

En la década actual, puede afirmarse que no hay tipo de construcción en el cual el acero no pueda ser considerado como alternativa del hormigón, no solamente porque su comportamiento es aceptable por los ingenieros, sino también porque los arquitectos han superado su primitivo rechazo por razones estéticas.

Las Estructuras Metálicas: En Japón, Europa y Estados Unidos, es frecuente el uso del acero para construcciones de edificios; en América Latina lo general es lo contrario, o sea, hay un predominio absoluto de la construcción de edificios, en hormigón armado. Sin embargo: la rapidez de construcción, su fácil montaje, la posibilidad de prefabricar elementos y la facilidad de transporte de ellos y las menores secciones necesarias, que significan aumentar las superficies utilizables entre otras características de la construcción en acero, están estimulando en nuestro continente el inicio de algunos edificios con estructura de acero. Para que ello continúe, es indispensable que en las Universidades e Institutos especializados se enseñen y se divulguen los conocimientos sobre cálculo estructural en acero, y que haya una actitud más agresiva, de parte de las empresas siderúrgicas, para ganar este importante mercado.

En el último Congreso de ILAFA celebrado en Septiembre pasado en Venezuela, el Sr. William J. Tattersall presentó un amplio panorama de las construcciones de acero más recientes y de mayor importancia en el mundo, entre ellas figuraba el puente Bertioga, cerca de Santos, en Brasil, y la Torre Hidráulica de Banderitas, en Argentina, para citar las realizaciones latinoamericanas en este campo.

Al terminar su exposición, el relator expresó: "Estos importantes ejemplos de todo el mundo, ilustran exactamente lo bien que se han desarrollado las disciplinas y habilidades necesarias para diseñar estructuras seguras y eficientes. Como hemos ideado nuevos métodos de sujeción y perfiles de acero y como hemos alterado la composición química del acero mismo, para hacer que el material sea más firme, más elástico y más resistente a la

corrosión. Indudablemente, usando los actuales aceros de alta resistencia y eficientes técnicas de diseño, podremos constituir estructuras dos veces más grandes que lo que podríamos haber hecho cincuenta años atrás, con la misma cantidad de acero".

Como ya se ha señalado, el principal defecto del acero es frente a la corrosión, lo que en el caso de la construcción se está enfrentando con los nuevos aceros tipo CORTEN.

Además, es importante señalar en estas aplicaciones otra desventaja del acero comparada con el hormigón que es su inferior resistencia al fuego. Para ello se están desarrollando sistemas de protección que eviten o aminoren este riesgo.

Los aceros microaleados y de alta resistencia permiten reducir las dimensiones de los elementos estructurales reduciendo así el peso, lo que significa menores esfuerzos horizontales, en caso de movimientos sísmicos, y fundaciones más pequeñas.

El desarrollo de elementos de sección hueca, de contorno cerrado, que tienen mejor resistencia a la torsión y a la compresión, están reemplazando los tradicionales perfiles, como también lo están haciendo los tubos de algunas estructuras especiales.

iii) Ferrocarriles

El ferrocarril es el elemento que menos energía consume si se compara con otros medios de transporte de personas. En efecto, la relación es de 1 a 4 con el avión, y de 1 a 3 con los automóviles. Por eso, en algunos países industrializados sus ferrocarriles están saturados y se están construyendo nuevas líneas de alta velocidad. Tal es el caso de Japón, Italia, Francia, Alemania, donde se construyen del orden de 300 kms de nuevas líneas por año.

El ferrocarril es, pues, un medio de transporte que necesariamente irá aumentando con el tiempo. Algunos postulan para los próximos años una tasa de crecimiento del 5%, lo que significaría duplicar lo que actualmente existe, en catorce años. Históricamente, la relación entre ferrocarril y acero ha sido estrecha, a tal extremo que durante un tiempo, la mitad de la producción de acero era ocupada en este medio de transporte. El ferrocarril y el acero prácticamente nacieron juntos y fueron los siderurgistas los que financiaron la construcción de los primeros ramales. El desarrollo industrial y la recesión que el ferrocarril sufrió a través del tiempo, han hecho decrecer la participación señalada a sólo un 2 a 3% de la producción, porcentaje que por las razones ya enunciadas deberá tender a crecer.

Los aceros que fundamentalmente se ocupan en la construcción de vagones son dos, el acero al cobre, que ha sido usado por más de veinte años y que debe ser considerado como un metal básico; y el acero inoxidable. El aluminio a su vez está representado por un tipo que tiene especial facilidad para la extrusión.

El vagón de ferrocarril tiene una estructura que la constituye toda su forma tubular. En su diseño y construcción deben armonizarse diversos factores como son: el peso, que debe ser el menor posible; la resistencia a las sollicitaciones en la operación normal (tracción, compresión, cargas verticales) y a las sollicitaciones de un accidente (impacto); el comportamiento de la estructura en relación a la vibración; la resistencia al fuego; la resistencia a la corrosión (lluvia, agua de condensación); la producción industrial y la facilidad de reparación.

En comparación con una estructura de vagón de acero al cobre, el acero inoxidable representa una disminución de peso de 15% y el aluminio una disminución de 35%. El ahorro de peso, en el vagón completamente equipado, es de 4% para el acero inoxidable y de 10% para el aluminio. Debe considerarse que cualquier ahorro de peso es muy importante, no solamente porque se disminuye la carga por eje, sino también por las ventajas de operación que ello significa.

Si se comparan las características de cuatro metales alternativos es estos tipos de construcción, se tendrían las cifras siguientes:

	Resistencia a la tracción N/mm ² .	% Alargamiento	Módulo de elasticidad N/mm ²
Acero al carbono	255	24	210 000
Acero al cobre	355	23	210 000
Acero inoxidable	510	38	190 000
Aluminio	235	8	72 000

El módulo de elasticidad del aluminio, tres veces inferior que el del acero, anula la ventaja de su menor peso. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que es perfectamente posible estudiar, calcular y construir un marco de aleación liviana que responda a las mismas sollicitaciones que un marco de acero.

En cuanto a la resistencia al impacto, el acero tiene un mejor comportamiento debido a su mayor porcentaje de elongación. Pero algunos estudios y testes, están mostrando que podría obtenerse un buen comportamiento al impacto de coches con estructura de aluminio, siempre que se hagan diseños especiales de estas estructuras.

En todo caso, el acero parecería que mantiene una marcada ventaja en el sector, debido a la larga experiencia de su uso, en contraste con el aluminio que sólo recientemente ha aparecido como una alternativa viable. Esta ventaja podría ir disminuyendo, en la medida que el aluminio sea mejor conocido y que los siderurgistas no desarrollen nuevos tipos de acero que enfrenten mejor la competencia del aluminio.

En esta competencia, es útil recordar que el aluminio entró en los ferrocarriles europeos porque un productor muy importante abasteció a los fabricantes de coches, no sólo del material, sino que también les entregó amplia información sobre los métodos de construcción y les facilitó además modelos y programas computarizados para su proyecto y fabricación.

También es este sector el problema de la corrosión de la ventaja al aluminio sobre el acero, que debe recubrirse por ejemplo, con pinturas a base de resinas epóxicas. Esto no sucede, por cierto, con el acero inoxidable, que prácticamente no se corroe, pero tiene el aspecto negativo de su precio.

En la fabricación de vagones en el mundo, el acero al cobre está aún en primer lugar, pero el acero inoxidable y el aluminio tienen importancia según el país de que se trata. En Estados Unidos hay preferencia por el acero inoxidable, aunque el aluminio también está presente principalmente en los Metros de San Francisco, Boston, Nueva York, Atlanta y Washington. En Japón el acero al carbono es aún el metal básico, pero el acero inoxidable y el aluminio están presente en la línea de Tokaido en la cual algunas unidades han sido fabricadas en aluminio.

La historia del acero en la construcción de trenes puede resumirse así. El acero común, pesado y corroible fue reemplazado hace 20 años adicionándole cobre y obteniendo así una aleación mejor. Su uso, combinado con nuevas pinturas protectoras de poliuretanos, ha encontrado múltiples aplicaciones en el campo ferroviario. Sin embargo, las nuevas condiciones de rapidez y confort en los trenes y la prioridad asignada a la disminución del peso, han estimulado el estudio de nuevos productos. El acero inoxidable apareció en un momento como la mejor solución y muchos ferrocarriles actualmente lo siguen empleando. Pero un nuevo competidor ha aparecido: el aluminio, que ya se está imponiendo en el importante sector de los Ferrocarriles Metropolitanos y está empezando a aparecer en los trenes de alta velocidad.

En la futura competencia con el aluminio en el sector ferrocarriles, el acero tiene al menos dos caminos interesantes que recorrer: uno se refiere al material mismo, a la química del acero, y el otro a los sistemas de producción. En cuanto al primer camino, se trata de obtener aceros de mayores resistencias, siempre con aleación de cobre, y que sean perfectamente soldables y con una gran ductibilidad. En relación al segundo, se trata del control de los sistemas de laminación, que permiten aumentar el límite elástico sin aumentar el contenido de carbono y por lo tanto, sin disminuir la soldabilidad.

En esta competencia con el aluminio, los aceros al nio-bio y al vanadio y los perfiles extruídos en caliente, podrían ser la respuesta.

Finalmente, es necesario considerar en este sector de los ferrocarriles lo relativo a los rieles, que en general representan la mitad del consumo del sector. Además, debe destacarse que tienen especial importancia para la siderurgia latinoamericana, pues se estima que, en la presente década, se consumirán en nuestro continente tres y medio millones de toneladas de rieles.

En cuanto a nuevos productos, los aceros al carbono serán reemplazados por aceros de la alta resistencia y baja aleación.

iv) Envases, industria naval, gas y petróleo

Envases: En el rubro de envases, la competencia del acero con el aluminio ha sido muy importante, especialmente en la industria conservera, donde este metal ha estado reemplazando a la hojalata. La respuesta del acero ha sido mejorar los procesos de producción a base de aceros de embutido profundo, que permiten reducir el proceso, produciendo en una sola pieza fondo y cuerpo, igual que con el aluminio. Similar situación podría señalarse en este rubro con el plástico.

Industria Naval: La ventaja del aluminio de menor peso y mayor resistencia a la corrosión, ha estimulado a los astilleros, el uso de planchas de aluminio, en la construcción de barcos.

Sin embargo, la menor resistencia al impacto y su inferior punto de fusión, son problemas que limitan el uso del aluminio, por lo menos en los barcos de guerra. Para evitar que el aluminio penetre en un mercado tan tradicional del acero como la construcción naval, la solución está en competir con las mismas ventajas del aluminio, relativas a peso y corrosión, manteniendo las otras mejores condiciones del acero. Es lo que se ha hecho con el empleo de planchas de acero de alta resis-

tencia en barcos de nuevos diseños. Así se han podido construir buques que consumen 50% menos de combustible que otros de igual tamaño fabricados con aceros y diseños tradicionales.

En relación al plástico, éste está reemplazando a planchas laminadas en caliente, en los cascos de embarcaciones pequeñas. En especial en botes y lanchas deportivas su uso es muy frecuente.

Gas y Petrôleo: Como lo señalamos en el caso de la construcción, el plástico ha penetrado en todo lo que se refiere a tubería, también en este sector, reemplazando a las cañerías de acero. Además, en lo referente a tanques, el uso de plástico reforzado con fibra de vidrio está reemplazando, en alguna medida, a las planchas laminadas en caliente.

CAPITULO III

ASPECTOS TECNOLOGICOS DE LA SIDERURGIA EN

AMERICA LATINA

1. ALGUNOS INDICADORES COMPARATIVOS

Es notorio, en los últimos años, que los países en desarrollo han ido desplazando, en términos relativos, a algunos países desarrollados como importantes productores de acero en base a ciertas ventajas adquiridas.

Uno de los principales factores que ha hecho esto posible es que a los productores del mundo en desarrollo, les resulta más fácil que antes el aprendizaje de las nuevas tecnologías. Así ha quedado demostrado en el caso de América Latina, región en la que algunos países han sobrepasado a Estados Unidos en el uso de tecnologías modernas (Brasil en colada continua, por ejemplo). Además, debe tenerse presente las capacidades de investigación, de adopción de nuevas tecnologías y de ingeniería básica existente en la región.

El menor costo relativo de la mano de obra del mundo en desarrollo, en comparación al mundo desarrollado, adquiere así toda su importancia. En efecto, si bien es cierto que la instalación de las plantas pueden ser más costosas al principio, el menor valor de la mano de obra podrá compensar esta situación, cuando las plantas estén en producción.

Otros factores que han influido en este traslado de las ventajas comparativas de los países industrializados al mundo en desarrollo, como se expresó en páginas anteriores, son: los grandes avances en los transportes, el abaratamiento relativo de las materias primas, la disponibilidad de grandes espacios para la construcción de las plantas y las menores exigencias de contaminación.

A) Costo Comparativo del Trabajo

El cuadro siguiente, al dar a conocer los salarios por hora en varios países, tanto del sector industrial en general, como en la industria del acero, ilustra suficientemente una de las diferencias antes mencionadas.

SALARIOS POR HORA EN LA INDUSTRIA EN GENERAL Y
EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA EN VARIOS PAISES - 1978

Total Compensación en \$US por Hora para los Operarios de Producción

País	Industria en general	Indice (EE.UU.=100)	Industria Siderúrgica	Relación Ind. Siderúrgica/ Ind. en General
U.S.A.	8.33	100	14.04	1.69
Europa:				
Alemania	9.48	114	10.60	1.12
Holanda	9.77	117	12.01	1.23
Italia	6.18	74	6.98	1.13
América Latina:				
Brasil	1.67	20	2.12	1.27
Venezuela	2.53	30	n.d.	
México	2.00	24	n.d.	
Asia:				
Japón	5.47	66	8.22	1.50
Corea	0.85	10	n.d.	
Taiwan	0.80	10	n.d.	
Hong Kong	1.13	14	n.d.	

Fuente: The Cruel Economic of Steel in the Developed World: a perspective from United States. Robert W. Grandall.

Aunque este cuadro es de 1978, pueden deducirse las siguientes conclusiones importantes:

- a. Estados Unidos tiene los mayores salarios por hora de la industria siderúrgica en el mundo siendo 7 veces mayores a los de Brasil; otros importantes productores mundiales muestran también significativas diferencias salariales con respecto a Brasil: Alemania 5 veces y Japón 4 veces mas.
- b. La relación entre salarios de la industria siderúrgica y salarios del resto de la industria, es también la mayor en Estados Unidos: 1,69 contra 1.50 en Japón, 1.27 en Brasil, 1.23 en Holanda, 1.13 en Italia y 1.12 en Alemania.
- c. Comparando los índices salariales de la industria en general en Estados Unidos con los índices de los demás países se pone de relieve las ventajas de Latinoamérica y los países asiáticos en este aspecto.

Debe considerarse además que el costo del trabajo, es el producto de su valor horario y de su tasa de aplicación, medida en horas por tonelada. En Estados Unidos el costo del trabajo es el mayor componente del costo de producción del acero, siendo entre un 33% a un 40% del costo total, dependiendo de la empresa y de la mezcla de productos. Este porcentaje sería del orden de 30% en la C.E.E., 22% en Japón, 15% en Brasil y 10% en Corea del Sur. 1/

A ambos aspectos: el valor horario del trabajo y la productividad, debe darse especial importancia y no solamente al nivel de los salarios que puede ser muy alto si va acompañado de una productividad adecuada, como sucede en el mundo industrializado. El problema aparece cuando el costo del trabajo en un determinado sector industrial, se eleva sobre el nivel medio de todas las industrias y cuando éste no es compensado con una mayor productividad.

Es lo que de acuerdo al cuadro anterior, ha sucedido en Estados Unidos, donde la relación entre el costo del trabajo en la industria siderúrgica es un 70% mayor que en el resto de las industrias. Esta relación desde 1978, ha ido aumentando siendo actualmente del orden de un 80%, mientras que la productividad de la industria siderúrgica ha disminuido en relación a la productividad de todo el sector industrial.

1/ Hans Mueller: A Comparative Analysis of Steel Industries in Industrialized and Newly Industrializing Countries. - Documento presentado a la Eastern Economic Association. Abril 1982.

Por otra parte, en Japón el mayor costo del trabajo en la producción de acero, que era de 50%, según el cuadro anterior, se ubica actualmente en un 30% y en Europa en un 20%, habiendo crecido la productividad en ambas regiones en forma similar a la de toda la industria.

La situación descrita, explica con mucha claridad las dificultades que debido a enfrentar la industria siderúrgica de Estados Unidos, en la competencia con el acero japonés o europeo.

B) Materias Primas y Energía

Considerando la competencia en los mercados internacionales de los minerales y del carbón coquizable, no hay gran diferencia en los valores F.O.B. de estos materiales, para los productores de acero de distintas partes del mundo. Las diferencias aparecen cuando estos materiales deben ser descargados hasta la zona de los altos hornos. Para plantas integradas con facilidades portuarias para barcos de gran tonelaje (250 000 ton) los costos totales de transporte no son más que un 25% del costo del material en el puerto de embarque. Pero cuando solamente hay posibilidades de descarga para barcos de tamaño medio, el costo de transporte puede duplicarse. Para plantas localizadas en ríos o canales donde hay descargas de barcos a barcazas, es posible que el costo de transporte tenga un recargo de 20% y otro 20% adicional si hay que trasladar el material a trenes o camiones.

El precio del mineral y del carbón coquizable depende de manera muy significativa del lugar en que están las plantas. Si este lugar es interior los costos serán mayores con la excepción, por cierto, de aquellas plantas interiores unidas por buenas redes ferroviarias a los yacimientos.

La proximidad a los centros consumidores pueden, por otra parte compensar los mayores costos de transporte.

Muchas empresas en Estados Unidos y Europa poseen sus propias minas de carbón y de fierro, sin embargo, en el caso de los minerales de fierro esto ha dejado de ser una ventaja, debido al alto costo de los salarios en estos países. Por el contrario, en Australia, Latinoamérica y África se han abierto grandes y ricos yacimientos, cuyos minerales pueden trasladarse a cualquier parte del mundo a bajos precios, con el uso de los grandes barcos mineraleros.

Las ventajas de poseer minas de carbón cautivas en los países desarrollados han disminuido a su vez, por los altos salarios y además por las normas anticontaminantes.

El consumo de minerales y carbón es directamente dependiente de la tecnología de reducción empleada. Como se verá más adelante, Japón ha obtenido los menores consumos de mineral y combustible por ton de arrabio, seguido por la C.E.E.

El uso de la energía en las plantas de acero es también dependiente del grado en que se han introducido prácticas de operaciones modernas en aceración y colada.

C) Costos Totales de Producción 1/

Para visualizar mejor la situación comparativa de los costos de producción de acero entre países industrializados y algunos países del mundo en desarrollo, ha parecido conveniente reproducir un cuadro en el que se establecen los principales costos variables por tonelada de acero en: Estados Unidos, la C.E.E., Japón, Brasil y Corea del Sur.

Es lo que se presenta en el cuadro siguiente, para el período 1980-1982:

US\$ POR TONELADA DE ACERO

Trabajo	Carbón Coquizable y mineral	Energía	Total	Diferencia en el costo de EE.UU
207	103	72	382	0
125	100	62	287	95
70	90	64	224	158
52	95	65	212	170
26	90	66	182	200

Las diferencias de los países señalados con EE.UU., pueden ser variadas por otros items del costo tales como: otras materias primas, refractarios, repuestos, mantenimiento, intereses y depreciación. Sin embargo estos items no son lo suficientemente significativos como para anular las cifras que el cuadro establece.

Debe advertirse que no todos los países del Tercer Mundo tienen las condiciones de competencia de Corea del Sur o de Brasil. En efecto no todos los países en desarrollo, tienen las plantas modernas ni han implantado nuevas tecnologías como el país asiático y el mayor productor de América Latina. Sin embargo, como se verá más adelante, la región, cuenta no solo en Brasil sino también en otros países latinoamericanos, con instalaciones competitivas a nivel mundial.

1/ Hans Muller op. cit.

Finalmente es importante destacar que para que las ventajas comparativas que tienen algunos países se aprovechen eficazmente, sobre todo en lo relativo al costo del trabajo, es indispensable que hayan políticas de gran disciplina en relación al empleo en las empresas, sean éstas estatales o privadas. Esto es así porque si éstas se transforman en centros para combatir el desempleo en determinadas zonas o países, sin buscar prioritariamente una racionalidad en los costos de producción, es evidente que las ventajas comparativas se esfumarán y se perderá la oportunidad de una presencia creciente de América Latina en el mercado mundial.

D) La Productividad y el Consumo de Combustible en los Altos Hornos

Uno de los factores más importantes en el costo del acero es la productividad de los altos hornos (ton de arrabio/m³-día) y el consumo de coque y combustible por tonelada de arrabio producido ("coke rate" y "fuel rate").

Los niveles que se alcancen en estos parámetros son el mejor testimonio de hasta qué punto en una planta siderúrgica determinada, se han adoptado tecnologías modernas de reducción y se han racionalizado las operaciones para disminuir costos.

Por otra parte, en acápites anteriores sobre las ventajas comparativas en relación a los países desarrollados, del Tercer Mundo en general y de América Latina en particular, se afirmaba que además de ventajas específicas como el precio de las materias primas y del trabajo, debía considerarse el fácil acceso que la región ha tenido a las tecnologías modernas. Para comprobar este aserto lo más adecuado sería comparar la productividad de los altos hornos de la región con la de países desarrollados y mejor aún si esta comparación se hace con el país que tiene las plantas más modernas y que es el más eficiente en la producción de acero, cual es Japón.

A este respecto, para estimar la posición relativa de Japón con otros países desarrollados, pueden citarse los niveles de "coke rate" obtenidos en 1979. Se elige ese año porque fue cuando Japón obtuvo sus niveles más bajos; posteriormente todos los países han aumentado su "coke rate" como consecuencia de la disminución de las inyecciones de petróleo, motivadas a su vez por el alza de los precios de este combustible.

Japón	423
Alemania	490
Francia	510
Rusia	530
Inglaterra	570
Estados Unidos	590

Fuente: The Japan Iron and Steel Federation. AISI para EE.UU.

i) La productividad

La productividad de un alto horno se mide en ton de arrabio por m² de crisol y día, o en ton de arrabio por m³ de crisol y día, siendo esta última la forma más común de medirla. Con el objeto de comparar la productividad en la región, se presenta el cuadro siguiente incluyendo los altos hornos latinoamericanos a coque.

Productividad de los Altos Hornos a Coque Latinoamericanos

Datos más favorables entre 1978 y 1981

Alto Horno	Producción Ton /día	Diámetro Crisol m.	Area Crisol m2.	Volumen trabajo m3.	Productividad	
					Ton/m ² -día	Ton/m ³ -día
ARGENTINA						
SOMISA 1	1 615	8.80	60.82	1 428	26.55	1.13
SOMISA 2	2 825	9.75	74.66	2 043	37.84	1.38
BRASIL						
C.S.N. 1	Parado	8.38	55.15	1 171	-	-
C.S.N. 2	Parado	8.53	57.15	1 377	-	-
C.S.N. 3	5 988	12.40	120.76	2 935	49.59	2.04
COSIPA 1	2 181	9.09	64.90	1 553	33.61	1.40
COSIPA 2	5 035	10.90	93.31	2 280	53.96	2.21
USIMINAS 1	1 823	7.00	38.48	775	47.38	2.35
USIMINAS 2	1 699	7.00	38.48	775	44.15	2.19
USIMINAS 3	4 819	11.50	103.87	2 340	46.39	2.06
AÇOMINAS 1	Construc.	11.50	103.87	2 294	-	-
TUBARÃO 1	Construc.	14.00	153.94	3 707	-	-
COLOMBIA						
Paz del Río 1	771	5.94	27.71	689	27.82	1.12
CHILE						
CAP 1	926	6.48	32.98	710	28.08	1.30
CAP 2	1 212	7.01	38.59	850	31.41	1.43
MEXICO						
AMSA 1		2.13	3.56	70	-	-
AHMSA 1	400	5.18	21.07	453	18.98	0.86
AHMSA 2	831	6.63	34.52	797	24.07	1.04
AHMSA 3	1 026	7.50	44.18	1 033	23.22	0.99
AHMSA 4	1 266	7.50	44.18	1 034	28.66	1.22
AHMSA 5	2 931	11.20	98.52	2 163	29.75	1.36
AHMSA Piedras Negras	169	3.01	7.12	172	23.74	0.98
Fundidora 2	708	5.78	26.24	580	26.98	1.22
Fundidora 3	1 954	8.80	60.82	1 462	32.13	1.34
SICARTSA 1	2 428	9.00	63.62	1 519	38.16	1.60
PERU						
SIDERPERU 1	643	5.50	23.76	471	35.46	1.79

Fuente: ILAFA - Comité de Altos Hornos. Documento en preparación. Cifras preliminares.

El análisis de este cuadro permite dejar claramente establecido que las mayores productividades de los altos hornos latinoamericanos se hallan en Brasil (más de 2 ton/m³-día) y que entre las empresas de este país es USIMINAS, con su alto horno 1, la que ha alcanzado los mejores niveles de eficiencia (2.35 ton/m³-día).

En un segundo estrato (entre 1.79 y 1.60) podría ubicarse Perú con su único alto horno de SIDERPERU, y SICARTSA 1 de México.

En un tercer estrato (bajo 1.60 ton/m³-día) se ubicaría, desde el punto de vista productivo, todos los demás altos hornos de la región.

Para hacer una comparación con Japón es conveniente recordar que en este país la operación de los altos hornos ha tenido una productividad creciente y una permanente reducción de costos por la construcción de altos hornos más grandes y la adopción de avanzadas tecnologías de operación. Es así como en 1965 el término medio de volumen de trabajo de los altos hornos japoneses fue de 1 139 m³ con un máximo de 2 142 m³; mientras que en 1979 estas dimensiones se habían más que duplicado. En efecto, en este año los 65 altos hornos japoneses habían alcanzado un término medio de 2 545 m³ y un máximo de 5 070 m³.

Considerando el desarrollo de la operación de los altos hornos en Japón puede afirmarse que desde los últimos años 50, y en la década del 60, maximizar la productividad fue el objetivo fundamental para cumplir con la creciente demanda. El tratamiento de los minerales, el uso de sinter auto fundente, las inyecciones de oxígeno y de petróleo, y las altas presiones, fueron algunos de los desarrollos tecnológicos usados para alcanzar estas mayores productividades.

Es así como la productividad media aumentó de 1.09 ton/m³-día en 1960 a 1.85 en 1969.

Un detalle de las características dimensionales de los principales altos hornos japoneses en 1974 y su productividad se muestra en el cuadro siguiente:

Alto Horno	Diámetro Crisol m	Volumen m ³	Ton/m ³ -día
KIMITSU 3	13.4	4 063	2.41
TOBATA 4	13.5	3 799	2.24
OITA 1	14.0	4 158	2.09
FUKUYAMA 4	13.8	4 197	2.17
FUKUYAMA 5	14.4	4 617	2.24
KASHIMA 2	13.8	4 080	2.05
MISUSHIMA 4	14.4	4 323	2.23
KAKOGAWA 2	13.2	3 850	1.96

Fuente: Japan Iron and Steel Federation.

De la comparación de las productividades de los altos hornos latinoamericanos con las de Japón, se desprende que los altos hornos brasileños son los únicos que están en niveles de productividad semejantes a los japoneses. En especial merece citarse el alto horno 1 de USIMINAS y el 2 de COSIPA, que superarían la productividad de muchos altos hornos del país cuya industria siderúrgica es la más eficiente del mundo.

ii) El consumo de combustible

Si se hiciera un cuadro para los altos hornos latinoamericanos semejante al interior, pero ahora con el "coke rate" (Kg de coque por ton de arrabio) y el "fuel rate" (Kg de coque + kgs de petróleo por ton de arrabio) se tendrían los datos siguientes:

ALTOS HORNOS LATINOAMERICANOS

"COKE RATE" Y "FUEL RATE"

	Valor anual más favorable entre 1978 y 1981	
	"Coke Rate" T' M'	"Fuel Rate" (Coque + Petróleo)
ARGENTINA		
SOMISA	526	526
BRASIL		
C.S.N. 3	485	485
COSIPA 1	511	536
COSIPA 2	451	503
USIMINAS 1	425	461
USIMINAS 2	434	468
USIMINAS 3	469	507
COLOMBIA		
Paz del Río	720	757
Colar	1 270	-
CHILE		
CAP 1	535	590
CAP 2	543	581
MEXICO		
AHMSA 1	786	-
AHMSA 2	678	700
AHMSA 3	665	730
AHMSA 4	703	760
AHMSA 5	658	-
AHMSA Piedras Negras	1 005	1 005
Fundidora 2	661	697
Fundidora 3	652	695
SICARTSA	564	585
PERU		
SIDERPERU	532	551

Fuente: ILAFA - Comité Altos Hornos. Documento en preparación. Cifras preliminares.

Debe advertirse que cuando la cifra que representa el "coke rate" es igual a la del "fuel rate", es porque en ese alto horno no se inyecta petróleo. Tal es el caso, por ejemplo, del Alto Horno 3 de la Cía. Siderúrgica Nacional de Brasil.

En este cuadro pueden también destacarse como las mejores (bajo un fuel rate de 500) las cifras de los altos hornos brasileños y en particular la de USIMINAS 1 y 2; C.S.N. 3 y COSIPA 2 .

En un segundo grupo (con un fuel rate entre 500 y 600) se ubicarían los altos hornos de SOMISA en Argentina; de COSIPA en Brasil; de CAP 1 y 2 en Chile; de SICARTSA 1 en México y el de SIDERPERU en Perú.

En un tercer grupo, sobre 600, se ubicarían los demás, es decir, todos los de México, con excepción del ya citado de SICARTSA 1 y los de Colombia.

Veamos la situación en Japón: así como en los años 60 la meta fue aumentar la productividad de los altos hornos japoneses, en los años 70 la reducción de costos y especialmente el ahorro de combustibles, fue el propósito fundamental. Esto fue necesario por los abruptos aumentos de precios del petróleo en 1973 y también por los precios crecientes del coque. Antes de la crisis del petróleo se buscó rebajar el "fuel rate" inyectando petróleo pesado, pero después de 1975 la cantidad de petróleo inyectado debió ser reducida por la causa señalada.

Sin embargo, el "fuel rate" pudo ser disminuído por el uso de mayores temperaturas, mejores controles de carga y mayor eficiencia en la utilización del gas debido a una más adecuada distribución de la carga. Así es como la temperatura del aire inyectado en los altos hornos subió de 1085°C en 1973 a 1238°C en 1979. Además el porcentaje de mineral aglomerado que en 1973 era de 80.1%, subió en 1979 a 90.3%.

Como consecuencia de éstas y otras mejoras operacionales el término medio del "coke rate" bajó de 474 kg/ton en 1970 a 423 kg/ton en 1979 y el "fuel rate" bajó entre estos mismos años de 518 kg/ton a 461 kg/ton. Incluso en un alto horno se obtuvo el record de un "coke rate" de 399 kg/ton con un "fuel rate" de 446 kg/ton.

En esta breve reseña del consumo de combustibles de los hornos japoneses debe destacarse que debido a las continuas alzas en el precio del petróleo se ha procurado disminuir las inyecciones de este combustible. Así es como la cantidad de 37 kg/ton de petróleo pesado que se estuvo inyectando en Abril-Junio de 1979 disminuyó a sólo 17 kg/ton en Marzo de 1980. Pero además durante 1980 se estuvo experimentando con el uso de coque solamente, sin ninguna inyección de petróleo. El éxito de estas pruebas determinó que 24 hornos estaban ese año traba

jando sólo con coque. El cuadro siguiente muestra algunos resultados típicos obtenidos con esta novedosa operación:

Alto Horno	Volumen Interior	Productividad ton/m ³ -día	Coke Rate	Fecha de inicio
A	4.158	1.98	469	Marzo 1980
B	4.250	1.91	488	Marzo 1980
C	3.240	2.14	489	Enero 1980
D	3.223	2.16	462	Enero 1980
E	4.288	2.00	475	Abril 1980
F	2.610	2.00	466	Dic. 1979
G	2.156	2.10	487	Feb. 1980

Fuente: Eiro Iwamura Presidente Kawasaki Steel Corporation.

De las cifras anteriores, obtenidas en Japón y otros países desarrollados, se puede afirmar que los altos hornos de Brasil, nuevamente liderados por los de USIMINAS 1 y 2, tienen un "fuel rate" del mismo nivel que el término medio japonés en 1979, que ha sido el más bajo del mundo.

El alto horno de SOMISA de Argentina, los de CAP en Chile y el de SIDERPERU están con un "coke rate" semejante al término medio de los altos hornos de Rusia.

El de SICARTSA 1 de México estaría con un "coke rate" semejante a los altos hornos de Inglaterra.

Los demás altos hornos estarían fuera de niveles competitivos a nivel mundial.

Debe destacarse que uno de los factores que más influye en el "coke rate" y por lo tanto en el "fuel rate", es obviamente la calidad del coque, la que a su vez depende de las mezclas de carbones, nacionales e importados, de las características de éstos y de la forma cómo realizan las operaciones de coquización. Parecería que son éstos los factores que en algunos países latinoamericanos están determinando resultados desfavorables en sus operaciones de alto horno.

En resumen puede afirmarse que en las operaciones de alto horno, que pueden ser representativas del grado de adopción de las tecnologías más modernas en las empresas siderúrgicas latinoamericanas, la región muestra realidades muy distintas.

En primer lugar, las empresas brasileñas están en lo que a productividad de sus altos hornos y eficiencia de sus operaciones se refiere, en un nivel prácticamente comparable al de Japón.

Argentina, Chile y Perú y el alto horno de SICARTSA en México podrían estar en un segundo nivel, que los habría comparable a algunos países europeos. En un tercer nivel, lejos de niveles competitivos mundiales, estarían los demás altos hornos mexicanos y los de Colombia.

En todo caso, el uso de carbones de mejores calidades, los avances en las técnicas de coquización y de operación de los altos hornos, pueden mejorar ostensiblemente la eficiencia de las plantas que aún tienen bajos niveles de productividad. A este respecto se puede citar el caso de Chile, cuyos altos hornos, a comienzos de los años 70, llegaron a un coke rate de 700 kg/ton. Gracias a la decisión de las autoridades de la empresa de corregir esta situación, se suscribió un contrato de asesoría con la Nippon Kokan. Este contrato permitió la visita de técnicos chilenos a Japón y de expertos japoneses a la usina de Huachipato, lo que dió como resultado que el "coke rate" bajó a niveles de 535 kg/ton. Ello pone a Chile en un nivel comparable con el de varios países europeos, como ya se manifestó.

2. LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA A AMERICA LATINA

En páginas anteriores se presentó un conjunto de las tendencias tecnológicas de la siderurgia, y se apreció cuales tendrán vigencia en la presente década y cuales habría que esperar que se desarrollen con posterioridad.

A continuación se efectúa un análisis de los procesos siderúrgicos que se usan en Latinoamérica. Para ello se irá presentando, de acuerdo a la secuencia de la propia producción de acero, los tres procesos básicos: reducción, aceración y colada continua; y posteriormente se analizará el perfil tecnológico de cada país en particular.

A) Los Procesos Siderúrgicos Básicos

i) Reducción

Es el proceso mediante el cual el mineral que está formado por diversos óxidos de hierro, se reduce transformándose en arrabio o hierro primario. Los procesos de reducción actualmente existentes son:

- Alto horno a coque;
- Alto horno a carbón vegetal;
- Reducción directa;
- Reducción en horno eléctrico;

Los cuatro sistemas están presentes en América Latina, dependiendo de los recursos naturales que cada país posee. Así hay:

- Altos hornos a coque en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú;
- Altos hornos a carbón vegetal en Argentina y Brasil;
- Hornos eléctricos de reducción en Venezuela y Brasil;
- Reducción directa a gas, en Argentina (MIDREX), Brasil (HyL) y México;
- Reducción directa a carbón en Brasil y Perú.

En este breve recuento de los procesos siderúrgicos de reducción existentes en Latinoamérica, no se podría dejar de destacar el de reducción a carbón vegetal, que tan importante desarrollo ha tenido especialmente en Brasil. Aunque el tema se tratará con mayor profundidad en la parte correspondiente al avance tecnológico de ese país, es pertinente adelantar que ya la tecnología del carbón vegetal en Brasil permite con éxito obtener aceros de alta calidad, como son los inoxidables y los aceros al silicio con grano orientado.

ii) Acerías

El arrabio, producido en los altos hornos eléctricos de reducción, y el fierro esponja, producido en el proceso de reducción directa, tienen un exceso de carbón que es necesario eliminar, para transformarlos en acero. Este proceso de descarburar es el llamado aceración. Los procesos de aceración actualmente conocidos son:

- Siemens Martins;
- Convertidor al oxígeno;
- Hornos eléctricos;
- Otros (Thomas, Bessemer, etc.).

De los cuales, el Siemens Martins y otros están definitivamente disminuyendo en beneficio de los otros dos. Esta evolución puede apreciarse en los porcentajes siguientes, correspondiente a todo el mundo:

	1960	1970	1975	1981	1985
- Siemens Martins	72	40	28	22	7
- Convertidor al oxígeno	4	40	51	56	67
- Horno eléctrico	10	15	19	22	25
- Otros	<u>14</u>	<u>5</u>	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>1</u>
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

Fuente: ILAFA.

En el caso de América Latina, la evolución estaría dada en el cuadro siguiente (en miles de ton y %);

	1960	1970	1975	1985
Acero Crudo Total	3 520	10 112	12 943	43 980
% del total	100	100	100	100
Siemens Martins	2 523	6 258	5 976	4 800
% del total	71	62	46	11
Convertidor al oxígeno	235	2 046	4 829	31 050
% del total	7	20	37	71
Horno eléctrico	626	1 494	1 853	6 900
% del total	18	15	14	16
Otros Hornos	137	315	385	1 230
% del total	4	3	2	2

Fuente: Estudio sobre tecnología en la Siderurgia Latinoamericana en ICHA para Progr. Reg. Invest. Ciencia y Tecnología BID-CEPAL.

Es evidente entonces que América Latina está siguiendo también la tendencia mundial en este aspecto. Tanto es así que el año 85 ya estaría por encima del % mundial en convertidores al oxígeno. Pero más interesante aún, es destacar que algunas modificaciones al proceso del convertidor al oxígeno, cuya fecha de inicio industrial es bastante reciente, también están presentes en América Latina.

Por estas modificaciones, en lugar de soplar el oxígeno por la parte superior del horno, se inyecta por el fondo. Con ello se evitan las altas estructuras necesarias para sostener y maniobrar las lanzas de oxígeno, y se producen mejores condiciones en el baño. Estos procesos fueron primitivamente desarrollados para procesar arrabios de alto contenido en fósforo, pero posteriormente se han extendido al tratamiento de cualquier tipo de arrabio. Desarrollados casi simultáneamente en Alemania (Proceso OBM) y en Francia (Proceso LWS), fue realmente industrializado en Estados Unidos (Proceso Q-BOP) en 1972.

Actualmente existe efectivamente el proceso LWS en Colombia en la Siderurgia de Paz del Río, como también en Argentina, en Altos Hornos de Zapla, está decidida la transformación de sus hornos Thomas en el proceso B.O.S.

En relación al horno eléctrico, como ya se indicó, el uso de ultra alta potencia, ha mejorado extraordinariamente su rendimiento, por lo que se estima, de acuerdo a las cifras señaladas, que en el mundo tendrá una aplicación creciente. En cuanto a América Latina, es muy probable que mantenga su participación entre los procesos de aceración

iii) Colada Continua

En 1980 mediante el proceso de colada continua se obtuvo el 70% del acero producido en Japón, el 50% en Alemania, Italia y España y 20% en Estados Unidos y Rusia. Estas cifras complementan lo ya expresado en un capítulo anterior en el sentido que la colada continua irá creciendo en importancia en el mundo, y además irá perfeccionándose, como también ya se expresó.

En América Latina, la primera empresa que instaló este proceso fue SIDERPERU, estableciendo un atraso tecnológico de sólo 14 años desde su establecimiento en 1952 en Austria.

Posteriormente se instalaron en Brasil, Argentina, México y Venezuela. Actualmente hay prácticamente en todos los países latinoamericanos con siderurgias integradas, instalaciones en proceso, o proyectos consistentes para instalaciones futuras de colada continua.

B) La Situación en cada País

i) Argentina

Se puede afirmar que la industria siderúrgica argentina ha adoptado rápidamente modernas tecnologías. Con ser relativamente nueva esta industria en el país, se ha adecuado a los progresos tecnológicos incorporados aún más recientemente. En efecto, la variedad de requerimientos por parte del mercado, así como también su tamaño, la disponibilidad de recursos naturales y la ubicación geográfica relativa a fuentes de posible aprovisionamiento, han permitido la instalación de una amplia gama de tecnologías modernas y adecuados grados de integración. Es importante también destacar que en la búsqueda de mayor eficiencia, no menos de diez acerías antiguas han debido cerrar.

En materia de reducción existen actualmente 6 altos hornos a carbón vegetal y 2 a coque, de modo tal que se alcanza una capacidad superior a dos millones de toneladas. La producción de hierro primario se completa con 2 hornos de reducción directa, ambos del proceso MIDREX, que utilizan gas natural reformado como agente reductor y que totalizan una capacidad anual del orden de las 900.000 ton.

La capacidad total de aceración del país es de 5.3 millones de toneladas y se integra con la de 3 convertidores LD, con una capacidad nominal de 3.2 millones de ton limitadas a 1.7 por provisión de oxígeno y arrabio; 3 convertidores Thomas de 215 000 ton/año en vías de conversión a OBM; 21 hornos eléctricos, en buena parte de ultra potencial con una capacidad anual superior a los 2.3 millones de ton y 5 hornos Siemens Martín con una capacidad conjunta anual de 1.1 millones de toneladas.

Como datos complementarios se puede considerar que el proceso de colada continua fué incorporado en 1968 en que se coló por esa vía sólo el 2% del acero, lingoteándose el resto; en 1979 se distribuyeron por mitadas ambas posibilidades y en 1981 el 63% del acero fue procesado por colada continua. De la capacidad instalada para procesar semiterminados, el 68% corresponde a colada continua y el 32% restante a lingoteo, contándose con equipamiento para tochos y palanquillas, y en inicio de instalación colada continua de planchones de 650 000 ton de capacidad en SOMISA, y de una línea similar para "slabs" de 400 mm de ancho en ACINDAR.

La capacidad actual de los laminadores de desbaste es de alrededor de 1 900 000 ton y la instalada para laminar palanquillas es de 1 300 000 ton/año a partir de tochos.

En materia de laminación en caliente de no planos, se cuenta con una capacidad aproximada a los 2.4 millones de ton/año, que comprende trenes para rieles, perfiles, barras y alambrón a los que deben sumarse dos trenes para tubos sin costura, uno de modernísimo diseño, que totalizan 330 000 ton/año de capacidad.

El país cuenta también con un tren de laminación de bandas en caliente con capacidad de 1.5 millones de ton/año, y se negocia actualmente la instalación de un segundo tren con una capacidad de 1 800 000 toneladas anuales.

Funcionan además dos trenes de laminación en frío, de SOMISA y Propulsora cuya capacidad conjunta es del orden de 1.5 millones de ton y se suman 50 000 ton de flejes. El tren de Propulsora se complementa con una línea para asegurar la planaridad de la chapa, en vías de instalación.

En lo referente a recubrimientos, se cuenta con una línea de estañado electrolítico de 110.000 ton/año de capacidad y varias instalaciones de galvanizado, que totalizan 230.000 ton/año a las que deben sumarse 2 líneas de pintado, de instalación relativamente reciente, con una capacidad de 50 000 ton/año.

ii) Brasil

Reducción: El sistema siderúrgico brasileño se compone del orden de cuarenta empresas productoras de acero:

- Tres integradas a coque;
- Once a carbón vegetal dos de los cuales tienen también reducción eléctrica;
- Dos a reducción directa;
- Veinticinco semi integradas.

La capacidad de producción de las empresas por proceso y su importancia relativa en 1980, fue la siguiente en miles de toneladas:

		<u>%</u>
- Empresas integradas a coque	8 681.6	56.5
- Empresas integradas a carbón vegetal	3 117.9	20.3
- Empresas integradas a reducción directa	442.6	2.8
- Empresas semi integradas	3 116.9	20.3

Las cifras anteriores revelan que sin perjuicio de los exitosos esfuerzos para usar carbón de madera, a los que se hará referencia más adelante, el coque sigue siendo el principal elemento reductor. Lo que significa importar carbón coqueable en cantidades muy elevadas. En 1980, se importaron 270 millones de dólares y para 1985 se prevé una importación de diez millones de toneladas de carbón, con un costo aproximado de seiscientos millones de dólares.

Se hace sí, evidente, la absoluta necesidad de hacer un uso muy eficiente de este material, lo que se está logrando con la adopción de las técnicas modernas de operación en los altos hornos. Ello posibilitó que el "coke rate" que en 1975 era de 561 kg/ton bajarra a 505 kg/ton en 1980.

Aceración: La implantación de las nuevas tecnologías ha sido, en el país, muy rápida como lo demuestra el hecho que la utilización del sistema LD, de aceración al oxígeno, que fuera industrializado en 1952, fue puesto en operación en Brasil por la Compañía Belgo-Mineira en 1957, con dos convertidores de 35 toneladas c/u. Situación semejante ha ocurrido con otros procesos.

En los últimos años ha habido una profunda modificación en la estructura de la producción del sector, debido a la creciente utilización de sistemas más modernos y eficientes. En efecto, los procesos de aceración y su participación en la producción, fueron los siguientes en los años que se indican:

Proceso	1972	1977	1981
Siemens-Martins	2 472 479 (37.9%)	2 179 350 (19.5%)	970 961 (7.3%)
Bessemer	79 236 (1.2%)	17 847 (0.2%)	7 450 (0.1%)
L.D.	2 594 084 (39.8%)	6 281 699 (56.3%)	8 567 386 (64.8%)
Eléctrico	1 372 587 (21.1%)	2 684 859 (24.0%)	3 680 331 (27.8%)
T o t a l	6 518 386 (100%)	11 163 755 (100%)	13 226 128 (100%)

Fuente: Instituto Brasileiro de Siderurgia I.B.S.

O sea, en menos de un decenio, la participación del los Siemens-Martins y Bessemers, se ha rebajado en 6 veces, mientras que la de L D se ha aumentado en un 50% y de los hornos eléctricos en un 30%. Todo ello coincide con las tendencias de los países siderúrgicos más adelantados, como son Alemania y Japón, y es muy posible que Brasil llegue, en los próximos años, a los niveles que esos países tienen en aceración con convertidor al oxígeno.

También, la ostensible disminución de la participación de los Siemens Martins y Thomas, coincide con la tendencia mundial, en la cual estos sistemas están por desaparecer.

Colada Continua: La colada continua, otro de los procesos modernos y de creciente utilización en los países desarrollados, tiene en el caso de Brasil un incremento notable, como lo demuestra el cuadro siguiente, en miles de toneladas y en porcentaje:

Producción de Acero	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Producción de acero bruto total	8 308	9 169	11 164	12 107	13 893	15 337
Producción en colada continua	479	1 119	1 957	3 075	3 853	5 150
Porcentaje	5.7	12.2	17.5	25.4	27.7	33.5

Carbón de madera: Uno de los aspectos más característicos de la estructura tecnológica brasileña en el sector siderúrgico, es la elevada participación del carbón vegetal como elemento reductor.

Las primeras instalaciones de hornos para hierro en el país que se remontan al siglo XVI, fueron establecidas por los portugueses. El progreso fue muy lento hasta el siglo XIX cuando se instalaron varias plantas en Minas Gerais. Pero sólo fue en 1937, cuando la Compañía Belgo Mineira, en su planta de João Monlevade, llegó a ser la mayor productora de hierro, a base de carbón de madera en el mundo, que empezó el desafío tecnológico de este proceso.

El desarrollo del proceso ha tenido lugar en tres distintas y sucesivas etapas. En la primera los hornos eran muy primitivos, con soplador de aire frío, sin recuperación de gases y sin preparación de la carga. Cuando en 1946 la Cía. Siderúrgica Nacional (C.S.N.) instaló un alto horno moderno a coque, indujo cambios en la operación de los altos hornos a madera tales como: uso de aire precalentado; sinterización de finos de mineral; separación de finos del carbón de madera; inyección de combustibles y de oxígeno. Posteriormente, un alto horno de Mannesman, diseñado para coque, se inició en 1960 con carbón de madera y mineral de colpas, con buenos resultados. La tercera etapa ya se ha iniciado con el aumento de tamaño y perfeccionamiento de los hornos. De un tamaño de 100 ó 200 toneladas de producción por día, se ha saltado a 500 en Belgo Mineira y últimamente a 800 y a 1000 en Acesita

Actualmente, 56 productores independientes y once plantas integradas son productores de arrabio a carbón de madera en Brasil. Los productores independientes operan 101 altos hornos con una capacidad máxima de 250 ton/día. Su tecnología primitiva es contrastada por condiciones favorables tales como: una mejor localización desde el punto de vista de los costos de transporte del mineral y del carbón de madera, menores exigencias de calidad y tamaño por ambos elementos, menores costos de capital, operación más flexible.

En cuanto a algunas características de estos altos hornos, se pueden presentar las de los tres mayores de Brasil en el cuadro siguiente:

	Belgo Mineira A.H.3	Mannesman A.H.1	ACESITA	
			Inicial	A.H.2 Proyectada 1985
Productividad: t/m ³ /día	2.40	1.95	1.65	2.75
Rendimiento carbón de ma- dera m ³ /ton de arrabio	2.62	2.90	2.62	2.07
Temperatura del aire Grados Centígrados	750/800	982	820	1 100
Contenido Si Z	0.30	0.20	1.20	0.3/0.8

Fuente: Carbón de madera, una respuesta al problema energético en Brasil, Henrique Brandão Cavalcanti. Presidente SIDERBRAS.

La correcta utilización del carbón de madera en las plantas siderúrgicas, depende del adecuado uso que se da a la gran cantidad de finos producidos en este carbón, aproximadamente un 25%. A este respecto y dependiendo de las calidades del mineral, los finos pueden inyectarse a través de las tobras del alto horno o sinterizarse.

El principal estímulo para seguir mejorando los procesos de reducción a base de carbón de madera, reside en que el país aún carece de fuentes de energía fósiles. En esta forma, en lugar de usar carbón mineral importado, se está consumiendo una forma de energía que se renueva constantemente, que usa insumos nacionales y que genera empleos en zonas marginales.

Por otra parte, el uso de este reductor presupone un desarrollo en todo lo referente a forestación, en investigación de las especies más adecuadas en las técnicas de plantación, corte y reforestación. En este aspecto, se puede exhibir índices de producción de los bosques, que partiendo de 20 m³ de madera por hectárea/año, han llegado a niveles medios de 30 a 50 m³, y a niveles records de hasta 120 m³. Todo ello confirma la amplia perspectiva del uso de la biomasa en siderurgia. Es así como las propias empresas siderúrgicas tienen empresas filiales dedicadas a estas tareas, como es el caso de Florestal Acesita S.A.

Además, se han desarrollado procesos especiales para la fabricación del carbón de madera, recuperación del alquitrán producido, etc. En cuanto al alquitrán, éste puede constituir una alternativa interesante al uso del petróleo combustible utilizado por las empresas.

Productividad de la mano de obra: El progreso evidenciado en la reducción, la aceración y la colada continua, ha llevado a una ostensible mejoría de la productividad.

Al inicio de la década del 70 el personal trabajando en la industria siderúrgica era de 87 000. En 1980, había 146 000, lo que significa un crecimiento anual de 5,3% mientras que la producción de acero bruto en el mismo período a una tasa de 9.8%. La productividad de la mano de obra que era de 69 toneladas por hombre al año, creció a 105 ton por hombre al año.

Nuevos Productos: El perfeccionamiento de los procesos siderúrgicos en Brasil, a que se ha hecho referencia, ha tenido avances importantes en el campo de los productos. Sólo como ejemplos de lo afirmado podrían señalarse los siguientes:

- Producción de aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA) para edificios, viaductos y estructuras en general);
- Fabricación de rieles más duros y con mayor resistencia al desgaste;
- Planchas más finas y de alta resistencia, para economizar peso en los componentes automotrices;
- Revestimientos mejores para evitar corrosión;
- Aceros para construcciones mecánicas con alto grado de maquinabilidad;
- Aceros de alto silicio con grano orientado para la industria eléctrica;
- Aceros inoxidables para aplicaciones en las industrias químicas, alimenticias, criogénica, nuclear, etc.

iii) México

En el capítulo anterior, al considerar las principales tendencias tecnológicas, se dejó constancia del extraordinario aporte de México a la siderurgia mundial, con el proceso de reducción directa HyL. Por esta razón no se abundará en este tema en este capítulo. que precisamente trata de la respuesta de los países latinoamericanos a las tendencias mundiales

Reducción: Las capacidades instaladas y los procesos de reducción en 1981, en forma aproximada serían, en miles de toneladas:

	Alto Horno	Reducción Directa
SIDERMEX		
Sicartsa	1 300	-
Alto Horno de México (AHMSA)	3 330	-
Fundidora Monterrey (EMSA)	1 900	-
Sector Privado		
HYLSA Monterrey	-	1 000
Puebla	-	750
TAMSA	-	340
<hr/>		
T O T A L	6 530	2 200
%	74%	26%

Con respecto a la participación de la reducción directa, que aún parece modesta, debe considerarse que la Segunda Etapa de ampliación de SICARTSA a pesar que primitivamente se consideró a base de altos hornos, se ha decidido hacerla con reducción directa. Por lo tanto, la participación de este proceso irá en aumento, estimulada por la abundancia de gas natural en el país.

En todo caso, no hay ninguna duda que en México no sólo se han adoptado adecuadamente técnicas de reducción provenientes de otros países, sino que además se ha hecho aportes originales y muy valiosos como es el sistema de reducción directa HyL.

Aceración: En México, la adaptación al sistema de aceración al oxígeno, en reemplazo del Siemens Martín, ha sido, también como en otros países latinoamericanos, de tendencia muy marcada como lo revelan las cifras siguientes:

	1975	1977	1981
Siemens Martins	2 185 000 (41.4%)	1 628 000 (29.1%)	1 309 000 (17.2%)
L.D.	687 000 (13.0%)	1 503 000 (26.8%)	2 981 000 (39.2%)
Horno Eléctrico	2 400 000 (45.6%)	2 407 000 (44.1%)	3 315 000 (43.6%)
Total	5 272 000 (100%)	5 601 000 (100%)	7 605 000 (100%)

Fuente CANACERO. Elaboración propia.

En seis años la participación de los Siemens Martins ha disminuído a menos de la mitad, mientras que los convertidores LD la han aumentado tres veces. Los hornos eléctricos han mantenido su participación. Para fines de la década se estima que esta tendencia de reemplazo de Siemens Martin por LD seguirá manteniéndose.

Tratamiento en cuchara: La demanda de acero de calidad, para las industrias petrolera y petroquímica, como también la metalmeccánica, eléctrica y la de equipos de transportes, han hecho imprescindible mejorar la calidad de la producción siderúrgica. Por eso se están adoptando técnicas de metalurgia en cuchara, como es el tratamiento de los aceros al vacío con refinación exotérmica, a través de inyección de oxígeno.

Laminación: Aunque más adelante, al hacer referencia a los proyectos, se darán mayores antecedentes, es importante destacar aquí tres realizaciones de la tecnología mexicana:

- Laminador de tubos sin costura de TAMSA, que constituye una realización de vanguardia en la tecnología de la laminación de estos productos;
- Laminador de placas de SICARTSA, que ha sido decisivo para poder operarse con la técnica de laminación controlada, en la producción de placas destinadas a la construcción de tubería soldada de grandes diámetros. El laminador tendrá equipos de controles, tales como inspección de ultrasonidos y otros de facilidad de operación, como el cambio rápido de rodillos.

iv) Venezuela

Reducción: Una de las características más interesantes de la industria siderúrgica venezolana, es la cantidad de procesos distintos de reducción que ella ostenta. En efecto, el país posee instalaciones de reducción directa: HyL, Midrex Fior y HIB. Además, debe considerarse el proyecto de SIDERZULIA, que basado en la riqueza carbonífera de la zona, seguirá la ruta alto horno-convertidor el oxígeno.

Los procesos ya establecidos de reducción directa, en la zona de la Guayana Venezolana, la proyectarán hacia el futuro como un centro productor y exportador de fierro esponja, por la existencia de ricos minerales y de abundante gas natural, y por el dominio de las tecnologías más modernas de producción.

La producción en SIDOR, la única empresa integrada del país, de cuatro millones de toneladas anuales de fierro esponja, por procesos HyL y Midrex; y de 220 000 ton en el proceso Fior pone al país en una situación única para el aprendizaje de distintos procesos de reducción directa.

Aceración: SIDOR actualmente opera con una combinación de horno eléctrico de reducción-horno Siemens Martin, con metal caliente. Además, opera la vía reducción directa-horno eléctrico de arco utilizando fierros esponja. La capacidad en la primera vía es de un millón de toneladas de acero líquido y en la segunda es de 3.6 millones de acero líquido.

Sin embargo, se han hecho experiencias de uso de fierro esponja como carga de los Siemens Martins así como briquetas Fior y HIB como substitutos de chatarra. También se han consumido estos materiales en los hornos eléctricos de reducción y en la acería eléctrica, con buenos resultados.

Ha habido, entonces, excelentes oportunidades de combinaciones de materias primas y equipos, y por lo tanto de conocer ampliamente la metalurgia de cada proceso.

Actualmente los hornos Siemens Martins de SIDOR están operando al 50% de capacidad y su paralización se proyecta para fines de la década.

Colada continua y laminación: La instalación de 1979 y 1980 de la colada continua de palanquillas y planchones fue uno de los cambios tecnológicos más importantes registrados en la siderurgia venezolana. Anteriormente se usaba la secuencia horno de foso-tren desbastador.

v) Perú

Quizás el aporte más significativo que el país está haciendo desde el punto de vista de adaptación a innovaciones de tecnologías, es en el campo de reducción directa. En efecto, desde hace tres años se ha construido en SIDERPERU y se está experimentando una planta de 100 000 ton/año de fierro esponja basada en el proceso SL RN de Lurgi. Este proceso tiene la enorme ventaja, para los países que no tienen gas, de usar carbones de baja calidad.

3. LA INVESTIGACION SIDERURGICA EN LATINOAMERICA

La respuesta más adecuada que un país en desarrollo puede dar al distanciamiento tecnológico que lo separa de los países desarrollados, es la creación de su propia tecnología. Sin embargo, ello no siempre es posible, por razones financieras o de tiempo, y muchas veces resulta más fácil y económico importar tecnologías ya existentes. Pero para que ello redunde en beneficio del país que compra tecnología y no sólo del que la vende, es necesario que se cumplan, al menos, dos condiciones:

- Que el comprador sepa lo que está comprando, vale decir, que tenga pleno conocimiento de cómo se va a ocupar esa tecnología; y

- Que haya una capacidad de adaptación a la realidad local, que es generalmente diferente a la del país donde esa tecnología se originó.

Esta adaptación puede referirse a aspectos tales como: materias primas disponibles, energía, escala de producción, complejidad para el nivel de formación local, rendimientos, etc.

Además, es de la mayor importancia el conocimiento de alternativas tecnológicas. En efecto, para cada proceso industrial, pueden haber soluciones diferentes y con mayor o menor grado de adaptación a las condiciones locales. Ello implica un esfuerzo sistemático de búsqueda de la fuente de las tecnologías más apropiadas. Lo menos que se puede obtener asumiendo un rol activo de búsqueda, es aumentar el poder de negociación y abrir las perspectivas tecnológicas.

La industria siderúrgica, por su complejidad, por su alta intensidad de capitales, por su variedad de procesos, presenta un sector en el que la actividad tecnológica es imprescindible y permanente, como lo demuestran las importantes innovaciones de los últimos años, a las que ya se ha hecho referencia.

El caso de Japón de postguerra es suficientemente aleccionador, al mostrar cómo pudo mantener un esfuerzo de investigación y de capacidad de análisis crítico, para importar las tecnologías más adecuadas a su desarrollo, para adaptarlas y finalmente para hacerse poseedor y explotador de tecnologías propias. Si se considera, por ejemplo, que a principios de la década del 50, se tomó la decisión de adoptar la aceración al oxígeno, en circunstancias que este proceso recién se estaba industrializando, es la comprobación que los expertos japoneses lo conocían profundamente y por eso acertaron en lo que sería la tecnología del futuro.

En América Latina la investigación siderúrgica, aunque con distintos grados de énfasis, según los países está dando pasos muy significativos en la búsqueda de las mejores soluciones tecnológicas, para incorporar nuevos procesos ya sean originarios de otros países, o de creación propia. A este respecto ya hemos citado los casos de reducción directa de México, o del carbón de madera en Brasil.

En estas líneas se pretende sólo hacer un apretado resumen de la actividad de investigación siderúrgica en los países latinoamericanos. Actividad que, entre otras cosas, es una respuesta a la necesidad de adaptarse a las nuevas tecnologías que se están imponiendo en el mundo, que es uno de los temas del presente informe.

Las principales actividades de investigaciones siderúrgicas están centradas en Latinoamérica en tres países; en el orden de importancia que se indica: Brasil, México y Argentina, que son a su vez, los mayores productores de aceros de la región.

3.1 - Brasil

La investigación ha estado muy ligada a las propias empresas siderúrgicas, como es el caso del "Centro de Investigación de USIMINAS", cuyos objetivos fundamentales podrían resumirse así:

- Análisis de las materias primas usadas;
- Mejorar la eficiencia de los procesos existentes e investigar la posibilidad de establecer otros, para reducir los costos de producción disminuyendo el consumo de energía;
- Mejorar la calidad y comportamiento de los productos y desarrollar otros nuevos, de acuerdo a las exigencias del mercado;
- Dar asistencia a todas las áreas de la empresa y colaborar con los esfuerzos de la compañía para aumentar la preparación y nivel técnico del personal;
- Asistir al Departamento de Ventas y a los clientes en uso de los nuevos productos;
- Cooperar con otras empresas para contribuir al desarrollo tecnológico del país;
- Organizar trabajos de cooperación con las Universidades.

El Centro de Investigaciones cuenta con 306 personas de las cuales el 23% son graduados, el 32% técnicos y el saldo: analistas de laboratorio, operadores y administrativos. Normalmente se están enviando especialistas a capacitarse en países desarrollados, fundamentalmente a Japón, para lo cual USIMINAS tiene un contrato con Nippon Steel Corporation.

Las principales actividades de este importante Centro de Investigación Siderúrgica están agrupadas en las divisiones de:

- Producción de arrabio, con investigadores cuyos objetivos son reducir costos y energía, y aumentar la productividad en las áreas de carboquímica, carbón, coque, mineral de hierro, sinter y además materias primas para el alto horno.

- Producción de acero. Esta división tiene a su cargo el análisis de todas las etapas de la producción de acero, tales como refinación, metalurgia en cuchara y solidificación. Además, un grupo de expertos estudia el consumo de refractarios en los convertidores y altos hornos, con el fin de minimizarlo;
- Laminación. A cargo de todo lo relativo a la conformación en frío y en caliente del acero, como también a los tratamientos superficiales;
- Productos. Estas investigaciones se centran en las propiedades de los aceros, sus aplicaciones y la adecuación a los procesos de fabricación. Además se analiza la estructura y propiedades del material en los distintos procesos.

Para todas estas investigaciones se cuenta con modernos equipos, como son: plantas pilotos para coquizado, lingoteado o sinterizado, hornos pilotos, microscopios electrónicos, espectrómetros, etc.

Este Centro, creado en 1971, ha dado ya importantes beneficios a las operaciones de la empresa, que pueden resumirse en:

- Aumento de productividad. El año 67 la productividad era de 100 ton/hombre/año, la que el año 79 ya se había aumentado a 260 ton/hombre/año;
- Ahorro de combustible. En el alto horno N° 1 el año 67 el consumo era 600 kg/ton de arrabio; el año 79 era de 475 kg/ton;
- Se estima que el costo de producción de USIMINAS ha llegado a ser uno de los más bajos del mundo.

3.2 - México

En 1975 se crea el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas (IMIS), demostrando la preocupación por lograr un avance tecnológico independiente, para resolver los problemas y atender las necesidades reales de la industria siderúrgica mexicana.

Los recursos del IMIS están formados por 124 personas de las cuales 35% son investigadores y un 18% técnicos medios. La infraestructura consta de laboratorios de: Procesos de Minederales, Refractarios, Procesos Siderúrgicos, cuenta con Centros de Información y de Capacitación.

Los resultados obtenidos por el trabajo de investigación del IMIS, se orientan a los logros siguientes:

- Aumento de productividad de las empresas;
- Consolidación de infraestructura de investigación, tanto en recursos humanos, como en equipos;
- Autocapacidad de fabricación de equipos e infraestructura propia como lo muestra la fabricación de una planta piloto de peletización; el horno para simulación de cama fluidizada en contracorriente y las plantas piloto de aceración, fundición y refractarios.

Algunas de las investigaciones que ha realizado el EMIS son:

- Optimización de la operación en un tren de laminación en caliente, para productos planos;
- Planta piloto para relaminadores menores;
- Causa y eliminación de borde quebrado en lámina, laminada en caliente;
- Optimización de utilización de refractarios en convertidor al oxígeno;
- Fabricación de planta piloto peletizadora;
- Metalurgia de procesos.

3.3 - Argentina

En 1973 se organizó el Instituto Argentino de Siderurgia (I.A.S.), cuyos objetivos son:

- a. Promover y realizar estudios e investigaciones de carácter científico, técnico y económico en todo lo concerniente a la industria siderúrgica, sus materias primas e insumos principales, con exclusión de temas comerciales y gremiales, con el propósito de incrementar la productividad y mejorar la calidad de los productos;
- b. Promover y fomentar el intercambio de informaciones, experiencias y técnicas entre sus miembros;
- c. Establecer vínculos, efectuar intercambios regulares y permanentes y estimular el conocimiento y la cooperación entre personas, empresas e instituciones nacionales y extranjeras, con fines análogos.
- d. Divulgar todo tipo de información de procedencia nacional y extranjera, que haga a sus fines;
- e. Promover y desarrollar el perfeccionamiento técnico del personal empleado en la industria siderúrgica e incentivar la preparación científica y técnica en escuelas, universidades y organizaciones culturales, del futuro personal de las empresas siderúrgicas;

- f. Promover y realizar estudios e investigaciones de mercado y la compilación y difusión de estadísticas de producción, consumo y comercialización;
- g. Colaborar en la normalización de productos siderúrgicos y de sus insumos;
- h. Promover el uso del hierro y del acero;
- i. Participar en Congresos y reuniones nacionales e internacionales que se celebren en relación con temas y/o trabajos afines con las actividades del Instituto;
- j. Realizar toda otra actividad, relacionada con las antes citadas, que se considere necesaria para el cumplimiento de su misión.

El Instituto se formó a partir de la reunión de las empresas siderúrgicas privadas y estatales y la Dirección General de Fabricaciones Militares, que dirigen el mismo mediante la aplicación de un original sistema que iguala aportes, derechos y responsabilidades de las partes, dentro de un esquema que fomenta la acción conjunta por sobre los intereses circunstanciales.

Diez años atrás, al crearse el IAS, el Estado buscó alentar la participación mediante desgravaciones sobre los aportes de sus asociados que, aunque decrecientes en el tiempo, lograron concretar inversiones para una actividad que ofrece largos tiempos de retorno. Hoy se busca mantener en parte, tal aliciente, para asegurar una continuidad, factor muy importante en este tipo de actividad.

De los distintos factores que intervienen en el campo de la tecnología, algunos de ellos adquieren diferente importancia relativa según las condiciones de cada país y de cada época. En este caso, del análisis de posibilidades y requerimientos, surgieron como originalmente prioritarios dos de esos factores la investigación tecnológica y la formación de recursos humanos, sin que ello signifique desatender a los otros, anteriormente enunciados.

La investigación se encaró con la premisa básica de responder de manera concreta a las necesidades de la industria siderúrgica local. Se buscó que los planes tuvieran una orientación definida hacia la solución de problemas específicos.

En primer lugar se aprovechó la estructura científico técnica existente, encauzándola hacia la búsqueda de soluciones necesarias para la industria.

Posteriormente se integraron grupos de investigadores propios del Instituto junto con el montaje del equipamiento adecuado, instalando algunos laboratorios propios y plantas piloto que permiten profundizar la acción de los grupos de investigación aplicada.

La planificación de tal estructura propia incluyó la formación de los cuadros de investigadores, en el país y en el exterior.

Además, dado el déficit existente, se encaró la formación y el perfeccionamiento de los recursos humanos. La capacitación del personal estable de la industria se encaró en los distintos niveles, en las diferentes especialidades, mediante ciclos de homogeneización de conocimientos y períodos cortos de profundización y actualización. La formación, por su parte, de las futuras generaciones de siderurgistas implicó un esfuerzo notable, que permitió montar un extenso curso de nivel postgrado, cuyas primeras manifestaciones han evidenciado una mucho mayor y más rápida adaptación al medio de jóvenes profesionales ingresantes en la industria.

El Instituto Argentino de Siderurgia, aparte de su labor de investigación, desarrolla una permanente actividad de difusión a través de cursos de distintas especialidades como combustión, acería eléctrica, soldadura, laminación etc. Además, realiza Seminarios en distintas partes del país para analizar algunos temas particulares. Finalmente, promueve encuentros con organismos similares de otros países, para estudiar asuntos de interés común y buscar vías de cooperación. En 1982, en el marco de un Acuerdo Argentino-Brasileño de Siderurgia, el IAS organizó una visita técnica de los Comités de Materias Primas y Materiales y de Reducción, a las plantas siderúrgicas de Brasil.

En materia de información, ha mantenido reuniones con el Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) y el Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas (IMS), así como con ILAFA con el fin de crear el Banco de Información Siderúrgica para América Latina (BISAL) como base del sistema de información de la región.

4. ALGUNAS POSIBILIDADES DE COOPFRACION EN LA INVESTIGACION SIDERURGICA

En las páginas anteriores se evidenció la importancia que tiene la investigación para la industria siderúrgica regional, como el camino más seguro de adaptación de nuevos procesos y de creación de tecnologías propias.

Por otra parte, hay que considerar que el costo de la investigación resulta alto, para producciones relativamente pequeñas como son las de los países de la región. Los equipos, los laboratorios, los talleres, son elementos de alto valor y la preparación de científicos e investigadores, representa esfuerzos considerables, que es necesario aprovechar en la mejor forma posible.

Por eso la cooperación en el campo de la investigación siderúrgica, entre varios países, surge como una clara necesidad.

i) Ventajas de la Cooperación Regional

Dentro de las ventajas principales que pueden lograrse con programas de cooperación regional e investigación siderúrgica, se pueden enumerar los siguientes:

- La canalización de recursos hacia la investigación no implica inversiones ociosas o a largo plazo; esto es, las inversiones que se hagan producen resultados económicos favorables de inmediato a la industria;
- Se obtiene, a corto plazo, y a medida de las necesidades particulares de cada país, la racionalización y uso adecuado de materias primas para el sector;
- Con los recursos propios de cada país, se integra la ingeniería de diseño, de manufactura y operativa de equipo básico productivo, reuniéndose los requisitos esenciales para la fabricación nacional de equipos;
- De acuerdo a necesidades y equipos en operación se desarrollan las prácticas operativas más eficientes, en función de las características propias de materias primas bajo utilización;
- Los métodos y sistemas tecnológicos para incrementos de productividad se adaptan y aplican de la manera más eficiente, de acuerdo a la idiosincracia del personal operativo;
- Con programas adaptados a cada necesidad, en particular, se logra la capacidad de recursos humanos en el aspecto productivo del sector siderúrgico;
- Utilizando recursos propios, crecientes en la medida de efectividad de aplicación de los elementos arriba mencionados, se va creando y consolidando la infraestructura de instalaciones y recursos humanos en materia de investigación; y ésta se desarrolla a la medida de necesidades previstas;
- Se incrementa la productividad en la industria aprovechándose instalaciones ya existentes y con mínima inversión.

ii) Area de Oportunidad para Cooperación Regional

Se citan a continuación algunas de las áreas en las cuales la cooperación regional, además de rendir beneficios y avances palpables a los programas de cooperación, repercutiría a corto plazo en beneficios directos a la industria siderúrgica en dos aspectos fundamentales: incrementos de productividad y avance tecnológico.

a) Materias Primas:

- Aglomeración de finos con aditivos orgánicos;
- Utilización de minerales de baja ley;
- Investigación de técnicas para mejoramiento de calidad de carbones coquizables, tales como lavado, recuperación de finos, de sulfuración y preparación de mezclas óptimas;
- Desarrollo de técnicas para utilización de carbón vegetal como alternativa al uso del coque.

b) Alto Horno

- Implementación de prácticas operativas para disminución de consumos de coque;
- Utilización de materia prima alternativa, tal como prerreducidos;
- Aditivos a la carga para mejoras operativas y productivas, tales como el magnesio;
- Análisis de métodos e implementación de prácticas rutinarias para sistemas de carga, en base a simulación de distribución;
- Desarrollo de prácticas operativas para condiciones no rutinarias; embancamientos, paros, etc.

c) Procesos de Fabricación de Acero

- Disminución de consumos de refractarios;
- Ingeniería de diseño para mejoras de instalaciones;
- Implementación de prácticas operativas adecuadas a materias primas, equipos y producto deseado;
- Utilización de materias primas alternativas, tal como prerreducidos.

d) Energéticos

- Implementación de prácticas operativas para optimización de su utilización;

- Utilización de alternativas viables, tales como carbones gasificados para reducción directa;
- Diseño e implementación de equipo de aplicación en procesos siderúrgicos.

e) Rendimientos

- Optimización de rendimiento por implementación de equipo, prácticas alternativas o métodos que impliquen mínima inversión económica.

f) Metalurgia de procesos

- Aplicación de metalurgia de procesos en todas las fases de desarrollo, implementación y ejecución de prácticas operativas para optimización de procesos productivos; con énfasis especial en mejoras de calidad de productos.

g) Dirección y control de la producción

- Aplicación de métodos de ingeniería industrial y análisis cuantitativo para detección y eliminación de cuellos de botella en líneas de producción;
- Implementación y modificación de sistemas logísticos para incrementos de productividad.

h) Refractarios

- Selección y especificación de materias primas;
- Utilización e instalación de refractario;
- Control y evaluación de uso;
- Implementación de prácticas de fabricación de refractarios para incrementos en vida útil.

i) Control e Instrumentación Electrónico

- Ajuste, calibración y rediseño de equipos automáticos;
- Implementación, modificación, diseño, elaboración y puesta en marcha de sistemas de control electrónico para procesos productivos, tanto en fabricación como en transformación de hierro y acero.

iii) Sistema para Cooperación Regional

a) Instituciones de Investigación

En el aspecto institucional, con objeto de agilizar la obtención de resultados a corto plazo, una forma adecuada de implementar los sistemas de cooperación regional sería la formación de Comités Regionales del área o áreas siderúrgicas de interés mutuo.

Los miembros de comités serían, entre otras funciones, transmisores de experiencias de las instituciones, así como los medios de comunicación para elaboración de convenios de intercambio con problemas específicos.

b) Instituciones - Empresas

Se sugiere, por las experiencias adquiridas, que los intercambios a nivel Institución-Empresa se efectúen por medio de convenios bilaterales, en los cuales, dependiendo de los trabajos a ser desarrollados, se incluya la justificación económica en base a los resultados a ser obtenidos, así como programas de actividades que determinen métodos de control, tanto de los trabajos, como de resultados previstos.

iv) Intercambio de Experiencias

Uno de los efectos más positivos que podría tener la cooperación regional en la investigación siderúrgica, sería el intercambio de experiencias sea por medio de los Comités Regionales ya mencionados, o directamente entre la empresa dispuesta a dar su experiencia y la o las interesadas en recibirla.

Un caso que podría citarse de valiosas experiencias acumuladas y de disposición a intercambios es el del Instituto Mexicano de Investigación Siderúrgica.

Algunos de los temas en que el IMIS tiene experiencias transferibles son:

- Optimización de la operación en un tren de laminación en caliente para productos planos;
- Planta piloto para relaminadores menores;
- Causas y eliminación de orilla quebrada en lámina en caliente;
- Optimización de utilización de refractarios en el convertidor al oxígeno;
- Fabricación de planta piloto de peletización.

5. LA INGENIERIA DE PROYECTOS SIDERURGICOS

En el ítem anterior se hizo referencia a la importancia que tiene la investigación científica para poder crear tecnología propias, o adaptar adecuadamente las tecnologías foráneas. En este ítem se destaca otra actividad, que revela hasta dónde se ha ido independizando la tecnología nacional de las importadas y hasta qué punto se ha establecido un acervo local de conocimientos, que permiten concebir y realizar proyectos siderúrgicos. Se trata de la ingeniería de proyectos siderúrgicos, entendiéndose por tal el conjunto de las actividades siguientes:

- Planeamiento y concepción general del proyecto;
- Estudio de factibilidad;
- Ingeniería básica y especificaciones de equipos y obras;
- Contratación de suministros y obras;
- Ingeniería de detalle;
- Supervisión de ejecución del proyecto.

En relación al contenido de estas actividades y a la situación, en general, de las empresas latinoamericanas para asumirlas, podría manifestarse lo siguiente:

- La concepción del proyecto requiere la obtención de informaciones y la toma de decisiones en relación a: mercado, alternativas de localización, productos que se van a fabricar, selección de los procesos y de sus capacidades de producción, estimación de los costos de inversión del proyecto y requerimiento de la mano de obra. Esta fase, en el caso de empresas siderúrgicas ya establecidas, no debería ofrecer dificultades, pues el propio personal de las plantas tiene suficiente conocimiento del mercado y de la industria, como para definir el proyecto en sus líneas generales, efectuar determinaciones preliminares de tipo económico, elegir alternativas de procesos y determinar capacidad y localización.

- El estudio de factibilidad comprende: estudios de mercado; determinación de los insumos y sus disponibilidades locales; localización; recursos financieros requeridos; rentabilidad. Para estos estudios es frecuente la colaboración de empresas extranjeras, especialmente porque los organismos internacionales de créditos, exigen que los estudios de factibilidad sean hechos por empresas consultoras de prestigio mundial y previamente registradas en estas instituciones.

- La ingeniería básica y especificaciones de equipos y obras. Esta fase del proyecto comprende: la elaboración del lay-out general de la planta; los equipos que se van a instalar; los diagramas de flujo; las instalaciones y edificios; las especificaciones de los equipos. Para esta fase del proyecto, es necesario estar familiarizado con los equipos y procesos que se van a instalar.

El conocimiento de los propios equipos no es suficiente para especificar otros, pues hace falta estar al día en todos los adelantos que se incorporan a los equipos. Por ello es frecuente que esta etapa, total o parcialmente, se encargue a empresas de consultoría especializadas.

- Contratación de suministros y obras. En relación a la compra de equipos, estos pueden hacerse en grandes conjuntos entregándoseles a un solo proveedor, o en conjuntos más pequeños, para dar oportunidad de participación a la industria local y además para obtener un mejor control de los costos.

El proceso de compra, que suele iniciarse en un registro de los posibles ofertantes en el ambiente internacional y para la preselección de ofertantes, es tanto más complejo cuanto mayor sea el número de contratos en que se divide la ejecución del proyecto. A este respecto, es frecuente que se recurra a consultores especializados para la evaluación de las propuestas. Pero en cuanto a las obras civiles y a las instalaciones (eléctricas, agua, desagüe, aire, gas, petróleo, oxígeno) y a los correspondientes montajes, normalmente se encuentran empresas locales de ingeniería con capacidad y experiencia para abordarlas.

- Ingeniería de detalle. Elegidos los proveedores de equipos y con datos de estos, se procede a realizar los proyectos definitivos de las diversas instalaciones y a establecer las inversiones entre las diferentes unidades productoras, las redes de servicios, los flujos de materiales, la circulación del personal, etc. La definición de los programas de avance, con sistemas tipo PERT o C.P.M., se realiza también durante la presente etapa.

En esta actividad, dependiendo de la complejidad del proyecto, es posible encontrar empresas de ingeniería nacionales con capacidad para realizarla.

- Inspección de la ejecución del proyecto. Con las informaciones derivadas de las etapas anteriores, y perfeccionados todos los contratos de suministro y de construcción, pueden afinarse los cronogramas de los distintos grupos de actividades para armonizarlos convenientemente y organizar la supervisión de la ejecución del proyecto. Comprende esta fase tareas de inspección, que se cumplen tanto en el lugar de las obras, como

en las empresas donde se fabrican los equipos. La inspección de fabricación y pruebas de ciertos equipos o partes, como las grandes piezas fundidas sujetas a esfuerzos o máquinas cuyas características deben verificarse en bancos de prueba, normalmente se encomiendan a empresas internacionales especializadas, tales como Inspectorate, Bureau Veritas, Superintendence, American Inspect, Lloyd, etc.

Definidas las etapas principales de la ingeniería de proyectos siderúrgicos se analiza brevemente la oferta de ingeniería en latinoamérica.

A) La Oferta de Ingeniería de Proyectos Siderúrgicos en Latinoamérica

Hace algunos años, el Directorio de ILAFA, recomendó al Ingeniero Fernando Aguirre Tupper que hiciera un inventario de los recursos de ingeniería especializados en siderurgia en Latinoamérica. El lamentable deceso del Ingeniero Aguirre impidió también que este estudio, cuyas primeras etapas alcanzaron a realizarse, se pudiera seguir perfeccionando. Sin embargo, de esta valiosa investigación pueden obtenerse informaciones y comentarios adecuados para los fines del presente informe.

En los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, cuando se iniciaron la mayoría de las empresas siderúrgicas latinoamericanas, puede afirmarse que toda la industria siderúrgica integrada se implantó con la exclusiva participación de empresas de ingeniería foráneas, al menos en todo aquello que se refería al proceso siderúrgico propiamente tal. Los ingenieros latinoamericanos que colaboraban con empresas extranjeras durante el proceso de gestación de los proyectos, pasaron, generalmente, a formar parte del personal ejecutivo y técnico de las nuevas plantas siderúrgicas. Poco a poco se fueron desarrollando en las plantas las correspondientes secciones o divisiones de ingeniería. Estas, inicialmente estuvieron más dedicadas a la atención de problemas de operación, de modificaciones menores en los diseños de las instalaciones, proyectos de construcciones auxiliares y otras actividades que no significaban, por aquel entonces, abordar la ingeniería de las nuevas ampliaciones de las plantas. Esto se debía, en algunos casos, a que los diseños de las ampliaciones estaban ya hechos o consultados en los proyectos iniciales, o bien porque era prematuro pensar en dichas ampliaciones.

Sin embargo, el desarrollo mismo de las propias empresas siderúrgicas - sin que la enumeración indique prioridades o restricciones - como el de AHMSA, C.S.N., C.A.P., SOMISA, por ejemplo, fueron intensificando la actividad de sus departamentos de ingeniería y llegaron a tener una mayor participación, bastante importante a veces, en la concepción y planeación de las futuras ampliaciones de sus plantas. Puede citarse entre

otros, el caso de C.S.N. cuyo departamento de ingeniería - en colaboración con la empresa extranjera que desarrollaba la ingeniería básica para la implantación de COSIPA - proporcionó gran parte de la ingeniería de detalle. De esta manera, y gracias a la especialización que las empresas ofrecen a los ingenieros que colaboran en ellas, en la actualidad sus Departamentos de Planeación o Desarrollo, o de Ingeniería, según se los denomine en los diferentes organigramas, representan posiblemente la más importante fuente potencial de ingeniería siderúrgica latinoamericana para los próximos proyectos que se concretarán en la región.

Esto, que es válido para las empresas latinoamericanas, no es muy diferente a lo que ocurrió con el desarrollo de las Divisiones o Departamentos Técnicos de las grandes empresas siderúrgicas de los países industrializados, como sería el caso de U.S. Steel, Nippon S.C., ARMCO, ITALSIDER, STELCO, A. Thyssen, por ejemplo. Estas han llegado a tener un rol preponderante en América Latina, en la realización de proyectos de ingeniería y aún en el diseño y construcción de equipos para las nuevas plantas o las ya existentes, ya sea en forma directa o a través de sus subsidiarias. Además, muchas de ellas están ligadas a empresas latinoamericanas por convenios de asistencia técnica o asesoría, o más directamente, a través de participantes en su capital.

Además de las modalidades antes mencionadas, la oferta de servicios de ingeniería latinoamericana se presenta de diversas maneras. Las ofertas de ingeniería pueden clasificarse -en primer lugar- en las que atañen a las empresas foráneas no latinoamericanas, y las empresas radicadas en América Latina.

Si bien no es sencillo hacer una clasificación precisa de las categorías o tipo de empresas de ingeniería que sirven a la industria siderúrgica, ya que hay inevitables duplicaciones de las funciones o superposiciones en sus actividades, se intentará la siguiente:

- i. Empresas de ingeniería no latinoamericanas (o transnacionales) que comprenden:
 - a) Empresas productoras de acero o subsidiarias, que están directamente ligadas a éstas:
Ejemplo: Nippon S.C. - USS.C. - STELCO - ARMCO etc.
 - b) Empresas de ingeniería independientes, que no dependen de plantas productoras de acero ni de fabricantes de equipo.
Ejemplo: SOFRESID - DASTUR I.E. - ATKINS - PARTNERS, etc.
 - c) Empresas de ingeniería fabricantes de equipos
Ejemplo: DEMAG - KRUPP - MITSUBISHI, etc.
 - d) Empresas fabricantes de equipos con ingeniería incorporada
Ejemplo: INNOCENTI - MESTA - DAVY ASHMORE, etc.

Los ejemplos que se usaron en esta clasificación podrían aparecer sin embargo en varias de las categorías, debido a que las actividades internacionales de la ingeniería siderúrgica, fabricación de equipos, construcción y operación de las plantas se han ido entrelazando cada vez más. Sólo algunas empresas independientes, del grupo b, logran mantenerse aisladas de las empresas de fabricación de equipos.

En cuanto a la actividad de montaje y construcción, si bien algunas no participan directamente, lo hacen a través de la supervisión o por medio de subcontratos de empresas subsidiarias.

Tanto en la participación de la ingeniería como en la fabricación de equipos y montaje de plantas siderúrgicas, se ha venido produciendo la siguiente modalidad: se constituyen consorcios transnacionales, de uno o varios países, que tienen la representación de diversos productores y firmas de ingeniería. Estos consorcios están en condiciones de ofrecer servicios y paquetes completos o parciales y, en muchos casos, consiguen también financiamiento y crédito.

ii) Empresas de ingeniería latinoamericana

En la actualidad los departamentos de desarrollo, planificación o ingeniería de las plantas siderúrgicas integradas, con su personal especializado, son los que constituyen posiblemente una de las mejores fuerzas de trabajo organizado para la ingeniería siderúrgica de los países latinoamericanos.

- a) Empresas productoras de acero, o subsidiarias, que están directamente ligadas a estas.
Ejemplo: COBRAPI (CSN) - Edificaciones Monterrey (Fundid. Monterrey) EMINSIDER (SIVENSA).
- b) Empresas de ingeniería independientes, no ligadas a fabricantes de equipos ni a la construcción.
Ejemplo: TECNOMETAL (Br.) - INGETEC (Col.) - A.B. (Chile) - Ingeniería Panamericana (Mex.) - TECNOCONSULT (Vez.) - (En general todas las empresas asociadas a la Federación Latinoamericana de Consultores - FELAC pertenecen a este grupo, en el supuesto de que cubran ingeniería siderúrgica).
- c) Empresas de ingeniería 100% nacionales que cuentan además con departamentos de construcción
Ejemplo: Tauro (Arg.) - Bufete Industrial (Mex.)

d) Empresas de ingeniería con personería jurídica latinoamericana, pero de capital mixto o representantes asociados de empresas extranjeras

Ejemplo: Mckee (Arg.) - SADE (Arg.) - Sigdo Koppers (Chile) Internacional de Ingeniería (Br.) - TECHINT (Arg.) - BICA (Mex.), etc.

B) Diferencias en las Ofertas de Ingeniería Según los Países

Las diferencias de oferta de ingeniería siderúrgica en los diversos países de América Latina están relacionadas con la existencia en el país de plantas siderúrgicas en operación, del número de ellas, de su diversidad y de la continuidad de sus programas. Otros factores que pueden afectar en cuanto a la cantidad y a la calidad de esta oferta de ingeniería siderúrgica son las políticas de desarrollo tecnológico nacional, políticas de investigación de los recursos naturales del país, de capacitación universitaria y técnica, y existencia de entes de investigación metalúrgica y siderúrgica.

La existencia o no de planes nacionales de desarrollo de la industria siderúrgica incide en estas diferencias, al promover o no actividades de empresas de consultoría que tengan, entre otros, el objetivo de contribuir con estudios al mejor cumplimiento de las metas de esos planes.

Los países que no cuentan en la actualidad con plantas siderúrgicas integradas - Ecuador, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Centroamérica - difícilmente pueden aportar ingeniería nacional a este sector. Sin embargo, dentro de los proyectos que se presentan a futuro, las empresas de ingeniería de esos países debieran prepararse para participar en aquellos aspectos tales como la ingeniería estructural, los proyectos de infraestructura y otros que son también necesarios para los primeros desarrollos siderúrgicos.

Para mejor evaluar la oferta potencial de ingeniería siderúrgica en aquellos países donde aún no está específicamente desarrollada, interesa también determinar la oferta y demanda en otros campos industriales y de obras civiles, diferentes de la siderurgia. Hay por ejemplo, países que tienen gran desarrollo de ingeniería hidráulica, eléctrica o hidroeléctrica y de comunicaciones; otros, aquella relacionada con el petróleo, las refinerías y la petroquímica; en algunos, con plantas de papel y celulosa, con grandes proyectos mineros y, en la mayor parte, con las obras civiles, de infraestructura general, vialidad, puertos, ferrocarriles, servicios públicos, obras sanitarias, regadío, etc., para lo cual ya no son dependientes del exterior y pueden ofrecer servicios más económicos y muchas veces mejor adaptados a las necesidades nacionales o locales. Este tipo de servicios de ingeniería, considerado separadamente,

está actualmente en condiciones de cubrir una proporción superior al 20% de las demandas de ingeniería de los proyectos siderúrgicos nuevos. Cuando se trata de proyectos de desarrollo minero para las materias primas, o para su procesamiento, este porcentaje puede llegar a cerca de un 50% del total.

C. Legislación en Pro de la Ingeniería Nacional en Latinoamérica

Ningún país ha dejado de contemplar en su legislación, o reglamentación consecuente, la protección o la alta prioridad dada al uso de la ingeniería nacional. Desgraciadamente, ni esta legislación o reglamentación, ni tampoco las organizaciones nacionales, han dado frutos importantes hasta ahora, porque resulta ser más teórica que práctica - al menos en lo que se refiere al campo siderúrgico. Entre otras razones, porque sin la promoción de la fabricación nacional de equipos básicos para la industria siderúrgica, la ingeniería que se requiere seguirá en manos de quienes los fabrican en el extranjero.

Por otra parte, la ingeniería siderúrgica no puede aún prescindir de la experiencia de los "operadores", o de los encargados de "mantenimiento", y tiene que apoyarse además en gran medida en los departamentos de investigación y desarrollo (I y D) ya sea los de las más importantes plantas siderúrgicas o en los de aquellos institutos de países avanzados, como es el caso del IRSID en Francia y el BISRA en el Reino Unido para citar sólo unos pocos.

Los países latinoamericanos han venido tomando conciencia de este hecho, y es así como en Brasil, USIMINAS promovió la creación de su departamento de investigaciones; México creó el Instituto de Investigaciones Siderúrgicas; Hojalata y Lámina se había adelantado ya, como un caso excepcional, a la investigación en reducción directa.

6. LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DESDE AMERICA LATINA

Los países que no poseen conocimientos suficientes para realizar alguna actividad que les es necesaria, están ante dos alternativas: o las desarrollan ellos mismos o las adquieren de quienes ya las tienen. La primera alternativa, que significa inventar lo ya inventado, es lenta y cara. Pero eso es que en la casi generalidad de los casos es la segunda alternativa la que se adopta, entrando así a toda la problemática de la transferencia de tecnología.

La tecnología se vende, se importa, se exporta, se produce, se distribuye y para todos estos efectos, se comporta como una mercancía. Sin embargo, es una mercancía muy especial, pues se sigue poseyéndola después de haberla transferido y no se desgasta con su uso, como otros bienes.

En efecto, quien vende conocimientos continúa teniéndolos y por lo tanto puede seguir vendiéndolos cuantas veces desee. Quien posee un conocimiento, no lo agota con su uso, por el contrario, este uso permite un mejor dominio de los principios en que dicho conocimiento se basa. Por lo tanto, el conocimiento no se desgasta, sino que su uso lo enriquece.

Lo anterior puede hacer comprender porqué quien tiene tecnología, quien tiene conocimientos, también tiene poder. Poder que muchas veces ha provocado verdaderas batallas por el conocimiento, entre los países que necesitan poseerlo y tienen los medios para ello.

La mercancía-tecnológica, por así llamarla, se produce, salvo excepción, en los países desarrollados y se distribuye a los países en desarrollo, creando en éstos, un tipo de dependencia que los ata a los dueños del conocimiento, que en general son empresas transnacionales, que monopolizan la producción de tecnología y su distribución y venta en el mundo.

Liberarse de esta dependencia, aprendiendo a negociar la importación de tecnología o creando tecnologías propias, es uno de los grandes desafíos de la actualidad, para el tercer mundo.

Desarrollar tecnologías y poder exportarlas, es la más definitiva muestra de liberación de esta dependencia.

La tecnología está pues, sujeta a comercialización, como cualquier bien, aunque con frecuencia se la adquiere de modo no explícito, por estar incorporada en bienes de capital o oculta en un contrato "llave en mano". Sin embargo, se está pagando por ella, y es por eso que es tan importante en cualquier transacción de este tipo, reconocer la tecnología que está en juego, y saber para qué sirve y cuánto es lo que está costando.

Anteriormente se destacó la importancia de la investigación, para reconocer las tecnologías más adecuadas y para adaptarlas a las condiciones locales. En este acápite se pretenden hacer algunas reflexiones sobre la transferencia de tecnología siderúrgica y señalar algunos casos latinoamericanos, no sólo de búsqueda, importación y adaptación de tecnología, sino que de exportación de ella, lo que establece el más alto nivel de aprehensión del conocimiento.

A) La Desagregación de Tecnología

En cualquier actividad de transferencia de tecnología, una etapa previa debe ser la desagregación de ella, o sea, descubrir cuál es lo substancial de la tecnología que se está comprando y cual es lo accesorio. Cual es, usando términos más precisos, la tecnología "medular" y cual es la "periférica".

El interés de esta desagregación reside en la posibilidad de adquirir solamente lo necesario de un proceso y no lo

accesorio. A manera de ejemplo, puede citarse el caso del Proyecto de Reducción Directa de CHIMBOTE (SIDERPERU), en que se limitó la participación del dueño del proceso a lo siguiente: a la ingeniería básica; al suministro de una pequeña parte del equipo que era muy sofisticada; y a la asistencia técnica para la puesta en marcha. La ingeniería de detalle para las obras civiles; las construcciones e instalaciones electromecánicas y el montaje, fueron de responsabilidad de SIDERPERU y contratistas locales. Se totalizó así una participación nacional de un 80% del valor del proyecto. Ello se obtuvo por el solo hecho de desagregar, de abrir el "paquete tecnológico", en lugar de convenir en un contrato "llave en mano", que hubiera significado importar casi todo.

B. La Exportación de Tecnología

El ejercicio, de investigar, buscar tecnologías, desagregarlas, negociarlas, adaptarlas y usarlas, ha capacitado a algunas empresas latinoamericanas, especialmente en Brasil y México, a exportar tecnologías en distintos sectores. En estas líneas se hará referencia sólo de aquellas exportaciones ligadas a procesos siderúrgicos.

La venta y exportación de tecnología siderúrgica, está estrechamente ligada a la venta y exportación de equipos. Por eso es tan definitivo, para poder exportar tecnologías, el hecho que se fabriquen nacionalmente los equipos.

Así lo comprendió el gobierno de Brasil que en 1970, al aprobar su plan que aumentaba considerablemente la producción de acero, estableció como principal elemento de este plan, el desarrollo de la industria de bienes de capital. Este desarrollo, que actualmente significa que prácticamente todos los equipos siderúrgicos se fabriquen en el país, ha permitido la exportación de plantas completas a base de contratos "llave en mano".

La exportación de tecnología generalmente es una etapa posterior de la venta de tecnología en el país mismo. Lo que es lógico, si se tiene en consideración que las compañías que exportan, lo hacen después de haber adquirido una gran experiencia en la venta de tecnología localmente. Además, porque se tiende a vender los mismos elementos de conocimiento técnico adentro y afuera del país; y finalmente, porque no hay diferencias substanciales entre la tecnología exportada y la que se vende internamente.

En Brasil los tipos de tecnologías que se comercializan tanto en el interior como en el exterior del país son:

- Paquetes llave en mano;
- Asistencia técnica;
- Servicios de ingeniería.

Debe destacarse la exportación de Brasil de tecnologías basadas en el proceso de reducción con carbón de madera, en el cual algunas empresas del país tienen tan amplia experiencia. A este respecto cabe mencionar que FLORESTAL ACESITA S.A. fue contratada por la Agencia de Desarrollo de Estados Unidos (USDA) y por la Agencia para el Desarrollo Industrial (AID) para realizar estudios sobre aprovechamiento de carbón vegetal, en diversos países del mundo. Especialmente en lo que se refiere a plantaciones y a producción de carbón y sus subproductos.

Las principales empresas brasileras que comercializan tecnología y sus compradores más significativos del país y del exterior son:

Empresa Vendedora	Empresas Compradoras	
	Brasil	Exterior
USIMINAS	USIMEC AÇOMINAS	SIDOR (Venezuela) SIDERMEX (México)
C.S.N. (COBRAPI)	C.S.N. Belgo-Mineira USIBRA COSIPA USIMINAS ACESITA COSINOR	SIDERPERU ACELCAR (Venezuela) ECUASIDER (Ecuador) ACEPAR (Paraguay)
Belgo Mineira		Paul Wurth (Luxemburgo) TAMET (Argentina) Morgan Wocheater (EE.UU)
COPERRAZ - TENENGE		LATISA (Uruguay) ACEPAR (Paraguay) AGALTECA (Honduras) ECUASIDER (Ecuador) Valentines (Uruguay)
Aços Villares		ACELCAR (Venezuela) COPIDE (Perú) Ohio River Steel (USA).

Esta lista es suficiente para demostrar el grado de madurez que ha alcanzado la siderurgia brasileras en exportación de tecnología.

En el caso de México, el proceso de exportación de tecnología se inició cuando algunas empresas transnacionales establecidas en el país, solicitaron a firmas locales que participaran con ellas en algunos proyectos. Posteriormente, cuando estas empresas transnacionales establecieron plantas en otros países latinoamericanos, pidieron a las firmas mexicanas que les hicieran la ingeniería de proyectos, por razones de los menores costos de estas firmas y por el mejor conocimiento que tenían del medio latinoamericano. Tal fue el caso, por ejemplo, de una firma americana en el ramo de metalurgia, que le dió ingeniería de proyecto y asistencia técnica a una empresa chilena, a través de su filial mexicana.

Ya anteriormente se señaló la importantísima contribución tecnológica de este país a la siderurgia mundial, con la inversión y desarrollo del proceso HYL y la cantidad de países a los cuales este proceso se había exportado. Por eso sólo se agregará aquí que uno de los últimos logros en esta exitosa ruta de exportación de conocimientos, fue el acuerdo entre HYL y la Japan's New Iron Resources Development Co. Ltda. para un estudio de prefactibilidad de una planta de fierro esponja, con una capacidad de 600 000 toneladas, para abastecer a plantas de acero japonesas. Además habría que mencionar que México no sólo está exportando la tecnología del proceso para producir fierro esponja, sino también los conocimientos necesarios para su uso correcto en las acerías.

En relación a otras exportaciones de tecnologías, podría citarse el caso de fabricantes de cables que están dando asistencia técnica a cuatro productores latinoamericanos.

En lo referente a ejecución de proyectos, también pueden mencionarse casos como el de una empresa de planchas galvanizadas, que exportó la ingeniería básica y los servicios de adquisiciones, para una línea de galvanizado y pintado continuo.

Finalmente, es interesante destacar la importante participación de Brasil, en exportación de tecnología e ingeniería a los países africanos de habla portuguesa. A este respecto puede señalarse el estudio de factibilidad que COBRAPI está haciendo en Mozambique, de una mina de carbón coquizable. El mercado para el carbón sería precisamente Brasil, que como se ha manifestado, es un gran importador de esta materia prima.

CAPITULO IV

EL POTENCIAL DE RECURSOS EN AMERICA LATINA

1. HIERRO

1.1. PANORAMA MUNDIAL DE LOS MINERALES DE HIERRO

A. Las Reservas Mineras

Una gran parte de los minerales comunes y de los minerales petrógenos contienen apreciables cantidades de hierro, pero hay seis minerales que contienen suficiente cantidad de hierro y son lo bastante abundantes como para constituir fuentes potenciales de producción de hierro en condiciones económicas. Ellos son:

Metal ferrífero	Contenido de hierro de mineral puro (porcentaje de Fe)
Hematita	69.9
Magnetita	72.4
Goetita	62.9
Chamosita	42.0
Siderita	48.2
Pirita	46.6

Las peculiares características de cada yacimiento obedecen a la gran diversidad de condiciones en que el hierro se concreta en la tierra, al carácter fisicoquímico de esas concentraciones, a su ambiente mineralógico y geológico, y al complejo proceso que determina la concentración del hierro en los yacimientos de mineral.

Los recursos totales y las reservas potenciales de minerales de hierro son inmensas y que están presentes en prácticamente todas las grandes regiones del mundo, como se muestra en el Cuadro NQ 7.

Cuadro N° 7

DISTRIBUCION MUNDIAL DE RECURSOS DE MINERAL DE HIERRO

(C:Chamosita; F:hematita; G:goetita; L:lilgenita;
M:magnetita; P:pírrica; S:siderita)

País o Zona	Recursos Totales y Reservas Potenciales *														Nº cla- sif.	O t r o s			
	F	M	G	S	FM	FG	CS	FS	MP	MS	FMP	MSP	MG	SP			FMG	FMS	
Africa	17.056 (2.405)	2.718 (373)	1.297 (262)	6 (6)	4.254 (603)	1.358 (127)	92 (20)	168 (168)	-	55 (15)	41 (41)	-	46 (46)	-	1.419 (1.250)	1.422 (432)	42 (42)	P-I; FPI-(1) FMI-279(28)	
América La- tina	84.869 (32.062)	788 (251)	1.948 (301)	-	2.610 (411)	2.304 (929)	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	
Asia (Inc. India)	19.427 (8.310)	7.751 (2.673)	3.206 (655)	41	12.824 (4.206)	566 (317)	2.545 (508)	129 (29)	-	-	-	-	4 (2)	-	275 (108)	-	24.328 (88)	GSO-(450)	
India	15.516 (6.982)	2.332 (620)	-	-	8.547 (419)	52 (52)	2.540 (508)	-	-	-	-	-	-	-	53 (53)	-	12 (12)	-	
Australia y N.Zelandia	(1.630)	(660)	(5.591)	-	(35)	(7.953)	-	(22)	(144)	-	(2)	-	-	-	(120)	-	-	-	
Canadá y las Indias Occid.	12.235 (2.025)	32.411 (8.164)	- (1)	-	55.875 (20.898)	8.370 (4.370)	-	600 (10)	20	1.000	-	1.675 (40)	-	735 (420)	-	6.020 (20)	1.500	P-(38); F1-1.350 (350) FMI-320; FSC-2.000	
Estados Uni- dos de América	3.561 (396)	12.969 (789)	907 (745)	-	65.555 (3.227)	6.139 (2.267)	343 (343)	50	-	-	-	-	313 (113)	-	1.742 (272)	10.254 (4)	3 (3)	FCS-30 (30); FMGS-4 428 (28);	
Europa (Incluida Suecia)	777 (457)	3.122 (1.103)	1.264 (794)	1.900 (1.680)	2.498 (1.278)	839 (139)	9.460 (4.840)	775 (675)	50 (10)	50 (50)	-	-	-	-	440 (100)	2.240 (2.120)	1.110 (10)	MI-50; (50); CC-5 148 (3.048); SC-10; (2); FSC-50(30); MSC-680 (230); CSC-1 853 (1.048); FCSC-1.740 (1.640); MGS-38(38)	
Suecia	-	2.895	-	-	475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
URSS	29.025 (20.875)	38.325 (21.648)	106.363 (13.894)	1.258 (1.195)	36.255 (9.421)	-	522 (447)	9.316 (9.316)	-	-	-	-	-	-	-	-	300 (13.687)	82.937 (13.687)	-

(*) Las cifras que no figuran entre paréntesis indican recursos totales; las que figuran entre paréntesis se refieren a las reservas potenciales.

FUENTE: UNIDO "Perfiles Tecnológicos de la Industria Siderúrgica".

En cuanto a América Latina, sus recursos de minerales de fierro aparecen entre los mayores del mundo. Los tipos de minerales presentes en la región son los siguientes por país:

Argentina	Hematita y Magnesita
Bolivia	Hematita
Brasil	Hematita, Magnesita, Limonita, Goetita, Itabirita
Chile	Hematita y Magnetita
Colombia	Goetita
Cuba y Rep. Dominicana	Hematita, Magnetita y Goetita
Perú	Magnetita
Venezuela	Hematita

B. La Producción en el Mundo

En el conjunto mundial, América Latina aparece como la segunda región de mayor producción de mineral de fierro, sólo aventajada por Europa del Este, conglomerado de países en el cual prácticamente el único productor es Rusia.

Durante 1981 la producción de mineral de hierro en el mundo fue la siguiente:

PRODUCCION DE MINERAL DE HIERRO EN 1981 ^{*/}

(En millones de ton/métricas)

Comunidad Europea (Francia, Alemania)	26,00
Países de Europa que no están en la CEE (Suecia, España)	46.84
Europa del Este (Rusia)	248,24
África (Liberia, Sudáfrica)	62.94
América del Norte (Canadá, EE.UU)	126,25
Latinoamérica (Brasil, Venezuela)	136.92
Asia (China, India)	120.65
Oceanía (Australia)	88.20
TOTAL MUNDIAL	856,04

*Por regiones indicando principales países productores

Fuente: Asociación de Productores y Exportadores de Fierro (APEF)
 US Bureau of Mines
 Eisen und Stahl
 Boletines de Naciones Unidas

En el Cuadro N° 8 puede encontrarse el detalle por países de la producción de mineral de fierro desde 1971 e 1981.

C. Las Exportaciones

Estimulados por el crecimiento de la economía mundial, el comercio de recursos minerales se expandió rápidamente en los años siguientes a la Segunda Guerra Mundial y especialmente después del conflicto coreano. Ello trajo beneficios a los países exportadores e importadores, aunque el interés de ambos no siempre ha coincidido. El creciente comercio de minerales de fierro entre Latinoamérica y Japón, a pesar de las distancias geográficas, es un buen ejemplo de lo afirmado.

Si se consideran las exportaciones mundiales, América Latina aparece como la región que más minerales de fierro exporta. Así se desprende del cuadro siguiente:

EXPORTACIONES DE MINERAL DE FIERRO EN 1981*

(En millones de toneladas métricas)

Europa Occidental (Suecia, Francia)	29.8
Europa Oriental (Rusia)	34.2
África (Liberia, Sudáfrica)	44.9
Norteamérica (Canadá)	47.1
América Latina (Brasil, Venezuela)	110.2
Asia (India)	23.7
Oceanía (Australia)	<u>74.6</u>
TOTAL MUNDIAL	364,5

*/ Por regiones indicando principales países exportadores.

Fuente: Asoc. de Prod. y Export. de Fierro (APEF) - UNCTAD
EUROSTAT

Los recursos regionales de minerales de hierro considerados desde la perspectiva de las exportaciones mundiales, son, pues, de primera magnitud.

En el Cuadro N° 9 se presentan por países, las exportaciones desde 1971 e 1981.

D. Importaciones

Los principales países importadores de mineral de hierro, de acuerdo a su importancia relativa, son: Japón, Alemania, Estados Unidos, Bélgica, Luxemburgo, Francia, Italia, Reino Unido. Pero Japón por sí solo representa la mitad del total de las importaciones mundiales.

PRINCIPALES PAISES IMPORTADORES EN 1980

(En miles de toneladas métricas)

Bélgica-Luxemburgo	22 182
Francia	18 642
Alemania	49 834
Italia	16 912
Japón	133 721
Holanda	7 585
Reino Unido	8 529
Estados Unidos	25 459

El detalle de estas importaciones, indicando los países de procedencia de cada una de ellas se presenta en el Cuadro N°10.

Si se desglosan de las importaciones de Japón presentadas en el citado Cuadro, las procedentes de América Latina, se tendrían las cifras siguientes:

IMPORTACIONES DE JAPON EN 1980

DE AMERICA LATINA

(En miles de toneladas métricas)

Brasil	28 523
Chile	7 071
Perú	2 549

De estas cifras correspondientes a Japón y de las del Cuadro N° 11 correspondientes a las importaciones de Estados Unidos, se deduce la importancia que tienen algunos países para las exportaciones latinoamericanas; en particular Japón para Brasil, Chile y Perú; Estados Unidos para Venezuela y Brasil; y Europa para Brasil y Venezuela.

E. Los Precios de los Minerales

El valor de las exportaciones mundiales de mineral de fierro, en 1980 alcanzó a la cifra muy significativa de 6 865 millones de dólares, de los cuales 1 959 millones correspondieron a América Latina. Sin embargo, y a pesar de la magnitud de estas cifras, que se detallan en el Cuadro siguiente, los precios de los minerales han sufrido un constante deterioro. Si se comparan los precios de 1960 con los de 1981 en valores constantes, se puede constatar que en el lapso de esos veintidos años el valor real de los minerales ha sido rebajado a un 35% en el caso de los minerales brasileños y a un 39% en el de los minerales suecos. Como lo demuestra el cuadro siguiente:

PRECIOS DE MINERALES PROCEDENTES DE SUECIA Y BRASIL

US\$ / Ton

Año	Suecia a)		Brasil b)	
	Dólares corrientes	Dólares constantes de 1980	Dólares corrientes	Dólares constantes de 1980
1960	11.5	43.6	17.1	64.8
1961	11.5	43.4	17.8	67.2
1962	10.8	41.2	16.8	64.1
1963	10.1	38.3	15.7	59.5
1964	10.1	37.7	15.7	58.6
1965	10.1	36.7	15.7	57.1
1966	9.9	35.2	15.3	54.5
1967	8.7	30.5	13.5	47.4
1968	8.4	31.5	12.6	47.2
1969	8.4	31.3	11.8	44.0
1970	9.3	31.3	15.2	51.2
1971	10.5	32.7	13.5	42.1
1972	10.8	30.6	12.8	36.3
1973	10.1	24.0	17.1	40.6
1974	12.8	24.5	19.0	36.4
1975	19.3	32.3	22.6	37.8
1976	16.1	26.5	21.9	36.0
1977	13.4	20.3	21.6	37.7
1978	15.9	20.4	19.4	24.8
1979	14.3	16.0	23.3	26.0
1980	17.4	17.4	26.7	26.7
1981	17.9	17.0	24.3	22.9

a) Mineral de Kiruna D./60%, CIF Rotterdam, precio interno de importación.

b) Mineral de 65%, puerto del Mar del Norte; antes de 1975, ley 682.

Fuente: Banco Mundial. Tendencia del Comercio y de los Precios de Productos Básicos.

F. Relación Oferta/Demanda de Minerales de Fierro

i) La Oferta

La crisis de la industria siderúrgica mundial, a la cual ya se ha hecho referencia, ha tenido como resultado un exceso de oferta de minerales en relación a la demanda. Así es como en 1980 se produjo un excedente de minerales de 16 millones de toneladas largas y en 1981 este excedente alcanzó a 11 millones de toneladas largas.

Ello no es de extrañar si se considera que los siderurgistas pronosticaron cifras de producción mundial de acero para 1980, que ahora se considerarían probables sólo para 1985. En ese convencimiento estimularon, o aún participaron, en proyectos mineros, a pesar que ya en 1974 la capacidad de producción de minerales en operación o comprometida, era suficiente para una producción anual de 775 millones de toneladas métricas de acero. Tanto es así, que los compradores de mineral japoneses celebraron contratos para entregas de mineral en los inicios de los años 80 que han excedido entre el 25 y el 30% de su demanda real.

Durante los años 73 y 74 había una gran cantidad de proyectos ferromineros en distintas etapas de desarrollo, entre los cuales cabe citar:

Mt. Klahoyo en la Costa de Marfil
Wologisi, Putu y Bie Mountain en Liberia
Mekambo en Gabon
Mifergui en Guinea
Gamagara en Sudáfrica
Snettisham en Alaska
Mc Camey's Monster en Australia
Rhodes Ridge en Australia
Marandoo en Australia
Carajás en Brasil

La menor demanda de minerales, y el deterioro de los precios reales, fueron la causa que muchos exportadores sufrieron pérdidas en sus operaciones, lo que tuvo como consecuencia que muchos de estos proyectos fueron desechados o paralizados.

Por otra parte, el aumento de los costos de combustibles redundó en el cierre de algunas plantas de pellets como fue el caso de la de Robe River, Hammersley y Lamco. ¿Cuál será la situación para mediados de esta década?

Del estudio de ONUDI "Conditions d'Adaptation de l'Offre et la Demande de Mineral de Fer en 1980 et en 1985" en el que se pronosticaba para 1985 la situación de capacidades adicionales de exportación, se han extractado los datos siguientes:

NUEVAS CAPACIDADES DISPONIBLES PARA LA EXPORTACION HASTA 1985

HIPOTESIS DE BAJA

(En millones de toneladas métricas)

	Capacidades adicionales	Minas que deben cerrar por agotamiento	Capacidades adicionales Reservadas al mercado interno del país productor	Capacidades adicionales disponibles para la exportación
Canadá	25	-5	-7	13
EE. UU.	24	-2.5	-21	-
Brasil	80	-	-20	60
Sudáfrica	6	-	-1	5
India	22.5	-	-12	10,5
Australia	34	-8	- 3.5	22.5
TOTAL				111,0

Debe tenerse en cuenta que estas cifras corresponden una hipótesis de baja en relación a las capacidades adicionales. Si se hubiere considerado la de alta, la capacidad adicional se elevaría a 181 millones de toneladas disponibles para la exportación.

ii) La Demanda

Las proyecciones de la demanda de mineral de fierro, están íntimamente ligada a la producción de acero y tienen por lo tanto, el mismo grado de incertidumbre que las proyecciones de esta producción.

Hay estudiosos del tema que pronostican una pronta mejoría en la economía mundial; otros, con más cautela optan a que habrá algunos años más de recesión o de sus efectos, los cuales no desaparecerán sino muy lentamente. Incluso entre los primeros hay quienes suponen que habrá escasez de minerales de fierro, porque la demanda irá aumentando y como hay pocos proyectos que se están realizando en ferrominería, el saldo sería negativo a fines de la década.

Así se estima en un estudio publicado en Siderurgia Latinoamericana nº 256, de Agosto de 1981, y presentado al II Iron Ore Symposium en Frankfurt en Marzo de ese año por los señores W.W. Bilhorn y R.E. Sargent.

Este estudio proyecta hasta 1988 las cantidades de hierro primario (arrabio y fierro esponja) que serían necesarios para las producciones de acero desde 1979 hasta el año citado, producciones que se suponen crecerán en un 2.7% anual.

Este crecimiento es substancialmente inferior al 5.5% experimentado desde 1948 hasta 1974, por lo que se estima prudente.

Las cifras determinadas serían las siguientes en millones de toneladas métricas:

<u>Año</u>	<u>Hierro Primario</u>		<u>Acero</u>
1982	573.9	(0.74)	776.6
1983	596.7	(0.74)	803.3
1984	624.7	(0.75)	831.1
1985	653.1	(0.76)	862.8
1986	655.0	(0.76)	862.6
1987	704.3	(0.77)	917.4
1988	731.1	(0.77)	949.2

La cifra entre paréntesis representa la relación: hierro primario a acero bruto. Relación que se supone irá aumentando por la participación creciente del hierro esponja al mezclarse con la chatarra, en los hornos eléctricos.

Si se considera el consumo de mineral que tendrían las principales regiones del mundo que son importadoras de mineral, y se le resta el abastecimiento propio que podrían tener, se obtendrían las necesidades de importación de minerales en las cifras siguientes, en millones de toneladas largas:

1982	397.6
1983	415.8
1984	447.2
1985	473.6
1986	468.3
1987	521.7
1988	544.2

Por otra parte, las proyecciones de las exportaciones de minerales de hierro en millones de toneladas largas, de acuerdo al país exportador, serían:

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Australia	93.0	96.2	96.1	99.8	104.9	112.1	118.1
India	22.2	21.9	24.1	25.3	27.5	29.7	31.4
Canadá	42.3	42.0	45.3	47.7	48.8	47.7	46.7
Brasil	88.8	92.6	96.4	98.4	99.7	103.6	116.4
Otros Latino americanos	23.4	24.6	24.7	23.7	26.4	28.9	29.2
Escandinavia	29.1	29.1	28.5	30.7	31.9	32.1	33.2
URSS	41.2	42.3	43.5	44.6	46.5	46.7	46.9
África	48.6	48.7	49.3	52.2	54.3	59.0	68.1
Asia Pacífico	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
EE UU	5.3	5.4	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5
Total Mineral Exportado	396.8	405.7	417.2	432.0	450.0	469.3	499.6

Con las cifras de los cuadros anteriores se estaría en condiciones de hacer un balance proyectado para los años 1982 a 1988 entre la oferta y la demanda de minerales de hierro, de acuerdo al cuadro siguiente, en millones de toneladas largas:

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Necesidad total de importaciones de minerales de hierro	397.6	415.8	447.2	473.6	468.3	521.7	541.2
Importaciones de mineral	396.8	405.7	417.2	432.0	450.0	469.3	495.6
Balance Oferta/Demanda	(0.8)	(10.1)	(30.0)	(41.6)	(18.3)	(52.4)	(54.6)

Si se elige al año 1985, por considerar un año más cercano y para el cual se hacen permanentemente diversas proyecciones, la situación de cada país exportador sería:

CAPACIDAD MUNDIAL DE EXPORTACION DE MINERAL DE HIERRO EN 1985

(Millones de toneladas largas)

País	Capacidad de exportación en 1979	Capacidad de exportación en 1985	
		Sin nuevas inversiones	Con nuevas inversiones
Australia	79	91	100
India	26	15	25
Brasil	72	72	98
Otros países latinoamericanos	24	12	24
Liberia	18	20	20
Mauritania	9	7	11
Sudáfrica	17	19	19
Otros países Africanos	3	3	3
Canadá	48	48	48
EE.UU.	5	6	6
Escandinavia	28	31	31
URSS	38	7	44
Otros	3	2	3
	370	333	432
Necesidades mundiales de importación		474	474
Déficit		141	42

De acuerdo a este pronóstico, habría un déficit, aún con nuevas inversiones, de 42 millones de toneladas de mineral de hierro para 1985. Si estas cifras se cumplieran, sería muy importante para los proyectos ferromineros de Latinoamérica pues asegurarían su factibilidad, especialmente en el caso de Brasil con su proyecto de Carajás.

En relación al balance oferta/demanda de minerales de hierro en el mundo, debe tenerse presente que los nuevos yacimientos que se pongan en explotación, en su mayoría serán de los llamados de "segunda generación", con menor calidad que los que actualmente se están usando. Algunos de estos yacimientos tienen contenido de fósforo superiores al 0.10%. Otros son mezclas de goetita-hematita, limonita-hematita con elevadas pérdidas por ignición y bajo contenido de fierro (del orden del 57%). Algunos yacimientos de África Occidental tales como Wologisi y Mt. Klahoyo requerirán peletización y por lo tanto tienen costos de capital y de operación más elevados que los experimentados hasta ahora.

Además debe recordarse, en relación al comercio mundial de minerales, la influencia de los precios de los combustibles en los costos de los fletes, que hacen cada vez más desventajoso el traslado de minerales de una cuenca oceánica a otra. En 1980 la definida política de los compradores de minerales de diversificar sus abastecimientos, permitió que 46 millones de toneladas largas de mineral producido en la Cuenca del Atlántico, se vendieran en el Pacífico y que 24 millones de toneladas largas de mineral originarios del Pacífico, se vendieran a las Acerías del Atlántico. Así el consumo de los fabricantes de acero de minerales originarios de otra cuenca oceánica, alcanzó la cifra de 70 millones de toneladas, lo que representó el 20% del comercio mundial de minerales de fierro en 1980. Esta tendencia creciente de los costos de fletes, puede significar que los fabricantes de acero prefieren en el futuro consumir minerales de su propia cuenca, esto es, que Europa consuma de preferencia minerales de África y Brasil; y que Japón, Corea y Taiwan lo hagan con minerales de la India, de Australia, de Perú o de Chile.

Esta circunstancia tendrá seguramente una influencia decisiva en las exportaciones ferromineras de América Latina.

1.2 LA SITUACION EN AMERICA LATINA 1/

A. Los Recursos de Minerales de Hierro

En la primera parte de este capítulo ya se destacó, en términos generales, la favorable situación de América Latina en cuanto a recursos, comparada con otras regiones del mundo. Correspondería ahora precisar más esta afirmación.

Considerando los recursos como la suma de las reservas más los minerales potenciales, podría hacerse para las distintas regiones del mundo el cuadro siguiente:

RECURSOS FERROMINEROS EN EL MUNDO
(en Millones de toneladas)

	Reservas	Minerales Potenciales	Recursos
Estados Unidos	7 500	98 100	105 600
Canadá	36 300	89 400	125 700
México Oriente y Asia	17 300	54 200	71 500
Australia, N.Zelandia y N. Caledonia	18 500	17 000	35 500
Africa	6 800	24 500	31 300
Europa	21 300	12 800	34 100
URSS	110 500	193 800	304 300
América Latina	48 100	13 500	61 600

Fuente: Australian Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics para Australia, N. Zelandia y N. Caledonia; Mineral Facts para el resto del mundo, menos América Latina.

De las reservas conocidas Rusia, Canadá y América Latina representa más del 70% del total mundial.

Las cifras presentadas en el cuadro anterior para América Latina se pueden desglosar a su vez en la forma siguiente:

1/ En el nº 270 de Siderurgia Latinoamericana de octubre de 1982, se presentó un detallado análisis del Panorama de la ferrominería Latinoamericana, del cual se han extractado sus principales aspectos y se han complementado con las informaciones recibidas en el trabajo de campo, en los respectivos países.

RECURSOS FERROMINEROS LATINOAMERICOS

(En millones de toneladas)

	Reservas	Minerales Potenciales	Recursos
América Central (1)	16	-	16
Argentina	1 034	546	1 580
Bolivia	225	6.525	6 750
Brasil	31 886	-	31 886
Colombia	78	389	467
Chile	2 707	748	3 455
Cuayanas (1)	-	1 044	1 044
México	511	-	511
Paraguay (1)	-	400	400
Perú	1 600	2 500	4 100
Surinam (1)	-	1 220	1 220
Uruguay	30	145	175
Venezuela	10 000	-	10 000

Fuente: (1) Survey of World Iron Ore Resources (United Nations 1979). En los otros países, informaciones de organismos nacionales.

Haciendo un breve recuento de la situación de recursos ferromineros de cada país, se podría destacar lo siguiente:

i) Brasil

Dos son las regiones más importantes en lo que a recursos ferromineros se refieren: el Cuadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, actualmente en explotación, y la Sierra de Carajás en el estado de Pará, que es objeto de un ambicioso proyecto de desarrollo del cual la explotación de los minerales de hierro, es uno de los rubros principales.

De las reservas totales señaladas para el país de 32 000 millones de toneladas (medida + indicada + inferida) el 40% están concentrados en el Cuadrilátero Ferrífero y el 56% en la Sierra de Carajás, como lo muestra el cuadro siguiente:

Reserva de Mineral de Hierro de Brasil
(En Millones de Toneladas Métrica)

Estado	Medidas (1)	Indicadas (2)	Inferidas (3)	Total
Amazonas	5.2	1	1.8	8.0
Bahía	0.6	-	-	0.6
Ceará	1.3	-	-	1.3
Mato Grosso	457.5	209.8	266.6	933.9
Minas Gerais	7 970.6	1 656.2	3 375.7	13 002.5
Pará	2 440.0	2 518.0	12 927.0	17 885.0
Paraná	39.8	-	-	39.8
Pernambuco	2.9	4.2	6.5	13.6
São Paulo	0.9	0.3	-	1.2
Total	10 918.8	4 389.5	16 577.6	31 885.9

Fuente: Departamento Nacional de Produção Mineral - Brasil.

- (1): Se entiende por "reservas medidas" las determinadas de acuerdo a una exploración compacta (75 mts o menos entre perforaciones).
- (2): Reserva indicada es la que comprende a una exploración incompleta (75 a 200 mts entre perforaciones) o en base a suposiciones acerca de su existencia a niveles por debajo de la exploración realizada.
- (3): Reserva inferida es aquella determinada por probabilidad estadística o geológica.

Si se consideran las reservas medidas, de acuerdo con este cuadro, el 72% corresponde al Cuadrilátero Ferrífero y el 22% a Carajás. En todo caso, ambas reservas son inmensas y pueden figurar entre las mayores del mundo.

En el Cuadrilátero Ferrífero las reservas de las minas principales que figuran entre las con capacidad instalada mayores en el mundo (Caue con 46 millones de toneladas por año y Conceição-Dois Córregos con 28 millones de toneladas por año), son las del cuadro siguiente:

Mina	Localización	Reservas Hematita	Itabirita
Caue	Itabira	329	636
Conceição-Dois Córregos	Itabira	537	1 691
Piçarrão	Nova Era	6	11
Fazendão	Santa Barbara	35	23

Fuente: C.V.R.D. 19 Enero 1981.

La hematita se encuentra en estas minas con una ley media entre 65% y 66%. La itabirita que es una combinación de sílice y hematita tiene un tenor de 45% a 55%.

En cuanto a las reservas totales de la zona de Carajás, que, como se mostró anteriormente alcanza a 18 000 millones de toneladas, se estima que la ley media es del orden del 66%, lo que permitiría la explotación de los minerales sin someterlos a procesos de concentración. También esta zona de Carajás figura entre los de mayor reserva de mineral de fierro en el mundo y con mejor contenido metálico.

ii) Venezuela

El país posee reservas de minerales de una ley superior a 55% por más de 2 mil millones de toneladas, de acuerdo a la distribución por yacimiento que muestra el cuadro siguiente

RESERVA, FERROMINAS DE VENEZUELA (En Millones de Toneladas Métricas)	
<u>Yacimiento</u>	<u>Reservas de Mineral sobre 55%</u>
San Isidro	392
Cerro Bolívar	207
Los Barrancos	232
Grupo Redondo	165
Altamira	127
Arimagura	136
El Terreno	110
Las Pailas	80
San Joaquín	65
El Pao	41
Punta de Cerro	50
Las Grullas	21
Toribio	18
Gurí	10
La Imperial	6
Piacoa	181
María Luisa	<u>258</u>
TOTAL	2 099

La mayoría de estas reservas están ubicadas en el Estado de Bolívar delimitadas en una faja de 10 kms de ancho y 500 kms de largo, desde el río Churra hasta la desembocadura del Orinoco.

Las minas Cerro Bolívar y Altamira que están ubicadas a 140 kms al suroeste de Puerto Ordaz, están formadas por una mezcla de hematita y limotita con cantidades menores de magnetita. La ley promedio es de 63.2% y 63.93% respectivamente.

La mina El Pao está ubicada a 45 kms de Ciudad Guayana y la mina Gutierrez se encuentra a 1.5 kms al Sureste de El Pao. Ambas están constituidas fundamentalmente por hematita y magnetita.

iii) Chile

Cuenta con reservas de 2 707 millones de toneladas y con 748 millones de reservas potenciales. Si se distingue entre reservas de más de 50% de ley de 20 a 50%, la ubicación y magnitud de las reservas de cada mineral sería:

RESERVAS FERROMINERAS DE CHILE (En Millones de Toneladas Métricas)

Ubicación y Yacimiento	Reserva 50% Fe.	Reserva 20-50% Fe.	Minas Potenciales
<u>2a. Región</u>			
El Laco	210	14	150
<u>3a. Región</u>			
Zona Chañaral:			
Santa Clara	-	38	-
Otros	8	16	65
Zona Caldera:			
Cerro Negro Norte	-	621	-
Otros	15	70	10
Zona Huasco:			
Algarrobo	63	10	-
Los Colorados	81	15	-
Boqueron Chañar	173	100	100
Alcaparra	28	90	152
Domeyko II	-	93	-
Otros	4	12	94
<u>4a. Región</u>			
Cristales	7	201	40
Pleito Melón	-	330	-
Otros	10	-	-
Zona Coquimbo:			
Romeral	142	181	130
El Dorado	3	-	-
Otras Zonas	-	-	5
<u>9a. Región</u>			
Mahuilque	-	170	-
TOTAL	746	1 961	748

Fuente: Compañía de Acero del Pacífico CAP.

Los yacimientos más importantes en explotación son Algarrobo y Romeral.

La mina de Algarrobo, que está muy cerca de la ciudad de Vallenar, produce pre concentrados de 60% de fierro y la de Romeral que se ubica 25 kms al Norte de la ciudad de La Serena, entrega concentrados con 62% de ley.

iv) Peru

Posee reservas por 1 600 millones de toneladas con leyes de 57% de fierro.

Los principales yacimientos y recursos son:

RESERVAS FERROMINERAS DE PERÚ
(En Millones de Toneladas Métricas)

Yacimiento	Reservas	Minerales Potenciales	Recursos	% Fe. aprox.
Marcona	1 000	-	1 000	57
Formación Cerritos (Itabirita)	500	-	500	30 - 40
Tambo (Piura)	100	-	100	42
Cerro Lenture	-	350	350	57 - 65
Grupo Chumbivilcas				
San Martín Capacmarca	-	900	900	57 - 65
Entreríos, Apurímac y Sto. Tomás	-	350	350	57 - 65
Otros	-	400	400	57 - 65
Grupo Andahuaylas Aymaraes	-	250-500	250-500	57 - 65
TOTAL	1 600	2 250 2 500	3 850 4 100	

Fuente: Hierroperú.

v) Argentina

Las reservas comprobadas en Argentina alcanzan a 1 034 millones de toneladas. Los principales yacimientos son los de Sierra Grande en La Provincia de Río Negro y los de Unchime y Santa Bárbara, en la Provincia de Salta y Jujuy respectivamente.

Los recursos ferromineros argentinos están constituidos de acuerdo al cuadro siguiente:

Reservas ferromineras de Argentina
(en millones de toneladas métricas)

Yacimiento	Ubicación Provincia	Reservas	Minerales Potenciales	Reservas	Z Fe
Unchime	Salta	370	-	270	35.7
Santa Bárbara	Jujuy	445	-	445	30.9
Zapla	Jujuy	110	-	110	38
Otros Jujuy	Jujuy	-	18	18	35
La Savita	Salta	-	5	5	45
Cuenca Misiones	Misiones	-	23	23	30.6
Leoncito y Leonardo	Catamarca	9	-	9	47
Sierra Grande	Río Negro	200	500	700	55
TOTAL		1 034	546	1 580	

Como se desprende de este cuadro, los contenidos de hierro de los minerales argentinos son bajos, por lo que requieren proceso de concentración para su uso en siderurgia. Es lo que suceden en Sierra Grande donde el mineral, de explotación subterránea, de 55% de Fe, se concentra a 69% de Fe, con un contenido de fósforo inferior a 0.10%. Asimismo, en Zapla los minerales de 38% de Fe se someten a procesos de concentración, obteniéndose leys de 49%.

vi) México

Las reservas mexicanas son 511 millones de toneladas, muy insuficientes para abastecer las necesidades de su industria siderúrgica más allá de 20 a 25 años. Se encuentran principalmente en el Suroeste del país y son de tipo magnético. En el Norte, donde están las siderurgias de mayor capacidad, los yacimientos tienen menores reservas y son de tipo hematítico. En estas circunstancias, México está intensificando sus programas de prospección minera para localizar nuevos yacimientos. Los principales minerales del país son:

- El Encino de Hylsa que se encuentra en Jalisco;
- Peña Colorada del Consorcio Benito Juárez en Colina, con una ley media de 52%;
- La Perla de AHMSA en Chihuahua con ley media de 52%;
- Cerro de Mercado de Fundidora de Monterrey en Amango;
- Ferrotepec de SICARTSA en la ciudad Lázaro Cárdenas.

vii) Bolivia

El principal yacimiento del país con reservas de 225 millones de toneladas y minerales potenciales de 6 525 millones de toneladas es el de Mutún ubicado al Sureste del país, cerca de la frontera con Brasil. El mineral está constituido por hematita y magnetita, con una ley media de 50 a 55%.

vii) Colombia

Las reservas de mineral de fierro son solamente 78 millones de toneladas ubicadas en el yacimiento de Paz del Río, en el Departamento de Boyacá. Es un yacimiento subterráneo, de baja ley (42%) y con alto contenido de sílice, alúmina y fósforo. Además es muy friable llegando hasta 40% de fierro y difícil de concentrar.

B. La Producción y la Exportación de Minerales

La producción de minerales en América Latina ha sufrido las consecuencias de la crisis del acero, tanto por la menor producción de las acerías latinoamericanas, como por la disminución de la demanda de minerales a nivel mundial. Es así como la producción de la región, que en 1980 alcanzó a 144 millones de toneladas, en 1981 se redujo a sólo 128 millones.

La producción por país, incluyendo todos los tipos de minerales beneficiados fue la siguiente en millones de toneladas:

País	1980	1981
Argentina	0.41	0.38
Brasil	107.19	92.70
Colombia	0.49	0.41
Chile	8.96	7.48
México	8.15	8.74
Perú	5.68	5.95
Venezuela	13.68	13.18
Total	144.56	128.84

Fuente: ILAFA.

Por su parte, las exportaciones ferromineras incluyendo granulados, finos y pellets en 1980 y 1981 fueron las siguientes, en millones de toneladas:

País	1980	1981
Brasil	77.6	78.0
Chile	7.6	6.7
Perú	5.6	5.2
Venezuela	11.7	12.4
Total	102.5	102.3

Fuente: APEF para Brasil, ILAFA para los demás países.

Un análisis de la situación de producción y exportación por país, podría resumirse en la forma siguiente:

i) Brasil

La industria ferrominera brasileña tiene en la actualidad una capacidad instalada de producción de 135 millones de toneladas de mineral beneficiado por año, debido a la disminución de la demanda mundial, su producción en 1981 fue sólo de 92,7. Las principales empresas productoras son:

- Cia. Vale do Rio Doce (C.V.R.D.);
- Minerações Brasileiras Reunidas (MBR);
- Samarco Minerações - SAMITRI;
- FERTECO;
- C.S.N.

Todas estas empresas operan en el Cuadrilátero Ferrominero de Minas Gerais, al cual ya se hizo anteriormente referencias. La capacidad instalada de estas empresas en millones de toneladas de mineral beneficiado y su proyección a 1987 sería:

Empresa	Actual	A Corto Plazo	Posible 1987
C.V.R.D.			
- Caue	36.0	36.0	36.0
- Conceição-Dois Córregos	24.7	24.7	24.7
- Periquito	7.0	7.0	7.0
- Piçarrão	1.7	1.7	1.7
- Caraca	2.5	2.5	2.5
- Capatena-Timbopeba	-	17.5	17.5
- Carajás	-	-	35.0

En este cuadro se ha incluido el proyecto de Carajás que como ya se indicó, está en el Estado de Pará.

La producción y exportación de minerales de hierro en los últimos dos años corresponde a las cifras siguientes:

	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Producción mineral de hierro beneficiado	107.2	92.7
Exportaciones de granulados, finos y pellets	77.6	78.0

Las actividades de las empresas mineras ya identificadas se resumen a continuación:

C.V.R.D.:

Es la mayor empresa productora de minerales del mundo, pues durante 1981 exportó 46 millones de toneladas de minerales y pellets por el puerto de Tubarão, que es el principal puerto de exportación de minerales de Brasil.

Explotaciones mineras

Caué

Es la principal mina del mundo y se explota a tajo abierto en bancos de 13m de altura. Su capacidad de extracción es de 48 millones de toneladas al año. La planta de concentración, ubicada en Itabira trata anualmente 23 millones de toneladas de itabiritas elevando su ley de 50% a 67% por medio de separadores magnéticos de alta intensidad en húmedo.

Empresa	Actual	A Corto Plazo	Posible 1987
M.B.R.	15.0	15.0	30.0
SAMITRI	11.0	11.0	11.0
SAMARCO	7.0	7.0	7.0
FERTECO	9.2	9.2	9.2
C.S.N.	10.0	10.0	10.0
Otros	10.9	11.4	11.4
TOTAL	135.0	153.0	203.0

Conceição - Dois Córregos

Las plantas de clasificación en seco y en húmedo de hematita y de concentración de itabirita, tienen capacidad para procesar 28.5 toneladas/año, generando 24.7 millones de producto: granulado, finos para sinter, finos para pellets y blue dust (hematita especial en polvo que llega a un tenor de 69%).

Periquito

Esta mina que pertenece a ACESITA, pero es operada por C.V.R.D., tiene una planta de trituración y clasificación de 7 millones de ton/año.

Piçarrão

Tiene una planta de concentración gravimétrica que produce 1.7 millones de ton/año de hierro para sinter de 67.5% de Fe a partir de un mineral de 53%.

Caraca Ferro e Aço S.A.

Es una subsidiaria de C.V.R.D. que explota varios yacimientos con una capacidad total de 2.5 millones de ton/año.

Plantas Peletizadoras

Actualmente salen 17 millones de toneladas de pellets de seis plantas que están localizadas estratégicamente en un área de 12 kms cuadrados.

Había primitivamente tres plantas en operación:

- La primera planta de la C.V.R.D. y de Brasil que inició sus operaciones en 1969, tiene una producción de 2 millones de toneladas/año;
- La adquisición de una segunda planta fue decidida en 1970 e inició operaciones en la primera mitad de 1973, con una capacidad de 3 millones de ton/año;
- Los comienzos de la operación de la Compañía Italo Brasileira de Peletización (ITABRASCO) en Diciembre de 1976, marcó otra etapa importante. Con una capacidad de 3 millones de ton/año esta empresa fue el resultado de la asociación de C.V.R.D. con FINSIDER Internacional de Italia;
- Tres plantas de peletización adicionales fueron completadas: dos en joint-venture con un Grupo de Usinas Siderúrgicas Japonesas dando origen a la Compañía Nipo-Brasileña de Peletización (NIBRASCO), y una con el Instituto Nacional de Industrias de España, creándose la Cía, Hispano-Brasileira de Peletizaciones (HISPANOBRAS). El 51% del capital de estas empresas pertenecen a la C.V.R.D. y el 49% a los socios extranjeros.

Producción y Exportación de C.V.R.D.

Considerada la importancia de esta empresa como la mayor productora de Brasil y la mayor exportadora del mundo de minerales de hierro, se ha estimado conveniente incluir información cuantitativa sobre la producción, ventas y exportación para los años más recientes (Cuadros Nº12; Nº13; Nº14).

El Proyecto Carajás

Como se afirmó anteriormente, la zona de Carajás contiene una de las más importantes reservas del mundo en mineral de hierro, tanto por su cuantía como por su tenor. Pero además, la zona contiene depósitos de primera importancia de manganeso, níquel, cobre, bauxita y oro; tiene un inmenso potencial hidroeléctrico y riquezas forestales inconmensurables. Todo ello hace de la zona de Carajás un futuro polo de desarrollo para la Amazonía Oriental, que podría permitir la integración plena de esta región a la economía nacional.

El proyecto de mineral de hierro está estructurado para producir 35 millones de toneladas/año para abastecer los mercados mundiales. Además, de todas las instalaciones para explotar y procesar el mineral, el proyecto incluye la construcción de un ferrocarril de 900 kms que conectará la Sierra de Carajás a São Luis, capital del estado de Maranhão, donde será construido un puerto de aguas profundas, de tal manera de recibir barcos hasta de 280 000 dwt.

Las instalaciones han sido dimensionadas para poder embarcar 35 millones de ton/año, habiéndose reservado un área suficiente para posibles expansiones, ya sea para el aumento del mineral de hierro o para otras expansiones.

La C.V.R.D. ha sido encargada de la explotación ferrominera, del ferrocarril y del puerto, debido a su amplia experiencia en este tipo de operaciones.

Los compromisos que esta empresa ha asumido con sus clientes internacionales por la venta de mineral, hacen que este proyecto sea irreversible. Empresas japonesas, alemanas, italianas y francesas habrían contratado la compra de 27 millones de toneladas de mineral de Carajás.

Esta cifra es de gran trascendencia, pues de acuerdo a los estudios de factibilidad realizados por C.V.R.D., el proyecto para financiarse, requeriría una venta mínima de 20 millones de toneladas, la cual, con las mencionadas ventas anticipadas, ya habría sido sobrepasada, pese a ello, la prolongada recesión internacional afectaría el desarrollo normal del proyecto. El costo del proyecto de acuerdo a reciente estimación, del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento BIRF, es de 4 900 millones de dólares, de los cuales C.V.R.D. aportará el 48.2% con

recursos propios y el financiamiento interno y externo alcanzará el 51.8%. El financiamiento externo será por un total de 1 550 millones de dólares.

Además de la explotación ferrominera de la Sierra de Carajás, el programa de desarrollo de esta zona de la Amazonía Oriental, contempla muchos otros proyectos entre los cuales se citan los principales con la empresa que tiene la responsabilidad de realizarlos:

- Mineração Río do Norte;
Exportación de 3.4 millones de toneladas/año de bauxita (en operación);
- Alumina do Norte do Brasil - ALUNORTE:
Empresa asociada a C.V.R.D.;
Producción de 800 mil ton/año de alúmina;
- Alumínio Brasileiro - ALBRAS;
Empresa asociada a C.V.R.D.;
Producción de 320 000 ton/año de aluminio;
- ALCOA;
Producción de 500 mil ton/año de alúmina y 100 mil ton/año de aluminio. Primera parte de un proyecto que tiene como meta final, la producción de 2 millones de ton/año de alúmina y 400 mil ton/año de aluminio.

El potencial económico de la región, permite identificar muchas otras posibilidades de inversión, basados en las premisas siguientes:

- Uso integral de los recursos naturales;
- Manufactura de una gran variedad de productos desde la materia prima al producto final;
- Uso intensivo de insumos y recursos locales, especialmente energía eléctrica (Central Hidroeléctrica de Tucuruí);
- Aprovechamiento de las grandes inversiones de infraestructura;
- Mantenimiento del balance ambiental de la región;
- Bienestar social para las poblaciones de la región.

Partiendo de los ya indicados recursos naturales, estas oportunidades han sido clasificadas en cuatro grupos, dando por resultado una inversión potencial que alcanza a 36.4 millones de dólares y que es capaz de generar ingresos por 14.6 miles de millones de dólares como se indica en el cuadro siguiente:

Inversión Potencial en la Amazonía Oriental

(En millones de dólares)

Grupo	Inversión Directa	Ingresos Anuales
Minero-Metalúrgico	28 130	9 180
Reforestación	1 360	620
Agricultura	5 180	4 090
Ganadería	1 730	700

Fuente: Programa Grande Carajás

En relación a las materias primas para la industria siderúrgica y aunque el tema se analizará con más detalle en el capítulo de los ferroaleados, es importante aquí destacar que en el grupo de las inversiones minero metalúrgicas figuran dos proyectos importantes. Uno para ferróníquel y otro para ferromanganeso, usando los recursos minerales y energéticos de la región.

Debe además mencionarse la posibilidad de producir sinter como consecuencia de las características del mineral, que asegure buena calidad y alta productividad durante el sinterizado y la intención manifestada por los grandes productores de acero de transferir la producción de sinter a los países productores de minerales, donde las condiciones son más favorables. Este proyecto supone la producción de 5 millones de ton/año de sinter para exportación.

También, debido a los problemas que enfrentan los dos grandes centros productores de acero del mundo tales como: polución, falta de mano de obra, escasez de espacio, de energía y otros, los países industrializados irán prefiriendo localizar parte del aumento de su producción de arrabio y semiterminados en regiones más apropiadas, como podría ser precisamente Carajás. Una cifra preliminar podría situar en 10 millones de ton/año la producción de semiterminados para la exportación.

Finalmente, hay que mencionar el proyecto de una planta para producir coque, a la cual se hará referencia en el capítulo correspondiente.

Minerações Brasileiras Reunidas (MBR)

MBR, subsidiaria de CAEMI (Grupo Antunes) es la segunda compañía minera de Brasil. En 1981 MBR produjo 11.3 millones de toneladas de mineral beneficiado y exportó 11.5 millones de toneladas, manteniéndose como la mayor exportadora de hierro del sector privado.

MBR dispone de recursos de casi 1.600 millones de hematita de alta ley y de 300 millones de itabiritas en sus yacimientos Aguas Claras, Pico de Itabirito, Mutuca, Iangada y otras minas pequeñas en el estado de Minas Gerais, Actualmente explota sólo hematita de alta ley, la cual sólo requiere tributación, lavado y secado. Desde Minas Gerais los minerales de MBR se transportan 640 kms por la Red Ferroviaria Federal, hasta el terminal marítimo de Sepetiba en Río de Janeiro, donde MBR tiene modernas instalaciones de almacenamiento y manipulación y que pueden recibir barcos de hasta 250 000 dwt. MBR proyecta duplicar su actual capacidad instalada, para lo cual ya tiene la aprobación gubernamental.

SAMITRI

Explota los yacimientos de Morro Agudo, Aleguía, Córrego de Meio y Andrade en Minas Gerais. Con una capacidad instalada de 11 millones de toneladas/año. La producción de SAMITRI fue de 5.8 millones de toneladas en 1980 y 5.4 en 1981.

Esta empresa sirve especialmente los mercados de BENELUX (Bélgica, Holanda y Luxemburgo) y por eso se ha visto especialmente afectada por la crisis de la siderurgia mundial. Las exportaciones de SAMITRI fueron 4.6 millones de toneladas en 1981, lo mismo que en 1980, pero inferiores a las de 1979 año en que exportó 5.2 millones de toneladas de minerales de fierro.

SAMARCO

SAMARCO es controlada por SAMITRI en sociedad con Utah International. El complejo SAMARCO que entró en producción a fines de 1977, incluye:

- La explotación de la mina Germano, en la zona del yacimiento Alegría en Minas Gerais;
- Concentración de itabiritos;
- Transporte del concentrado por mineroducto;
- Peletización;
- Embarque por el puerto de Ponta de Ubu en Espírito Santo;

La capacidad de extracción en Germano es de 10 millones de ton/año, de un mineral blando que no requiere explosivos. La planta de concentración tiene una capacidad para producir 7 millones de toneladas de concentrados con una ley de 66.5 % 67.5% que son transportados como pulpa por un ferroaducto de 396 kms de largo hasta la planta peletizadora.

Esta planta en Ponta de Ubú tiene una capacidad de 5 millones de ton/año.

En el terminal marítimo pueden atracar barcos de hasta 150 000 dwt. SAMARCO en 1981 produjo 2.87 millones de toneladas de pelets y 640 000 ton de finos para pelets.

FERTECO

Es operada por Exploration und Bergbau de Dusseldorf, Alemania Occidental y explota las minas de Fabricay y Córrego do Feijão en Minas Gerais. La capacidad instalada de producción en fábrica es de 5 millones de ton/año de finos para sinter y 2.5 millones de toneladas de pelets. El transporte desde la mina al puerto de Tubarão se hace a través de una conexión ferroviaria de 107 kilómetros hasta el ferrocarril de la C.V.R.D. La distancia total es de 700 kms.

La Mina Córrego do Feijão tiene una ley promedio de 64.1% y una capacidad de producción de 1.2 millones de ton/año de mineral calibrado, y de 500 000 ton/año de finos para sinter.

La producción de FERTECO en 1981 fue de 2.2 millones de toneladas de mineral calibrado, 4.4 millones de toneladas de finos para sinter y 2.53 millones de toneladas de pelets.

C.S.N.

Casa de Piedra es una mina cantera de la CSN ubicada en el Cuadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. Los productos de la mina, mineral de carga directa al alto horno, son transportados por correa transportadora hasta las instalaciones de carga de vagones a una distancia de 6 kms y llevados posteriormente a la planta Presidente Vargas de la CSN a través de la Red Ferroviaria Federal.

La planta procesadora que entró en operaciones en 1979, tiene una capacidad instalada para producir 1.2 millones de ton/año de mineral para alto horno, 4.8 millones de ton/año para sinter y 4 millones de ton/año de pelets.

Exportaciones Brasileñas de Minerales

En conjunto todas las empresas brasileñas que exportaron minerales de diferentes tipos alcanzaron las cifras siguientes en los años que se indican, en miles de toneladas:

1975	67 040
1976	67 086
1977	58 541
1978	66 371
1979	75 588
1980	77 616
1981	78 045

Fuente: Departamento Nacional de Producción Mineral.

El detalle de estas exportaciones por países de destino puede encontrarse en el Cuadro nº 15.

La importancia de las exportaciones brasileñas puede apreciarse si se les compara con el total del mercado mundial, como lo demuestra el cuadro siguiente (en millones de toneladas):

	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>
a. Mercado Transoceánico	284	263	275
b. Exportación Brasileña	67	58	66
% de Exportación Brasileña	23.6	22	24

O sea, las exportaciones brasileñas representan la cuarta parte del total del mercado transoceánico. Además, debe considerarse que desde 1978 ya representan más de mil millones de dólares y del orden del 10% del total de las exportaciones brasileñas.

ii) Venezuela

Como ya se afirmó, Venezuela es el segundo país latinoamericano en producción y exportación de minerales después de Brasil. El país tiene una capacidad instalada para producir 23 millones de toneladas por año de mineral de hierro beneficiado. Sin embargo, debido a la disminución de la demanda mundial su producción en 1981 fue de sólo 13 millones de toneladas.

En Venezuela, la administración, explotación y desarrollo de la minería del hierro es responsabilidad de la empresa estatal Ferrominera Orinoco C.A. creada en 1976, la cual cuenta con dos divisiones operativas en Guayana: División PIAR y División PAO.

La División PIAR está encargada de las operaciones de Cerro Bolívar y Altamira. El mineral extraído de estos yacimientos es transportado a Puerto Ordaz donde se le somete a procesos de trituración, de cribado y de secado. Así se obtienen finos (de menos de 10 mm) y gruesos (de 10 a 32 mm) que van a canchas de almacenamiento.

El principal consumidor interno es la empresa SIDOR en Matanzas donde son conducidos los finos de mineral a la planta peletizadora por una ferrovía de 19 kms, con capacidad para transportar 7 millones de toneladas por año. El mineral de exportación se traslada al sistema de carga en Puerto Ordaz, que consiste en un brazo telescópico provisto de una correa transportadora. El sistema puede cargar un barco a la velocidad de 7 500 ton/hora. Asimismo, puede movilizarse a lo largo del muelle de 570 mts de largo donde pueden atracar dos barcos a la vez de hasta 80 000 dwt.

La División PAO tiene la responsabilidad de las operaciones de minería y trituración en El Pao y la planta de lavado y puerto de embarque en Palúa. El mineral extraído de las minas de El Pao y Gutierrez es llevado a la planta de trituración donde se obtiene una granulometría de 38mm.

Trenes de 46 vagones de 70 toneladas cada uno recorren 55 kms hasta la estación de lavado de Palúa en el río Orinoco, donde el mineral es lavado, triturado, cribado y clasificado en dos tipos: finos menos de 6.4 mm y gruesos entre 6.4 y 25.4mm. El producto clasificado es almacenado en canchas desde donde es cargado a los barcos.

La producción total del país en los años 80 y 81 por tipo de producto, fue la siguiente, en miles de toneladas:

	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Gruesos	3 386	3 094
Finos	10 400	10 085
Briquetas	220	191
Run of Mine	<u>1 410</u>	<u>1 488</u>
	15 416	14 858

En el Cuadro nº 16 se presenta la producción de Venezuela desde 1974. Debe destacarse que en estas informaciones se incluye la producción de briquetas que es el resultado del proceso de reducción directa High Iron Briquette - HIB.

En cuanto a peletización, la capacidad instalada corresponde exclusivamente a SIDOR, cuya planta, que fue iniciada en 1978, puede entregar 6.6 millones de toneladas anuales de pelets.

El pronóstico de la capacidad de producción para los próximos años puede estimarse de acuerdo al cuadro siguiente en millones de toneladas de mineral:

Mina	1982	1983	1985	1990
Altamira	7.6	7.8	8.6	8.6
Cerro Bolívar	11.4	11.8	12.9	12.9
El Pao y Gutiérrez	4.0	4.0	4.0	4.0
	<u>23.0</u>	<u>23.6</u>	<u>25.5</u>	<u>25.5</u>

Fuente: IISI Comité de Materias Primas-Bruselas/Agosto 1981.

Exportaciones y Consumo Interno

Durante 1980 y 1981 se destinaron 2.8 y 2.9 millones de toneladas respectivamente al consumo interno y 11.7 y 11.8 millones de toneladas a las exportaciones, siendo los principales países compradores Estados Unidos, Bélgica, Italia y Alemania.

Se prevé que el consumo interno de Venezuela de mineral de fierro, aumente gradualmente en los próximos años debido a la mayor demanda de SIDOR, cuando vaya completando la capacidad de producción establecida en el Plan IV. Además se aumentaría el consumo interno, cuando se vaya concretando, posiblemente en los comienzos de los años 90 la producción de SIDERZULIA. Este proyecto contempla una planta de sinterización de 2 millones de toneladas, como se comentó en el capítulo I de este informe.

En el cuadro nº 17 se detallan las exportaciones desde 1972 según países de destino.

iii) Chile

Anteriormente se expresó que Chile tiene reservas de mineral de fierro conocidas de 750 millones de toneladas, con mas de 50% de Fe, las que con un ritmo de extracción de 10 millones de toneladas/año, asegura un abastecimiento para 75 años. El país, que ha sido tradicionalmente exportador de minerales de fierro, ha sufrido también las consecuencias de la retracción de la demanda mundial. Es así como en 1981 la producción de 7.48 millones de toneladas contra 8.96 de 1980. El detalle de la producción en 1981 fue en miles de toneladas:

<u>Productos Concentrados</u>	<u>Fierro</u>	<u>Contenido</u>	<u>Ley Media</u>
Gruesos y medios	2 464	1 528	62%
Finos	<u>5 016</u>	<u>3 020</u>	<u>60%</u>
TOTAL	7 480	4 548	
Pelets	3 266	2 172	66.5%

Fuente: Cía de Acero del Pacífico CAP.

La actividad ferrominera está principalmente centrada en los yacimientos de Algarrobo y Romeral, los cuales junto con la Planta de Pelets de Isla Guacolda en en Puerto de Huasco, son administrados por la Cía. Minera del Pacífico, dependiendo del holding estatal Cía. de Acero del Pacífico S.A. de Inversiones.

Mina Algarrobo

Tiene una capacidad de 5.4 millones de toneladas de mineral, que se somete a un proceso de concentración magnética con una capacidad para producir 4.2 millones de toneladas de preconcentrado de 60% de Fe. Este producto se transporta 86 kms por ferrocarril hasta el Puerto de Huasco, donde se encuentra la planta de concentración, que mediante molienda y concentración magnética en húmedo, produce un concentrado de 68% de fierro, el que alimenta la planta de peletización. En esta planta se agrega cal hidratada, trasladándose luego la mezcla a seis discos peletizadores de 7.5 m de diámetro. Los pelets verdes son cocidos en el equipo tipo parrilla móvil - horno rotatorio (Grate-Kiln) con parrilla recta de 4.7 m de ancho y 55.5m de largo y horno rotatorio de 6.9 m de diámetro y 50 m de largo.

En 1981 se produjeron, como se mostró en el cuadro anterior, 3 266 000 ton. de pelets, que fueron en su totalidad destinados a Japón. El embarque se hace en el Puerto Isla Guacolda, que puede recibir barcos de 150 000 dwt, los que se cargan con cinta transportadora a una velocidad de 6 000 ton por hora.

Mina Romeral

Tiene una planta de concentración que por concentración en seco y en húmedo y concentración gravimétrica, entrega concentrados con leyes superiores a 62% de fierro. La capacidad de producción de esta planta es de 4 millones de ton/año de concentrados que por 38 kms de ferrocarril se lleva al Puerto de Guayacán, que puede recibir barcos de hasta 150 000 dwt y cargados mediante correa transportadora a 3 500 ton/hora.

Proyecciones Capacidad de Producción

De no haber programas de expansión de las plantas de tratamiento ni la instalación de nuevas plantas, puede esperarse que hasta 1990 la actual capacidad de producción de minerales de 8.9 millones de toneladas no varíe.

iv) México

El país cuenta con reservas limitadas de mineral que le permiten solamente abastecer el consumo interno. Para asegurarlo cuando éste aumente, de acuerdo a los planes ya trazados, se ha intensificado los programas de exploración y se está aumentando la capacidad de procesamiento de minerales. Es así como SIDERMEX, la empresa que agrupa las siderurgias estatales AHMSA, Fundidora Monterrey y SICARTSA, está construyendo dos nuevas plantas de concentrados que incrementarán la capacidad de beneficio en 4.5 millones de toneladas/año. Además está trabajando en la construcción de las plantas peletizadoras para AHMSA y SICARTSA que elevarán la capacidad de producción de de pelets de 8.31 millones de ton/año a 14.31 de acuerdo al cuadro siguiente:

CAPACIDAD DE PELETIZACION EN MEXICO

(en millones de ton/año)

	<u>Actual</u>	<u>Posible 1985</u>
AHMSA - Constitución	0.6	0.6
AHMSA - Monclova	-	3.0
Fundidora Monterrey	1.5	1.5
Hylsa - La Alzada	1.5	1.5
Peña Colorada I	1.5	1.5
Peña Colorada II	1.5	1.5
SICARTSA I	1.71	1.71
SICARTSA II		3.0
TOTAL	8.31	14.31

Fuente: ILAFA

La producción mexicana de minerales de hierro fue en 1981 de 8.73 millones. La producción por tipo, fue en millones de toneladas:

Productos sin concentrar (gruesos y finos)	0.68
Productos concentrados (gruesos y finos)	8.06
Total	8.74
Pelets	5.93

La actividad ferrominera mexicana se centra fundamentalmente en los yacimientos El Encino, del Grupo Hylsa; Peña Colorada, del Consorcio Benito Juárez-Peña Colorada; La Perla, Cerro de Mercado y Ferrotepec operados por SIDERMEX.

El Encino

El mineral se transporta por teleférico 22 kms hasta la planta de concentración y planta de peletización, en Estación Alzada, Colina. La planta de peletización tiene una capacidad de 1.5 millones de ton/año.

Peña Colorada

El mineral concentrado en la planta de tratamiento y concentración magnética, se transporta por un ferroaducto de 44.7 kms, que es el primero en el mundo que trabaja sólo por gravedad, bajando desde una elevación de 980 mts a prácticamente el nivel del mar. Con este original sistema de transporte se alimentan dos plantas de peletización tipo parrilla móvil recta, que en conjunto tienen una capacidad de 3 millones de ton/año.

La Perla

El mineral extraído se concentra en la planta de tratamiento que consiste en trituración y concentración en medio denso y magnético. La capacidad de producción es de 2.5 millones de ton/año de concentrados. Parte de los finos concentrados alimentan a la planta peletizadora de Constitución que fue la primera del mundo en utilizar el sistema de parrilla circular, con capacidad para producir 600 000 ton/año de pelets.

Dado el mayor requerimiento de mineral de hierro que implicaría el incremento de la capacidad de producción de acero programado para AHMSA, se está construyendo una nueva planta concentradora en La Perla, la que tendrá una capacidad para producir 1.5 millones de ton/año de concentrados y una planta peletizadora en Monclova de 3 millones ton/año. Estas instalaciones se complementan con otra planta concentradora que se

construye en Mina Heraldes de Fundidora Monterrey en Cahuila de 3 millones ton/año de capacidad y un ferroaducto de 388 kms de longitud que unirá a las dos nuevas plantas y transportará el concentrado de ambas hasta la planta peletizadora de Monclova.

Estas expansiones permitirán satisfacer completamente los requerimientos de ferrominerales de AHMSA y Fundidora Monterrey.

Cerro de Mercado (Durango)

Esta mina abastece a una planta concentradora de 1.7 millones de ton/año que emplea separación magnética y flotación. Los concentrados se transportan 635 kms por ferrocarril hasta la planta peletizadora de Monterrey, la cual es del tipo de parrilla móvil-recta-horno rotatorio (Grate - Kiln) y tiene capacidad para producir 1.5 millones de ton/año de pelets.

Ferrotepec

El mineral extraído de estos yacimientos que explota SICARTSA, alimenta a la planta de trituración que tiene capacidad para tratar 2,6 millones de ton/año de mineral, entregando un producto en trozos menos de 15 mm. Estos son tratados en la planta concentradora (concentración magnética primaria y secundaria) con capacidad para producir 1.47 millones de ton/año de concentrados con 68.5% de hierro. El concentrado se transporta por un ferroaducto de 25 kms de largo y 10" de ancho, hasta la planta de pelets de SICARTSA en el Puerto Cárdenas. Esta planta tiene parrilla móvil recta y capacidad para producir 1.71 millones de ton/año de pelets.

En el proyecto de expansión que se ha programado para aumentar la capacidad de producción de acero de SICARTSA, se contempla la construcción de una nueva planta peletizadora de 3 millones de ton/año para 1984-1985.

En 1981 México produjo 5.93 millones de ton/año, lo que significa un aumento con respecto a 1980 cuando la producción alcanzó 5.3 millones de ton/año.

v) Perú

El único yacimiento de hierro del cual se está extrayendo mineral es el de Marcona que tiene una capacidad de tratamiento de 10 millones de ton/año. En 1981 solo se produjeron 5,95 millones de toneladas, un poco mayor que la producción de 1980 que fue de 5.68 millones.

La producción de 1981 corresponde a los tipos de minerales que muestra el cuadro siguiente en millones de toneladas.

Productos concentrados

Finos para sinter	3.36
Finos para pelets	<u>2.59</u>
Total	5.95
Pelets	1.70

El mineral de Marcona, que es operado por la empresa estatal HIERROPERU, tiene una capacidad de extracción de 13 millones de ton/año con leyes entre 55 y 57% de fierro. En dos plantas de trituración el mineral se reduce a menos de 4" y se transporta por correas de 15 kms de longitud, bajando desde la altura de la mina a 800 m hasta las plantas de concentración y peletización a nivel del mar.

La planta de concentración consta de trituración terciaria, molienda, concentración magnética gravimétrica y flotación para eliminar azufre. De los productos el fino para sinter tiene 65.5% de fierro y el fino para pelets 68.7% de fierro. Parte del fino para pelets alimenta a dos plantas de peletización de parrilla móvil recta con capacidad conjunta para producir 4 millones de ton/año de pelets.

El Puerto de San Nicolás puede recibir barcos de hasta 150 000 dwt, los que se cargan por correa transportadora a razón de 4 000 ton/hora.

Debe destacarse el sistema de carguío y transporte patentado por la Marcona y llamado "Marcona Flow" que consiste en diluir los finos formando una masa semifluida ("slurry") que se bombea a barcos con bodegas especialmente acondicionadas. En estas bodegas, el agua es extraída quedando una especie de torta, que al llegar el barco a su puerto de destino debe ser otra vez diluido y bombeado al puerto.

La producción de minerales del Perú desde 1969 hasta 1980, agrupada en pelet, finos y "slurry", puede encontrarse en el Cuadro N° 18.

En cuanto a las exportaciones, que alcanzaron a 5.8 millones de toneladas en 1980, su composición por tipo de producto fue:

Pelets	1 151
Finos	3 032
Slurry	<u>1 612</u>
Total	5 795

Finalmente, en el Cuadro Nº 19 se muestra el destino de las exportaciones desde 1972, destacándose como los mayores compradores de mineral peruano, Japón y Corea.

Considerando el alto porcentaje de capacidad de producción no utilizado, es previsible no se registrará aumento de esta capacidad en la presente década.

vi. Argentina

El país debe importar minerales y pelets para el abastecimiento de su industria siderúrgica. En los últimos cinco años los países de origen de estas importaciones fueron 82.2% de Brasil, 9% de Perú y 3.9% de Chile, países muy cercanos y con abundante producción y reservas de minerales, como ya se ha destacado. En 1981 Argentina compró a Brasil 2.3 millones de tons de mineral.

La producción argentina de minerales en 1981 fue la siguiente en miles de toneladas:

Productos concentrados

Gruesos y medios	73.7
Fino	<u>308.4</u>
Total	381.1

Producción de pelets 373.1

Esta producción fue inferior a la de 1980, año en que se alcanzó una cifra de 410 mil toneladas. La razón de la disminución ha sido, como en los demás países, la retracción del mercado interno.

La principal actividad ferrominera del país está concentrada en Hierro Patagónico de Sierra Grande S.A.M. (HIPASAM) y Altos Hornos de ZAPLA.

Hipasam

El complejo minero comprende la explotación de la mina, que es subterránea, planta de trituración, planta de preconcentración (separación magnética en seco), planta de concentración (separación magnética en húmedo), planta de peletización y puerto de Punta Colorada.

La planta de concentración, con capacidad para tratar 3.5 millones de ton/año, entrega un concentrado con 69% de fierro y menos de 0.10 de fósforo, a partir de un mineral de 55% de fierro. Desde la planta de concentración, el concentrado se lleva a la planta de peletización a través de un ferrocarril de 32 kms de extensión y 20 cms. de diámetro.

La planta de peletización, con capacidad para producir 2 millones de ton/año de pelets utiliza hornos verticales para el quemado de los pelets verdes.

Los pelets producidos se embarcan en el puerto de HIPASAM en Punta Colorada, que tiene un embarcadero de 1 200 m de longitud, permitiendo cargar barcos con 32 pies de calado, mediante cinta transportadora de 2 000 ton/ hora de capacidad.

HIPASAM no prevé a corto plazo un aumento de su producción, ya que SOMISA, su principal cliente, continuará operando con sólo un Alto Horno. Actualmente los pelets de Hipasam representan el 40% de la carga metálica del Alto Horno de Somisa.

Altos Hornos de Zapla

Las minas 9 de Octubre (subterránea) y Puesto Viejo (subterránea y a cielo abierto), que explota la empresa cuenta con plantas de beneficio de mineral en las que se utiliza concentración en medio denso ("sink and float") obteniéndose concentrado de 49% de fierro en la mina 9 de Octubre, con capacidad para producir 346 000 ton/año de concentrados.

En la mina Puesto Viejo, la ley que se obtiene es de 43.5% con una capacidad de 236 000 ton/año de concentrados.

Desde las plantas de beneficio el concentrado es transportado por vía férrea hasta el Centro Siderúrgico de Altos Hornos de Zapla en Palpalá.

Con el objeto de asegurarse el abastecimiento, Argentina estudia la posibilidad de explorar en forma conjunta con Brasil, los minerales de fierro de Uruçum en el Estado de Mato Grosso, donde se estima que las reservas alcanzan a 50 millones de toneladas.

vii) Colombia

La actividad extractiva de mineral de hierro se reduce a la explotación que Acerías Paz del Río, la única planta integrada del país, realiza en el mineral del mismo nombre.

El mineral extraído de la mina subterránea se lleva a la planta de trituración primaria, en la misma mina para su reducción de tamaño. En mineral triturado se evacúa por medio de cintas transportadoras hasta la estación de carga del teleférico, el que a su vez lo transporta hasta Paz del Río. Allí se procesa en una trituradora secundaria, se clasifica según tamaño y se despacha por ferrocarril eléctrico a Belencito, a 30 kms de distancia donde se encuentran las plantas de sinterización y de alto horno. El mineral bajo 37 mm y sobre 12 mm constituye el 40% de la carga del alto horno, el resto de la carga lo constituye el sinter sobre 8mm.

En 1981, Acería Paz del Río produjo 0.41 millones de toneladas de mineral de hierro, menor a los 0.49 millones producidos en 1980. El detalle de la producción de 1981 fue, en miles de toneladas:

Gruesos y medios	276.4
Finos	<u>134.8</u>
TOTAL	411.2

La situación de este mineral permite suponer que sólo podría seguir abasteciendo a la Planta de Paz del Río. Cualquier otro proyecto siderúrgico como el de Ferrominera, en la Costa Atlántica, deberá abastecerse de mineral importado.

CUADRO Nº 8

MINERAL DE FIERRO - PRODUCCION MUNDIAL

(En millones de toneladas)

País	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
EUROPA EEC											
Bélgica	0.09	0.11	0.12	0.12	0.10	0.06	0.05	-	-	-	-
Dinamarca	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-
Francia	55.86	54.25	54.23	54.27	49.65	45.18	36.64	33.78	31.97	29.20	21.87
Alemania Federal	6.39	6.12	6.43	5.67	4.27	3.03	2.87	1.61	1.66	1.95	1.57
Grecia	1.19	1.38	1.84	2.00	1.98	2.21	2.05	1.63	1.85	1.60	1.28
Italia	0.68	0.63	0.68	0.80	0.74	0.65	0.58	0.43	0.25	0.22	0.12
Luxemburgo	4.51	4.12	3.78	2.69	2.31	2.08	1.54	0.84	0.63	0.56	0.43
Reino Unido	(a) 10.23	9.05	7.11	3.60	4.49	(a) 4.58	3.74	4.24	4.27	0.92	0.73
TOTAL EEC	78.97	75.68	74.20	69.16	63.55	57.79	47.47	42.53	40.63	34.45	26.00
Austria	4.17	4.13	4.21	4.25	3.83	3.79	3.45	2.84	3.20	3.20	3.06
Finlandia	1.19	1.21	1.15	0.93	0.77	1.06	1.05	1.20	0.97	1.00	0.86
Noruega	4.06	3.92	3.91	3.90	4.11	3.92	3.72	3.59	4.25	3.81	4.06
Portugal	0.10	0.04	0.04	0.02	0.02	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.04
España	7.31	6.49	6.90	7.80	8.32	7.61	7.85	8.22	8.83	8.80	8.41
Suecia	34.37	33.98	34.73	36.15	30.87	29.86	24.84	21.49	26.62	27.17	23.38
Turquía	2.30	2.00	2.57	2.28	2.29	3.45	3.19	3.21	1.96	2.30	2.24
Yugoslavia	3.72	3.96	4.67	5.04	5.23	4.26	4.45	4.60	4.68	4.54	4.79
TOTAL	57.22	55.73	58.78	60.37	55.44	54.00	48.60	45.21	50.57	50.87	46.84

sigue:

(Cont. Cuadro Nº 8)

MINERAL DE FIERRO - PRODUCCION MUNDIAL

(En millones de toneladas)

País	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>EUROPA DEL ESTE</u>											
Bulgaria	3.00	3.21	2.77	2.68	2.34	2.32	2.27	2.45	2.10	1.89	1.70
Checoslovaquia	1.61	1.58	1.67	1.69	1.77	1.90	1.99	2.02	2.01	1.93	1.90
Alemania Oriental	0.32	0.27	0.05	0.03	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.06	0.04
Hungría	0.42	0.43	0.43	0.33	0.39	0.36	0.26	0.28	0.29	0.20	0.20
Polonia	2.08	1.66	1.41	1.30	1.19	0.67	0.66	0.53	0.25	0.09	0.10
Rumania	3.47	3.36	3.23	3.23	3.07	2.84	2.47	2.51	2.52	2.33	2.30
URSS	203.00	209.12	216.10	224.79	232.80	239.11	239.71	244.23	241.60	244.76	242.00
TOTAL	213.90	218.63	225.66	234.05	241.62	247.26	247.43	252.10	248.85	251.26	248.24
TOTAL EUROPA	350.09	350.04	358.04	363.58	360.61	359.05	343.50	339.84	340.05	336.58	321.08
<u>AFRICA</u>											
Algeria	3.28	3.66	3.18	3.80	3.19	2.79	3.18	3.04	3.12	3.45	3.48
Angola	6.16	4.84	5.00	5.50	5.60	-	-	-	-	-	-
Liberia	23.14	22.91	23.56	25.03	21.69	20.39	18.14	18.39	18.35	18.25	19.54
Mauritania	8.40	9.25	10.44	11.72	8.75	9.54	7.34	7.08	8.91	8.94	8.27
Moroco	0.62	0.23	0.37	0.53	0.55	0.34	0.41	0.06	0.06	0.06	0.05
Sudáfrica	10.40	11.22	10.96	11.55	12.29	15.36	26.48	24.20	31.56	25.80	28.30
Sierra Leona	2.22	2.56	2.40	2.51	1.45	-	-	-	-	-	-
Swazilandia	2.27	1.98	1.99	2.05	2.23	1.93	1.48	-	-	-	-
Túnes	0.94	0.89	0.81	0.82	0.62	0.49	0.49	0.34	0.39	0.38	0.40
Otros	0.55	0.54	0.55	0.55	0.60	0.60	2.00	1.80	2.10	3.50	2.90
TOTAL	57.98	58.08	59.26	64.06	56.97	51.44	59.52	54.91	64.49	60.38	62.94

sigue:

(Cont. Cuadro N° 8)

MINERAL DE FIERRO - PRODUCCION MUNDIAL

(En millones de toneladas)

<u>País</u>	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>AMERICA DEL NORTE</u>											
Canadá	42.96	38.78	47.50	48.28	46.23	56.94	55.35	43.83	59.62	49.07	50.75
U.S.A.	78.12	79.53	92.29	86.23	76.89	77.95	55.19	82.90	87.09	70.73	75.50
TOTAL	121.08	118.31	139.79	134.51	123.12	134.89	110.54	126.73	146.71	119.80	126.25
<u>AMERICA LATINA</u>											
Argentina	0.25	0.25	0.24	0.22	0.26	0.57	0.72	0.91	0.53	0.90	0.81
Brasil	38.00	46.47	57.91	80.00	88.49	92.61	80.94	84.44	95.46	97.24	101.50
Chile	11.26	8.56	9.71	10.30	11.07	9.97	7.66	7.04	8.29	9.31	7.65
Colombia	0.60	0.62	0.65	0.50	0.62	0.50	0.47	0.51	0.42	0.50	0.43
Mexico	4.70	5.09	4.67	5.01	5.05	5.47	5.38	5.33	6.44	6.52	5.60
Perú	8.85	9.41	8.96	9.52	7.75	4.76	6.19	4.92	5.44	5.70	6.07
Venezuela	20.18	18.47	23.11	26.42	24.31	18.69	13.68	12.56	14.08	15.42	14.86
TOTAL	83.84	88.87	105.25	131.97	137.55	132.57	115.04	115.71	130.76	135.59	136.92

sigue:

(Conc. Cuadro Nº 8)

MINERAL DE FIERRO - PRODUCCION MUNDIAL

(En millones de toneladas)

País	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
ASIA											
China	55.00	60.00	56.00	60.00	65.00	65.00	60.00	70.00	75.00	75.00	70.00
India	34.51	35.34	35.56	35.55	41.79	43.74	42.60	38.84	39.55	40.68	41.12
Japón	1.42	1.35	1.01	0.78	0.94	0.76	0.66	0.65	0.70	0.48	0.44
Corea, Rep. P. Dem.	8.50	8.40	8.56	8.59	8.73	8.20	8.40	8.50	8.50	8.20	8.00
Rep. de Corea	0.44	0.41	0.47	0.49	0.53	0.60	0.70	0.60	0.46	0.49	0.50
Malasia	0.95	0.53	0.52	0.47	0.35	0.31	0.32	0.30	0.35	0.37	0.53
Filipinas	2.33	2.20	2.26	1.62	1.35	0.57	-	-	-	-	-
Tailandia	0.44	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.06	0.09	0.10	0.08	0.06
TOTAL	102.99	108.26	104.42	107.54	118.72	119.20	112.74	118.98	124.66	125.30	120.65
OCEANIA											
Australia	62.06	64.40	84.83	96.95	97.65	93.26	95.92	83.13	91.69	95.53	84.72
Nueva Zelandia	0.58	1.38	2.18	2.35	2.30	2.47	2.65	3.02	3.91	3.16	3.46
TOTAL	62.64	65.78	87.01	99.30	99.95	95.73	98.57	86.15	95.60	98.69	88.20
TOTAL MUNDIAL	778.62	789.34	853.77	900.96	896.92	892.88	839.91	842.32	902.27	876.34	856.04
Total, excluyendo											
Europa del Este, URSS,											
China y Corea del											
Norte											
	502.22	502.31	563.55	598.32	581.57	572.42	524.08	511.72	569.92	541.88	529.80

CUADRO Nº 9
EXPORTACIONES MUNDIALES DE MINERAL DE FIERRO

(En millones de toneladas)

País	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>EUROPA OCCIDENTAL</u>											
Francia	18.3	19.1	19.5	19.8	16.0	15.8	12.1	11.4	10.2	8.7	6.4
Noruega	2.7	2.9	3.0	2.7	3.2	2.7	2.7	3.1	3.3	2.7	3.5
España	2.3	1.9	1.7	3.0	2.0	2.2	1.5	2.0	3.0	3.0	2.1
Suecia	26.2	27.6	32.9	33.1	20.3	22.0	18.9	22.3	26.2	21.0	17.7
Otros	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
TOTAL	49.7	51.6	57.6	58.9	41.7	42.8	35.4	38.9	42.8	35.5	29.8
<u>Países Socialistas de Europa Oriental incl. URSS</u>											
URSS	38.0	40.0	43.0	45.0	46.0	44.0	42.0	41.0	40.0	40.0	34.2
<u>AFRICA</u>											
Algeria	1.9	2.3	2.0	3.2	1.6	1.8	1.5	1.5	2.5	1.4	1.5
Angola	5.5	5.1	6.3	6.4	2.7	-	-	-	-	-	0.1
Liberia	21.8	23.5	25.8	25.4	18.4	20.5	17.8	20.8	19.3	19.1	20.3
Mauritania	8.6	8.6	10.3	11.7	8.6	9.7	8.6	6.3	9.3	8.7	8.9
Sierra Leona	2.6	2.3	2.4	1.8	1.3	-	-	-	-	-	-
Sudáfrica	3.3	2.7	3.4	2.9	2.5	2.5	12.1	13.4	14.2	13.8	14.0
Otros	1.3	1.0	0.9	1.1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.1
TOTAL	45.0	45.5	51.1	52.5	35.7	35.0	40.5	42.5	45.8	43.6	44.9

sigue:

(Conc. Cuadro N° 9)

EXPORTACIONES MUNDIALES DE MINERAL DE FIERRO

(En millones de toneladas)

País	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<u>NORTEAMERICA</u>											
Canadá	34.2	29.3	37.7	37.4	36.0	44.7	45.1	31.9	48.9	39.0	41.5
U.S.A.	3.1	2.1	2.8	2.4	2.6	3.0	2.2	4.3	5.2	5.8	5.6
<u>SUDAMERICA</u>											
Brasil	31.0	30.5	45.0	59.4	67.0	67.1	58.5	66.4	75.6	77.6	85.8
Chile	10.3	5.5	8.1	9.4	9.5	8.9	7.5	6.5	6.9	7.6	6.6
Perú	8.7	8.7	8.8	9.6	4.9	4.4	6.0	4.9	5.2	5.8	5.4
Venezuela	19.1	16.5	21.7	26.3	20.5	15.7	11.4	12.8	13.0	11.8	12.4
TOTAL	69.1	61.2	83.6	104.7	101.9	96.1	83.4	90.6	100.7	102.8	110.2
<u>ASIA</u>											
India	20.4	21.4	23.5	22.2	22.2	22.8	23.3	19.5	23.9	26.2	23.7
Otros	3.5	3.1	2.5	1.4	1.5	0.9	0.9	1.0	-	-	-
<u>OCEANIA</u>											
Australia	52.7	53.7	74.1	83.7	80.3	81.4	78.9	75.3	78.4	80.0	71.7
Nueva Zelandia	-	0.1	2.0	2.2	2.0	2.2	3.5	3.0	3.1	2.2	2.9
TOTAL	52.7	53.8	76.1	85.9	82.3	83.6	82.4	78.3	81.5	82.2	74.6
TOTAL MUNDIAL	315.7	308.0	377.9	410.4	369.9	372.9	355.2	348.0	388.8	375.1	364.5

CUADRO Nº 10

IMPORTACIONES DE MINERAL DE FIERRO DE LOS PRINCIPALES PAISES IMPORTADORES 1980

(En miles de toneladas)

Países Exportadores	Belg/Lux.	Francia	Alemania Federal	Italia	Japón	Países Bajos	Reino Unido	U.S.A.
Algeria	803	-	-	244	-	-	-	-
Australia	831	2.084	4.664	1.793	60.040	416	1.109	-
Brasil	3.325	4.640	12.284	4.989	28.253	2.566	1.621	2.027
Canadá	668	1.186	7.932	1.791	3.429	1.194	3.682	17.588
Chile	-	-	-	-	7.071	-	-	327
Francia	6.840	-	1.851	-	-	-	19	-
India	-	-	4	125	16.507	-	-	-
Liberia	1.269	2.298	6.818	3.117	426	454	61	1.615
Mauritania	882	2.934	550	1.897	993	-	479	-
Noruega	238	340	1.913	64	-	-	180	-
Perú	-	62	-	-	2.549	-	-	196
Sudáfrica	343	1.092	4.410	700	6.279	-	103	6
Suecia	5.868	3.175	5.879	-	-	1.900	615	34
Venezuela	950	587	1.748	1.526	-	196	556	3.660
Otros	165	244	1.781	666	7.904	859	104	6
TOTAL	22.182	18.642	49.834	16.912	133.721	7.585	8.529	25.459

Fuente: EUROSTAT, Departamento de Comercio de Estados Unidos.

CUADRO Nº 11

IMPORTACIONES DE ESTADOS UNIDOS DE MINERALES DE FIERRO
DESDE EL AÑO 1972 AL AÑO 1981

(En miles de toneladas métricas)

País	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981 ^(p)
Australia	698	472	648	816	626	310	268	186	-	-
Brasil	1 132	3 234	6 677	7 646	5 474	2 279	4 043	3 145	2 027	1 766
Canadá	18 459	21 974	20 017	19 417	25 361	25 688	19 544	22 964	17 588	19 147
Chile	313	208	301	946	618	575	396	249	327	317
India	-	-	-	167	132	..	-	55	-	-
Liberia	2 805	2 778	2 774	2 536	2 187	1 820	2 205	2 225	1 615	2 195
Noruega	..	-	-	54	153	-	397	45	-	-
Perú	1 339	1 525	1 039	1 576	727	1 037	831	463	196	79
Sudáfrica	25	-	..	130	165	254	96	108	6	-
Suecia	277	270	310	185	448	156	260	174	34	80
Venezuela	11 101	13 350	15 624	13 347	9 145	6 278	6 180	4 637	3 660	5 152
Otros	184	162	577	670	64	114	24	65	6	0
TOTAL	36 333	43 989	48 797	47 490	45 100	38 511	34 154	34 316	25 459	28 782

Fuente: Departamento de Comercio y Bureau of Mines.

p. Provisorio

CUADRO Nº 12

C.V.R.D. : PRODUCCION DE MINERAL DE FIERRO POR TIPOS1975-1981(En miles de toneladas)

<u>Años</u>	<u>Granulados</u>	<u>Finos</u>	<u>Total</u>	<u>Pellets</u>
1975	17 439	34 788	52 227	4 357
1976	15 850	34 033	49 883	4 665
1977	11 441	31 355	42 796	3 466
1978	7 599	37 422	45 021	4 160
1979	9 445	43 504	52 949	4 269
1980	9 099	53 910	63 009	4 584
1981	8 470	45 618	54 088	2 129

Fuente: CVRD

CUADRO Nº 13

CVRD: VENTAS DE MINERALES DE FIERRO POR TIPOS

1975-1981

(En miles de toneladas)

Años	E x p o r t a c i o n				Mercado Interno	TOTAL
	Granulados	Finos	Pelets	Total		
1975	19.940	28.551	3.769	47.260	2.853	50.113
1976	13.706	29.718	3.912	47.336	3.307	50.643
1977	8.187	28.409	3.219	39.815	5.911	45.726
1978	5.745	30.780	5.330	41.855	9.528	51.383
1979	9.110	33.179	5.509	47.798	15.035	62.833
1980	7.921	33.521	3.064	44.506	17.839	62.345
1981	8.470	34.744	2.717	45.931	14.595	60.526

Fuente: CVRD.

CUADRO Nº 14

CVRD: EXPORTACIONES DE MINERAL DE FIERRO POR PAIS DE DESTINO

1975-1981

(En miles de toneladas)

PAISES / AÑOS	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Alemania Occidental	7 129	7 074	5 502	5 708	6 037	5 643	5 465
Austria	1 299	1 658	1 039	1 364	1 661	1 203	1 448
Corea del Sur	-	259	48	191	770	884	1 460
España	1 551	2 199	1 195	1 363	539	386	270
Estados Unidos	6 075	4 255	1 468	2 701	2 125	1 081	1 206
Francia	3 368	3 106	3 557	3 484	3 545	3 322	3 198
Filipinas	-	-	1 044	1 498	1 585	1 789	1 599
Inglaterra	1 567	1 980	2 007	1 858	2 539	696	1 457
Italia	2 473	2 611	2 213	2 532	2 025	2 395	2 779
Japón	18 316	18 060	16 181	13 518	16 372	16 878	17 760
Polonia	622	1 119	1 636	1 797	2 558	2 904	1 771
Rumania	143	1 201	918	895	1 596	2 199	2 401
Checoslovaquia	486	852	826	899	723	856	1 196
Argentina	1 040	588	826	1 011	1 103	771	753
Otros	3 191	2 374	1 275	3 036	4 620	3 499	2 848
TOTAL	47 260	47 336	39 815	41 855	47 798	44 506	45 931

Fuente: CVRD.

C U A D R O N º 15

BRASIL: MINERAL DE FIERRO - EXPORTACIONES SEGUN DESTINO 1975-01

(En miles de toneladas)

País	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Argentina	1 464	1 397	1 437	1 908	2 633	1 812	2 304
Austria	1 299	1 658	1 063	1 453	1 603	1 184	1 448
Bélgica/Luxemburgo	2 723	2 181	2 067	3 058	4 237	3 692	3 973
China	-	-	-	464	330	456	429
Checoslovaquia	530	1 035	817	979	1 091	1 218	1 730
Francia	3 999	3 967	4 204	4 459	4 285	4 303	3 818
Alemania Federal	12 775	11 591	10 649	12 645	12 403	13 957	14 464
Italia	3 119	3 296	3 281	3 904	4 079	4 797	3 855
Japón	25 470	24 798	22 987	21 512	26 113	28 786	27 890
Corea	-	152	48	105	675	1 103	2 909
Países Bajos	1 748	1 779	1 032	1 513	1 640	1 233	1 277
Filipinas	-	-	826	1 107	1 279	1 840	1 599
Polonia	748	1 096	1 605	1 632	2 511	2 858	1 768
Rumania	997	1 914	1 090	895	1 445	2 164	2 402
España	1 551	2 214	1 146	1 363	1 507	2 238	2 151
Reino Unido	2 358	3 348	3 287	3 489	3 966	1 567	2 800
EE.UU.	7 069	5 179	2 104	4 356	3 114	1 940	1 676
Otros	1 190	1 481	898	1 529	2 677	2 468	1 552
TOTAL	67 040	67 086	58 541	66 371	75 588	77 616	78 045

Fuente: Departamento Nacional de Producción Mineral.

CUADRO Nº 16

VENEZUELA: PRODUCCION DE MINERAL DE FIERRO POR TIPO DE
PRODUCTO 1974-1981

(En miles de toneladas)

Año	Gruesos	Finos	Briquetas	Run of Mines	Total
1974	1 159	4 191	234	21 066	26.650
1975	2 405	6 632	206	15 276	24.519
1976	2 852	7 012	206	8 821	18.891
1977	2 117	5 707	77	5 860	13.761
1978	2 710	6 239	-	3 613	12.562
1979	3 027	8 530	69	2 558	14.184
1980	3 386	10 400	220	1 410	15.416
1981	3 094	10 085	191	1 488	14.858

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

CUADRO Nº 17

Venezuela: EXPORTACIONES POR PAISES DE DESTINO - 1972-1981

(En miles de toneladas)

País	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Bélgica	492	1 255	866	362	677	509	1 157	1 164	1 092	1 650
Checoslovaquia	37	-	98	98	245	275	315	370	265	180
Francia	122	245	551	537	508	373	435	527	597	580
Alemania Federal	1 825	2 537	2 782	1 539	1 272	876	513	1 249	1 595	1 000
Italia	1 428	1 698	1 915	2 238	1 989	1 804	1 772	1 532	1 628	1 500
Países Bajos	-	-	1 147	513	362	307	301	573	454	260
Polonia	-	-	265	106	48	141	124	97	103	-
España	42	420	957	1 054	862	335	947	1 003	790	800
Reino Unido	1 559	1 863	2 106	1 780	977	285	793	1 265	556	650
U.S.A.	11 004	13 599	15 510	12 221	8 687	6 302	6 211	4 809	3 962	4 840
Otros	-	41	-	12	45	223	260	387	710	170
TOTAL	16 509	21 658	26 277	20 460	15 672	11 430	12 828	12 976	11 752	11 000

Fuente: Ministerio de Energía y de Minas.

CUADRO N° 18

PERU: PRODUCCION DE MINERALES DE FIERRO POR TIPO DE PRODUCTO

(En miles de toneladas)

Año	Pellets		Finos		Slurry	
	Peso	Contenido de Fierro	Peso	Contenido de fierro	Peso	Contenido de fierro
1969	3 557	2 332	5 628	3 547	84	56
1970	3 676	2 408	6 001	3 812	37	26
1971	3 227	2 110	5 604	3 493	18	13
1972	3 510	2 302	5 365	3 406	539	376
1973	3 723	2 440	4 065	2 600	1 176	816
1974	3 920	2 573	4 325	2 836	1 279	887
1975	3 538	2 316	3 223	2 063	992	687
1976	2 339	1 538	1 442	956	995	696
1977	2 532	1 658	2 417	1 586	1 242	864
1978	2 136	1 400	1 481	696	1 304	906
1979	1 784	1 171	1 953	1 278	1 707	1 181
1980	1 564	1 029	2 799	1 287	1 341	926

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

CUADRO Nº 19

PERU: DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DE MINERAL DE FIERRO 1972-1981

(En miles de toneladas)

<u>País</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Argentina	29	-	-	67	141	316	226	235	139	23
Francia	235	428	591	161	182	206	-	151	-	-
Alemania Federal	133	392	932	516	-	101	-	53	-	-
Japón	6 901	5 594	5 277	2 381	2 487	2 976	2 947	2 044	2 573	2 014
Corea	-	-	208	188	227	548	680	1 269	1 802	2 301
Rumania	-	-	-	33	152	430	104	296	545	-
U.S.A.	1 233	1 631	1 905	1 317	701	1 124	809	499	242	79
Otros	146	732	655	242	497	226	86	687	494	982
Total	8 677	8 777	9 568	4 905	4 387	5 987	4 852	5 234	5 795	5 399

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

2. CARBON MINERAL

La importancia del carbón mineral en la industria siderúrgica reside en que es la base de la producción de coque y éste a su vez es el elemento reductor por excelencia de los minerales de hierro, que son óxidos de este metal. En 1975, de 469 millones de toneladas de arrabio producido, un 97% correspondió a alto horno; actualmente los procesos de reducción directa disminuyen el consumo de coque, sin embargo se estima que a fines de la presente década este proceso no superará un 10% de la fabricación de hierro primario.

Con estas consideraciones se pone de relieve la importancia del carbón que es susceptible de transformarse en coque, para la industria siderúrgica. Es el llamado "carbón coquizable" que tiene características especiales.

La coquización consiste fundamentalmente en una destilación de ciertos carbones, que tienen la particularidad de carbonizar uniéndose las partículas de hasta 3 mm, cargadas en cámaras calentadas para formar masas porosas de distinto tamaño y de gran resistencia. En esta forma se obtiene un coque con resistencia suficiente para que no se fracture al manipularlo y para que pueda soportar las presiones ejercidas por la pesada carga en el interior del alto horno. Debe estar libre de polvos y de finos y los pedazos no deben ser demasiado grandes a fin de que la velocidad de combustión sea óptima.

En cuanto a la composición química, un buen coque metalúrgico debe contener muy poco material volátil (no más de 2%) y un 90% de carbono fijo. Los materiales restantes son ceniza, azufre y fósforo. El contenido de azufre debe ser lo más bajo posible, inferior al 1.5% porque el coque es la principal fuente de azufre del arrabio, además del que viene contenido en los minerales. En cuanto al fósforo, también debe ser muy bajo, porque su inclusión en el arrabio tiene efectos muy indeseables.

Para la fabricación de coque metalúrgico se emplean básicamente dos métodos: el proceso de horno de colmena y el proceso de horno con recuperación de subproductos, también denominado horno de retorta. En el primero de ellos se introduce aire en la cámara de coquización en cantidades controladas a fin de quemar los productos volátiles destilados del carbón y generar calor para una ulterior destilación. En el método de horno con recuperación de subproductos, el aire se excluye de la cámara de coquización y el calor necesario para la destilación lo proporciona la combustión externa de parte del gas recuperado del proceso de coquización. La temperatura de coquización es algo más baja que en los hornos de colmena. Además del coque metalúrgico se obtienen como subproductos principales: coque menudo, gas de horno de coque, alquitrán, sulfato amónico, licor amoniacal y aceite liviano. Mediante la refinación del alquitrán y del aceite liviano se obtiene gran variedad de productos tales como benceno, naftaleno, pireno, fenol, piridina, etc.

A. La Situación en el Mundo

i) Reservas Mundiales de Carbón Coquizable

Alrededor del 90% de las reservas de carbón coquizable se encuentran en relativamente pocos lugares del mundo, especialmente de países desarrollados, como lo muestra el cuadro siguiente en miles de millones de toneladas:

País o Zona	Recursos de Carbón Coquizable	
	Antracitoso	Bituminoso
Africa	12	-
América Latina	-	1
China	101	-
EE.UU.	128	60
Europa	41	38
India	11	1
Japón	1	-
Oceania	14	11
URSS	166	107
Otros	<u>12</u>	<u>1</u>
Total	486	219

Fuente: UNIDO. Perfiles Tecnológicos de la Industria Siderúrgica. 1980.

De este cuadro puede desprenderse la escasa participación actual de América Latina en las reservas de este insumo tan fundamental para el desarrollo siderúrgico. Esta situación podría cambiar en el futuro, como se verá más adelante.

ii) Las Capacidades de Producción y las Posibles Exportaciones

En relación a las capacidades de producción de carbón coquizable en los años 85 y 90 y a las posibilidades de exportación en esos mismo años, el Comité de Materias Primas del IISI, en diciembre del año pasado, estimó las cifras que se reproducen en el cuadro siguiente:

CAPACIDAD DE PRODUCCION Y EXPORTACION DE CARBON COQUIZABLE

(millones de toneladas métricas)

País o Zona	Capacidad de Producción		Capacidad de Exportación	
	1985	1990	1985	1990
Estados Unidos	155	140	65	50
Canadá	31	42	22	30
Australia	63-80	80	48-63	58-76
Alemania Occidental	70	75	20	20
Inglaterra	20	25	-	-
Francia	3	2	-	-
Bélgica	4	3	-	-
Inglaterra	10	8	2	-
India	30	35	-	-
Japón	5-6	5-6	-	-
Latinoamérica	5	5	-	-
Otros (1)	6	8	-	-
Mundo Occidental	402-420	428-429	157-172	158-176
Bloque Oriental			10	12
China (2)			5	7

(1) Incluye España, Corea del Sur y Zimbabue.

(2) Capacidad de exportación sólo al mundo occidental.

Fuente: IISI - Comité de Materias Primas.

B. La situación en América Latina

En América Latina, al igual que en el resto del mundo, el uso del coque metalúrgico como elemento reductor en el alto horno seguiría teniendo gran preponderancia. Ello sin perjuicio de la importancia creciente que están teniendo los procesos de reducción directa sobre los cuales se dió amplia información en el capítulo segundo.

El coque juega entonces un rol de primera categoría para la siderurgia regional, tanto desde el punto de vista de su participación en el proceso de reducción, como del económico. En efecto, puede estimarse que el coque representa del 55 a 60% del costo del arrabio y del orden del 40% del costo del acero bruto.

Por otra parte, el factor de mayor incidencia en el costo del coque es el costo del carbón empleado en producirlo. Desgraciadamente América Latina depende en alto grado de la importación de carbones coquizables, especialmente en el caso de dos de los principales productores regionales de acero: Brasil y

Argentina. Por eso es tan importante investigar las tecnologías que permitan un mayor empleo de carbones regionales, en las mezclas, que se van a coquizar. Entre esas tecnologías hay razo nables expectativas en los procesos de precalentamiento de mezclas. Además, adquiere todo su valor las técnicas que permiten un menor consumo de coque por tonelada de arrabio, obteniendo un mejor uso de este insumo escaso y por lo tanto un menor costo en el hierro primario producido.

i. Los Recursos de Carbón Mineral

El año 1979 ILAFA realizó un Congreso dedicado a conocer la situación del carbón y del coque en América Latina. De las publicaciones de este Congreso y de las investigaciones propias realizadas en el trabajo de campo en los países, se han obtenido las informaciones que aquí se reproducen.

En el cuadro siguiente se presenta la situación de los recursos carboníferos de la región:

RECURSOS DE CARBON MINERAL EN AMERICA LATINA

(En millones de toneladas)

País	Reservas (A)		Potenciales (B)	Recursos (A + B)
	Hedidas + indicadas	Inferidas		
México				
Sonora	33	30	-	-
Cohahuila	537	1 452	2 000	-
Oaxaca	8	14	-	-
Subtotal	578	1 496	2 000	4 074
Colombia				
Antioquia	1 400	2 000	-	-
Valle	500	-	-	-
Santander	500	-	-	-
Cesar	50	1 000	-	-
Guajira	400	1 000	-	-
Cundinamarca	1 600	2 000	-	-
Royacá	1 500	2 000	-	-
N.Santander	1 050	2 000	-	-
Subtotal	7 000	10 000	23 000	40 000
Venezuela				
Tachira	22	3	80	-
Zulia	436	1 068	3 670	-
Naricual	28	26	-	-
Subtotal	486	1 097	3 750	5 333
Perú				
Tumbes	-	-	100	-
Santa	50	-	-	-
Oyón	26	198	-	-
Alto Chicma	59	314	-	-
Jatunhuasi	-	85	-	-
Subtotal	135	597	100	832
Brasil				
Paraná	35	12	-	-
Sta. Catarina	850	768	-	-
Rio Grande	2 427	7 643	-	-
Subtotal	3 312	8 423	-	11 735

Sigue:

RECURSOS DE CARBÓN MINERAL EN AMÉRICA LATINA (Cont.)

País	Reservas (A)		Potenciales	Recursos
	Medidas indicadas	Inferidas	(B)	(A + B)
Chile				
Arauco	74	32	195	
Magallanes	2 000	400	3 200	
Subtotal	2 074	432	3 395	5 901
Argentina				
Río Negro	3	-	-	-
Río Turbio	480	-	-	-
Subtotal	483	-	-	483
TOTAL A. LATINA	12 268	22 045	34 045	68 358

Fuente: Comité Asesor del Directorio de ILAFA en Carbón y estudios nacionales.

Del cuadro anterior se deduce la extraordinaria importancia de los recursos carboníferos de Colombia que por sí solos representan el 60% del total de recursos de América Latina. En cuanto a carbones coquizables, un aporte significativo lo constituyó la formalización de acuerdos de Colombia con Rumania, España y Brasil, que en diferentes zonas están efectuando exploraciones preliminares de yacimientos carboníferos.

En gran volumen de reserva de carbón con que cuenta el país es un buen indicador de la importancia que el sector puede llegar a tener dentro del contexto mundial. Las políticas trazadas por el Gobierno Nacional para su desarrollo, definen como meta, en el año 2000, un volumen de exportación de carbón cercano a los 50 millones de toneladas.

En México (Coahuila) y en Brasil (Santa Catarina) se conocen bastante bien las características de los carbones coquizables de esas cuencas y las condiciones de sus yacimientos. También en Venezuela, CORPOZULIA ha hecho rápidos progresos en el estudio de la Cuenca del Guasare tanto para su explotación, que empezará pronto, como para determinar cuál es el grado en que estos carbones podrán participar en la mezcla a coquizar. Al respecto, luego de experiencias efectuadas en Francia (CERCHAR) se comprobó que los carbones zulianos podrían constituir el 60% de la mezcla empleando coquización convencional, y tal intervención llegaría al 70% con técnicas adicionales de precalentamiento y briquetización parcial.

Argentina tiene un conocimiento bastante completo de las reservas indicadas en el cuadro anterior, y Yacimientos Carboníferos Fiscales impulsa actividades exploratorias destinadas a aumentar tales reservas, notablemente en conexión con mantos de carbón atravesados por pozos petrolíferos en la región de Río Gallegos, puerto del Yacimiento de Río Turbio.

Chile tiene en ejecución exploraciones incluyendo perforaciones y estudio de testigos tanto en el extremo Sur, en Magallanes, donde se tienen grandes recursos de carbones sub-bituminosos, como en la región de Arauco, actual zona productiva que requiere con urgencia la definición de nuevas reservas para una reestructuración de la producción carbonífera.

En Perú se están reactivando las investigaciones de reservas y características de las cuencas de Oyón y Alto Chicama; en estos estudios participan Minero-Perú y SIDERPERU en el caso de Oyón y Minero Peru con Electro Perú para la Cuenca de Alto Chicama donde se entregaron los estudios de factibilidad de la empresa polaca KOPEX.

i) Argentina

En Argentina Yacimientos Carboníferos Fiscales YCF realiza investigaciones tendientes a lograr una mayor participación del carbón de Río Turbio en las mezclas coquizables. Tal participación que tradicionalmente ha sido del orden de 10% podría duplicarse al emplear semi coque producido por destilación (a 500-550°C) del carbón de Río Turbio. Por otra parte, el país acrecentaría el número de plantas termoeléctricas que queman carbón vapor nacional. Todo ello sería posible con el aumento paulatino de la producción de YCF primero a 1.5 y luego a 3 millones de toneladas anuales.

Las perspectivas de producción de arrabio y consumo de carbón coquizable si se produjera el tonelaje de acero que se indica, sería en millones de toneladas:

Año	Acero Total	Arrabio de Alto Horno a Coque	Consumo Total	Carbón Coquizable	
				Nacional	Importado
1985	8.1	5.0	4.4	0.4	4.0
1990	14.0	7.5	6.5	0.6	5.9
2000	28.0	12.5	10.6	1.0	9.6

Fuente: ILAFA

ii) Brasil

La industria carbonífera de Brasil tiene una misión de enorme trascendencia para el cumplimiento de los planes de desarrollo de este país. En el plano siderúrgico, se le pide asegurar el abastecimiento de carbón metalúrgico nacional de acuerdo a las necesidades cada vez mayores de los altos hornos brasileños. Las intenciones de los organismos siderúrgicos estas tales eran de que el carbón de Santa Catarina constituyera el 30% de la mezcla alimentada a las coquerías; empero tal objetivo

no ha podido aún ser cumplido por falta de capacidad productiva de las minas. En 1977 la proporción de carbón coquizable nacional en la mezcla fue de 22%.

En 1973 se inició un plan de aumento de la producción carbonífera en Santa Catarina, el cual contemplaba la apertura de 6 nuevas minas con capacidad de producción de 600 mil toneladas anuales de carbón prelavado cada una. Se esperaba que desde fines de 1976 ellas se irían incorporando a la actividad productiva; sin embargo, el proyecto ha sufrido retraso y a comienzos de 1978 sólo una de esas nuevas minas estaba en operación.

En todo caso ya para 1980 las cinco instalaciones mineras restantes estaban trabajando. La inversión total se estima que es del orden de casi 200 millones de dólares, pero ella se justifica sobradamente ante el ahorro de divisas por las importaciones de carbón coquizable que reemplazarán, y además por contribuir a dar una base más sólida a la siderurgia en caso de crisis de abastecimiento internacional. Recordemos al respecto que en 1974 cuando ocurrió tal escasez, los carbones de Santa Catarina aumentaron su participación al 36.4% contribuyendo a paliar los efectos por incumplimiento de contratos de los abastecedores americanos.

El carbón en Santa Catarina es tratado previamente en las minas con un rendimiento de 1/3 de carbón prelavado (de 31.4% cenizas en promedio). El carbón prelavado es luego tratado en el lavador de Capivari, de propiedad de la Compañía Siderúrgica Nacional - CSN y da 44% de carbón metalúrgico con 18.5% cenizas, 46% de carbón vapor (con 40% cenizas) y 10% de rechazos. Así, las 6 nuevas minas significan además de casi 1.6 millón de carbón metalúrgico para coquización, un aporte de poco más de 1.6 millón de toneladas de carbón vapor.

Esto tiene gran valor para satisfacer el mayor consumo termoeléctrico esperado - en 1977 este ítem correspondió a 1.55 millón de toneladas - y también de industrias como las del cemento y celulosa y otras que sumaron un consumo de 400 mil toneladas en 1977. Este consumo de carbón vapor podría triplicarse hacia 1985 llegando a unas 6.0 millones de toneladas anuales.

La expansión tanto de la extracción como de las plantas de tratamiento del carbón tendría que continuar entonces en el Brasil. Hay indicios de que el Gobierno dará gran importancia a la definición de una política carbonífera que aproveche las ventajas de los modernos métodos mineros, como la aplicación de la extracción en frente largo cuando las condiciones de los yacimientos lo permitan, así como las innovaciones más adecuadas para lavar carbones de alto contenido en ceniza como son los brasileños. Una muestra de este propósito del Gobierno las constituye el Convenio del Ministério de Minas y Energía del Brasil con Charbonnages de Francia, que permitiría contar con el "know-how" y capacidad investigadora de esta institución.

Polonia y Brasil han firmado un convenio para el intercambio de mineral de hierro por carbón para el período 1978-1990. El máximo de carbón será de 4 millones de ton/año. Otro importante abastecedor de carbón de Brasil es Estados Unidos.

Las perspectivas de producción de arrabio y consumo de carbón coquizable si se produjeran las cantidades de acero que se indican, sería para Brasil en millones de toneladas, las del cuadro siguiente:

Fecha	Total Acero	Arrabio Alto Horno Coque	Consumo Carbón Coquizable		
			Carbón Total	Carbón Nacional	Carbón Importado
1985	28,3	19,5	16,0	3,2	12,8
1990	43,9	32,0	26,0	5,0	21,0
2000	75,0	57,0	46,0	6,0	40,0

Fuente: ILAFA.

iii) Chile

En Chile, la Empresa Nacional del Carbón - ENACAR - pasó en los años recientes por una difícil situación de mercado agravada por el alto costo de extracción. Se están haciendo los estudios adicionales en la región de Arauco para mejor conocimiento de las reservas y al mismo tiempo una revisión de los procesos extractivos empleados, junto con una disminución de la mano de obra que es uno de los factores adversos que influyen en el alto costo. Se procura llegar a poder ofrecer al consumidor la seguridad de un abastecimiento de carbón a precios convenientes. Entre tales consumidores se tendrá a varias industrias no siderúrgicas, especialmente la industria cuprera.

Las perspectivas de producción de arrabio y el consumo de carbón coquizable, tanto nacional como importado se muestran en el cuadro siguiente, basados en las supuestas producciones de acero en los años que se indican.

Año	Total Acero	Arrabio de Alto Horno Coque	Consumo Carbón Coquizable		
			Carbón Total	Carbón Nacional	Carbón Importado
1985	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4
1990	2,1	1,8	1,5	0,9	0,6
2000	3,5	3,0	2,6	1,6	1,0

Fuente: ILAFA.

iv) Colombia

En Colombia se estaría orientando la producción de electricidad hacia mayor utilización de carbón. Actualmente sólo el 3% de la energía eléctrica es generadas con carbón; se menciona como objetivo a mediano plazo llegar a un 24% así generado. Igualmente aumentaría la importancia de otro de los principales consumidores de carbón como es la industria cementera. Desde luego la parte fundamental de las expansiones siderúrgicas están basadas en alto horno a coque. Pero todas estas expectativas internas son pequeñas comparadas con las posibilidades de orientar la producción carbonífera colombiana a mediano y largo plazo hacia la exportación. Hay efectivas perspectivas de mercado en América Latina para los carbones colombianos; las dificultades para desarrollar una industria exportadora son grandes - exploración y estudios de laboratorio y planta piloto que permitan conocer las características de los yacimientos y de sus carbones, infraestructura de explotación, de transporte, de puertos - no obstante, una política carbonífera colombiana claramente definida contribuirá a la superación de tales dificultades, que si bien son considerables, también lo son los beneficios que el país obtendría.

Un primer hecho muy importante en el desarrollo carbonífero del país fue la constitución, en 1976, de la empresa estatal Carbones de Colombia S.A. - CARBOCOL. Esta empresa que está adscrita al Ministerio de Minas, se encarga de la ejecución de proyectos de exploración, exportación, transporte y mercado del carbón.

Los socios mayoritarios de CARBOCOL son las empresas estatales:

- Empresa Colombia de Petróleo ECOPETROL;
- Fondo de Promoción de Exportaciones PROEXPO;
- Instituto de Fomento Industrial IFI.

El Proyecto de Cerrejón

El proyecto que más está avanzando hacia la fase productiva es el de El Cerrejón, en Guajira. Este proyecto comprende dos zonas y la participación de distintos consorcios extranjeros:

Proyecto Cerrejón Zona Central:

Se refiere a 10 000 hectáreas localizadas en el Departamento de la Guajira, extremo Norte de Colombia. La producción de carbón se iniciaría hacia finales del año 82, con un volumen de 300 mil toneladas y se incrementará hasta llegar a 1.5 millones de toneladas a partir de 1984, con posibilidades de expansión. Para el desarrollo de este proyecto se contrataron los servicios del Consorcio Colombo Español DOMI-PRODECO-AUXINI.

Proyecto Cerrajón Zona Norte:

El proyecto se materializó a través de un contrato de CARBOCOL-INTERCOR, subsidiaria de la empresa Exxon, y comprende dos minas de tajo abierto, las cuales serán explotadas hasta una profundidad de 200 mts. La meta actual de producción asciende a 15 millones de toneladas de carbón térmico, destinadas a la exportación. El montaje del proyecto comenzó en 1980 y su operación se hará a partir de 1986. El proyecto incluye además de la exploración y explotaciones mineras, la construcción de un ferrocarril y de un puerto de aguas profundas. El carbón resultante es del tipo bituminoso-térmico con un poder calorífico de 11 800 btu/lb; 0.6% contenido de S; 8.5% contenido de cenizas y 40% de materia volátil.

El contrato de CARBOCOL e INTERCOR contempla 3 etapas, cuyos períodos de realización son los siguientes:

- 1º Exploración: 4 años, que ya terminó con un informe favorable sobre la factibilidad del proyecto.
- 2º Montaje de las instalaciones: 6 años.
- 3º Explotación: 23 años

La exploración comprende una perforación exploratoria de 76 000 mts. A diciembre de 1981 ya se había realizado la perforación de 100 pozos y se había detectado: 60 mantos de carbón, 40 de los cuales con más de 1 m de potencia y la existencia de 1 600 millones de toneladas hasta 200 mts de profundidad. Las instalaciones incluyen:

- Un ferrocarril minero de trocha ancha y de 150 kms de longitud;
- Una carretera paralela al ferrocarril;
- Un puerto en Bahía Portete de aguas profundas, que permita el carguío de barcos de 100 000 a 250 000 ton;
- Canchas de almacenamiento para 1.7 millones de toneladas;
- Instalaciones generales para el personal.

Las inversiones de este proyecto, que alcanzan la importante suma de 2 928 millones de dólares, pueden desglosarse así:

Exploración minera	545 millones de dólares
Instalaciones mineras	300 millones de dólares
Instalaciones portuarias	410 millones de dólares
Ferrocarril	420 millones de dólares

Vivienda	315 millones de dólares
Otras instalaciones	150 millones de dólares
Gastos pre operativos	727 millones de dólares
Varios	61 millones de dólares
	2 928 millones de dólares

El contrato entre CARBOCOL e INTERCOR también incluye la exploración de nuevos usos del carbón tales como: gasificación, licuefacción, mezclas carbón, petróleo, etc. Para 1990 se estima que ya se estaría en un nivel de producción en este proyecto, de 15 millones de toneladas.

A la riqueza carbonífera del país que se reparte en regiones muy distintas, debe agregarse desde el punto de vista de la exportación, la peculiar situación geográfica de Colombia que puede exportar con facilidad a las dos cuencas oceánicas: la del Pacífico y la del Atlántico.

Los pronósticos sobre consumo interno de carbón coquizable, en función de las producciones de acero que se indican, serían los siguientes en millones de toneladas:

Año	Acero total	Arrabio Alto Horno a Coque	Consumo Carbón Coquizable		
			Total	Nacional	Importado
1985	1.5	1.2	1.5	1.5	-
1990	2	1.8	2.3	2.3	-
2000	3	2.8	3.5	3.5	-

Como es obvio, se supone que todo el carbón coquizable que el país necesita para su industria siderúrgica, será de origen nacional.

v. México

México posee la industria carbonífera mejor organizada y que emplea los más adelantados sistemas de extracción en América Latina. Efectivamente, varias de sus minas son a cielo abierto con equipo y métodos modernos, mientras que en las instalaciones subterráneas hacen eficiente uso de equipos de "minero continuo" (road heading) y extracción en frente largo, método que en 1975 representaba el 39% de la producción. La demanda de carbón coquizable de parte de la siderurgia continuará creciendo, mientras que - según planes de la Comisión Federal de Electricidad - el carbón vapor que actualmente genera 3% de la electricidad mexicana aumentaría notablemente teniendo como meta llegar a fines del siglo a representar el 10,4% de la generación eléctrica. En este uso se espera un consumo en 1985 de unos 3 millones de toneladas de carbón al año.

La expansión de la producción carbonífera se verá facilitada por contar con la eficiente organización actual ya mencionada.

Del total de las reservas positivas del país, el 45% corresponden a carbóncoquizable y el 55% restante no coquizable. Se puede establecer que se cuenta con reservas suficientes para unos 70 años, si se considera que el consumo de carbón mineral "todo uno" será aproximadamente de 10 millones de toneladas anuales. En este cálculo se está considerando que SICARTSA seguirá importando carbón.

Del restante 55% de carbón existente no coquizable, una parte será empleada para la generación de energía eléctrica, tal como es el caso de la planta termoeléctrica de Río Escondido, y otra parte en gasificación para su uso en el proceso de reducción directa, donde la economía de trazado de gasoductos sea justificable y así lo sea la instalación de una planta reductora.

Hasta ahora la gasificación del carbón no ha sido utilizada en la industria siderúrgica. Sin embargo se espera que en la segunda mitad de la presente década se adopte la técnica de gasificación en las plantas siderúrgicas integradas para la producción de:

- gas reductor para su inyección en los altos hornos; y
- gas reductor para la producción de fierro esponja.

Actualmente las técnicas que presentan una posible aplicación a nivel industrial durante esta década son los procesos de:

- gasificación en corriente de arrastre, y
- gasificación por oxidación parcial del carbón con aire.

La producción de carbón y coque en México fue la siguiente desde los años 76 al 80 en miles de toneladas:

Año	Carbón		Coque (2)
	Todo uno (1)	Lavado	
1976	5 649	2 499	2 254
1977	6 610	2 916	2 891
1978	6 755	3 084	2 906
1979	7 357	3 125	3 053
1980	7 009	3 054	2 952

(1) Comprende la totalidad de carbón extraído a bocamina, independientemente de su uso.

(2) Incluye el carbón de importación usado para coquización.

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 1980.

En cuanto al destino de la producción carbonífera mexicana, la situación fue la que presenta el cuadro siguiente, en miles de toneladas:

CONSUMO DE CARBÓN MINERAL EN SUS DISTINTOS USOS (1)				
Años	Consumo Total	Industria Siderúrgica	Ind. Minero Metalúrgica y otros	Generación Electricidad
1976	6 089	5 387	581	121
1977	7 385	6 795	465	125
1978	7 887	7 042	689	156
1979	8 579	7 817	762	- (2)
1980	7 401	6 303	1 098	- (2)

(1) Incluye las importaciones de carbón y coque en términos de carbón "todo en uno".

(2) La Central Venustiano Carranza en Río Escondido, Coahuila, no operó durante 1979 y 1980.

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 1980.

De este cuadro se desprende el prácticamente insignificante uso de carbón para generación de energía eléctrica en el país, que se había estimado en el 3% de esta generación.

En relación al consumo de coque propiamente tal en sus distintos usos se tendría las cifras siguientes, en miles de toneladas:

CONSUMO DE COQUE EN SUS DISTINTOS USOS				
Toneladas				
Año	Consumo Total	Industria Siderúrgica	Ind. Minero Metalúrgica	Otras Industrias
1976	2 364 045	2 108 446	186 318	69 281
1977	2 690 815	2 485 863	147 950	57 002
1978	2 944 772	2 641 547	235 579	67 646
1979	3 180 543	2 845 562	252 346	82 635
1980	3 207 860	2 772 660	251 274	183 926

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 1980.

Para México las perspectivas de consumo de carbón coquizable basados en los pronósticos de producción de acero y de arrábido que se indican, serían los siguientes en millones de toneladas:

Año	Acero Total	Arrabio de Alto Horno a Coque	Consumo de Carbón Coquizable		
			Total	Nacional	Importado
1985	11,1	5,0	5,5	3,5	2,0
1990	18,0	8,1	8,8	6,3	2,5
2000	39,0	18,0	20,0	16,0	4,0

Fuente: ILAFA.

De este cuadro se desprende la mayor participación del carbón coquizable nacional en la producción de coque, que de 63% en 1985 pasaría a un 80% el año 2000.

vi. Perú

En Perú, como ya se comentó, MINEROPERU y SIDERPERU están adelantando los estudios de factibilidad para empezar la explotación carbonífera de Oyón y Alto Chicama.

En Oyón, SIDERPERU producirá carbones antracíticos para empleo en la reducción directa y carbones bituminosos para emplearlos en la mezcla que se cargará a la planta coquizadora proyectada para Chimbote.

En Alto Chicama, la empresa polaca KOPEX está estudiando la factibilidad de la explotación. El Complejo Minero Energético del Alto Chicama (formado por MINEROPERU y ELECTROPERU) produciría 1.3 millón de ton/año de antracita para ser consumida por una termoeléctrica de 480 MW. Se cree que la primera etapa de este proyecto, con la mitad de la capacidad final, podría estar operando hacia 1985.

Las perspectivas de consumo de carbón coquizable del país, si se produjeran las cantidades de acero que se indican, sería en millones de toneladas:

Año	Acero Total	Arrabio de Alto Horno a Coque	Consumo de Carbón Coquizable		
			Total	Nacional	Importado
1990	1.5	1.15	1.1	0.3	0.8
2000	2.5	2.0	1.9	0.5	1.4

vii. Venezuela

En Venezuela la producción de carbón mineral es pequeña y corresponde en su mayor parte a las casi 50 mil toneladas anuales que entrega la Mina de Lobatera en el Estado de Táchira y que son principalmente consumidas por la fábrica de cemento en esa región. La C.A. Minas Naricual, en el Estado Anzoátegui, está realizando estudios geológico-metalúrgicos procurando fundamentar una reiniciación de la producción: aunque ella podría ser una realidad en el decenio próximo, su producción máxima llegaría a ser del orden de 600 mil toneladas anuales.

Como se sabe, el proyecto de mayor envergadura en este campo es el de CORPOZULIA, que representará una inversión de unos 130 millones de dólares hasta 1984. La explotación se iniciaría a cielo abierto en 1983 con 400 mil toneladas anuales que aumentarían hasta 4 millones de toneladas de capacidad final. En 1989, la creciente demanda hace prever la necesidad de iniciar la explotación de una segunda mina, que se estudiará y que podría ser a cielo abierto o subterránea.

El carbón que CORPOZULIA produzca desde la Cuenca del Guasare, abastecerá el 55% del carbón coquizable de la coquería que tendrá el proyecto siderúrgico. Hacia 1985 esta coquería estaría consumiendo medio millón de toneladas anuales de carbón venezolano. El proyecto incluye además una planta termoeléctrica, la que hacia 1985 consumiría 600 mil toneladas de carbón. Ambos consumos continuarían creciendo hacia fines del siglo, ocupándose para entonces en la coquería unos 2.1 millones de toneladas anuales de carbones de Zulía y en la termoeléctrica casi 8 millones de toneladas de carbón por año.

Sin embargo, como se expresó en el Capítulo I de este Informe, al tratar los proyectos siderúrgicos de los países latinoamericanos, este Proyecto de CORPOZULIA ha sufrido muy importantes modificaciones, especialmente en lo que se refiere al proceso de reducción. En efecto, como ya se señaló el proyecto ha quedado reducido en el corto plazo a una planta de relaminación, estando los procesos de reducción y aceración sujetos a la respuesta del mercado tanto nacional como internacional. Lo que sí debe destacarse es que en esta estructuración del proyecto, se da especial prioridad al desarrollo de la cuenca carbonífera de Guasare, para usos termoeléctricos.

3. CARBON VEGETAL

Los materiales de origen fósil (petróleo, gas natural, carbón mineral, esquistos, etc.), han acaparado el 70% de la energía consumida en el mundo. Su utilización ha sido tan intensa que se ha temido que el mundo se aproxime al horizonte de agotamiento de estos recursos. Además debe considerarse que están concentrados en relativamente pocos países y regiones, lo

que deja a los países que nos los poseen con inseguridades de abastecimiento o necesariamente entregados a los niveles de precios que fijan los países productores. La crisis del petróleo de 1974, ahorra todo mayor comentario sobre el poder de los países petroleros para vender caro su producto.

En cuanto al carbón mineral, deberá asumir la función de abastecedor de energía, sustituyendo cada vez más al petróleo. A este respecto merece citarse que la Mobil Oil está anunciando para 1983 el inicio de la operación comercial de una destilería para producir gasolina a partir de carbón mineral.

Estas situaciones explican por qué los países han hecho tantos esfuerzos por disminuir el consumo de los recursos energéticos de los que no se auto-abastecen (petróleo, carbón) y de buscar fuentes energéticas alternativas.

Es en esta perspectiva donde el estudio de la biomasa, sus fuentes y sus productos, adquiere su real perspectiva. En el cuadro siguiente se resumen las fuentes, procesos y productos de la biomasa:

B I O M A S A

Fuente	Proceso	Productos
Residuos Urbanos Líquidos	Digestión Anaeróbica	Metano, Dióxido de Carbono, Fertilizantes
Sólidos	Separación Combustión Pirolisis Digestión Anaeróbica	Metales, Vidrio, Papel Vapor, Electricidad Hidrógeno, Monóxido de Carbono Metano, Dióxido de Carbono Fertilizantes
Residuos Agrícolas	Digestión Anaeróbica Hidrolisis	Metano, Dióxido de Carbono Fertilizantes Glucosa, Pentosa, Lignina
Crianza de Animales	Digestión Anaeróbica Deshidratación Pirolisis	Metano, Dióxido de Carbono Fertilizantes Hidrógeno, Monóxido de Carbono
Bosques	Pirolisis Hidrolisis Combustión	Carbón Vegetal, Metanol, Acido Acético, Creosota, Gas Combustible Coque Vegetal, Etanol, Furfuro Vapor, Electricidad, Energía Doméstica.
Otros	Fermentación	Etanol, Dióxido de Carbono Proteínas.

A pesar de la variedad de productos como los indicados, que pueden obtenerse de la biomasa, el uso de este recurso es aún muy escaso. En efecto, menos de un 10% se destina a producción de alimentos, materiales y energía y el resto aún no se emplea, sea porque no se han desarrollado los procedimientos adecuados, o porque no hay un rendimiento apropiado que haga viable su explotación.

Estados Unidos, Asia, India y Brasil han desarrollado programas significativos de utilización de biomasa. En Estados Unidos los programas están relacionados con los desechos urbanos y a la formación de bosques con objetivos energéticos. En la India la mayor atención se ha puesto en los residuos urbanos líquidos y en los de crianza de animales, con aproximadamente 7 000 digestores instalados, en un programa de 100 000.

En Rusia, se destaca el aprovechamiento hidrolítico de cerca de 4 millones de ton/año de madera que produce glucosa y coque vegetal. En Brasil, se están formando bosques para aprovechamiento energético y plantaciones de caña de azúcar y mandioca, destinadas a la producción de alcohol carburante. Las metas son autoabastecerse de las necesidades termoreductoras para la siderurgia con carbón vegetal en 1995 y el 20% de consumo de combustible automotor en 1983.

a. Procesos Siderúrgicos y Fuentes de Termoreductores

Como ya se ha expresado, los materiales termoreductores de mayor uso en siderurgia son:

- Derivados del petróleo;
- Gas natural;
- Carbón mineral - coque;
- Madera - carbón vegetal.

Salvo las inyecciones de petróleo en las toberas de los altos hornos, los dos primeros materiales son usados en reducción directa, por lo que se confirma lo asegurado en distintos acápi-tes de este informe, en el sentido que el termoreductor más importante es el coque y por lo tanto el insumo fundamental para el proceso de reducción, es el carbón coquizable.

En el numeral anterior se dieron antecedentes a nivel mundial y de América Latina sobre este material. Lo que aquí corresponde destacar es la concentración de sus reservas en pocos países y la escasez que existe en general de este recurso para ser usado en la siderurgia latinoamericana.

Por eso países como Brasil, Argentina, México, Chile y Perú se ven obligados a importar grandes cantidades de carbón de países productores: Estados Unidos, Polonia y otros; mientras no desarrollen sus propios recursos carboníferos o alternativos

energéticas basadas en el uso del carbón de madera, en los países que tienen esa alternativa. Entre estos países, es indudable que el que tiene mejores posibilidades es Brasil.

El balance energético de las distintas fuentes para Brasil en 1979 dió las siguientes cifras, en porcentaje, para la producción de arrabio y acero:

	<u>Arrabio</u>	<u>Acero</u>
Carbón	58.4%	49.2%
Petróleo	16.0%	13.5%
Carbón de Madera	15.1%	12.7%
Electricidad	9.3%	23.5%
Otros	1.2%	1.1%
	<u>100.0%</u>	<u>100.0%</u>

b. Producción de Carbón de Madera en Brasil

i. La Explotación Florestal

En páginas anteriores se dieron informaciones sobre el uso del carbón vegetal en Brasil, como elemento reductor.

En este capítulo, que se refiere a los recursos para la industria siderúrgica en Latinoamérica, se hará especial referencia a las reservas forestales que son la base de la producción de carbón de madera en Brasil, y sus procesos de producción.

La mayor producción de carbón vegetal producido en Brasil (80%) proviene de bosques nativos. La explotación de la selva nativa tiene inconvenientes entre los cuales cabe citar: inadecuada infraestructura física; gran variedad de especies y desconocimiento de sus aplicaciones industriales: competencia entre usos alternativos del terreno; escaso retorno de las inversiones.

Las áreas forestales han sido explotadas en 4 formas diferentes:

- Extracción selectiva de las especies más valiosas, lo que ha conducido a la degradación económica del bosque;
- Competencia entre usos alternativos con aprovechamiento parcial de los árboles más valiosos y producción de carbón;
- Explotación con rotación y prácticas regenerativas;
- Reforestación, especialmente con pinos y eucaliptos.

Las dos últimas formas de explotación han sido estimuladas por medio de créditos e incentivos desde 1966, con el establecimiento de una nueva legislación forestal y la creación del Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal. Hasta esa época las áreas reforestadas no pasaban de 500 000 hectáreas, y estaban vinculadas a empresas consumidoras de productos forestales.

Actualmente se han plantado tres millones de hectáreas y se han creado 150 000 plazas de trabajo. A la industria siderúrgica y la del papel les corresponde alrededor del 30% de estos proyectos integrales.

El clima y la ecología favorecen a las zonas tropicales y subtropicales, en relación a las regiones templadas. Así es como en el Norte de Europa y en Norteamérica el rendimiento de un bosque fluctúa entre 2 y 10 m³/há/año y en varios proyectos de Brasil el rendimiento es de 20 a 50 m³/há/año.

El eucalipto ha sido la especie preferida para la reforestación. Su rusticidad, desarrollo y utilidad hacen de él un árbol que no ha encontrado competidor en la selva indígena. Otras especies exóticas se han estado ensayando y se espera, en el futuro, con el desarrollo de las tecnologías de la selvicultura, aumentar con ellas los rendimientos forestales actualmente alcanzados.

El eucalipto se ha adaptado tan bien a las condiciones brasileñas que su rendimiento ha superado al alcanzado en algunos de los países de origen como es el caso de Australia. El bosque de eucalipto es explotado en Brasil a base de un ciclo de 7 años. Amplias investigaciones se han estado realizando para acortar progresivamente los ciclos, por medio de una adecuada selección de semillas, fertilización y normas de espaciamiento de los árboles. Reduciendo, por ejemplo, una norma tradicional de espaciamiento de 3 x 2 m por la de 1.5 x 1 m, el número de árboles y el volumen sólido crece como lo demuestra el cuadro siguiente:

	2 x 3		1 x 1.5	
	19 meses	32 meses	19 meses	32 meses
Altura (m)	6.9	12.71	8.7	11.6
Diámetro (a 1.3m)	6.1	9.79	5.05	6.78
Volumen sólido (m ³ /há)	17.0	66.8	38.4	120.6
Tasa de crecimiento (m ³ /há/año)	10.7	25.1	24.3	45.2
Arboles por hectárea	1 667		6 667	
Fuente: IISI 1980 - Henrique Brandão Cavalcanti				

La disminución del espacio entre los árboles hace la mecanización más difícil y pueden aumentar los costos de producción. Sin embargo, el objetivo último que es minimizar la superficie del bosque por tonelada de madera seca apropiada para la carbonización, se ha mantenido, consiguiendo rebajar esta superficie a la mitad. En efecto, de 0.045 há/m³/año se ha logrado 0.022 há/m³/año.

Como se afirmaba anteriormente, el 80% del carbón vegetal proviene de bosques nativos. Pero ya para 1985 se espera que, gracias a la reforestación, esa proporción de bosques vírgenes descienda al 55%. Esto supone la necesidad de cambios muy significativos. en términos de eficiencia total, la que estará representada por el hecho que la nueva área forestal será alrededor de la mitad de la que hoy día se necesita.

Para una planta de un millón de toneladas al año de arrabio se necesita un área reforestada de alrededor de 300 000 há, 15 000 há plantadas anualmente, para un ciclo de tala de 7 años y tres crecimientos sucesivos.

ii. La Transformación de Madera en Carbón

En el presente, productores pequeños y medianos producen carbón de madera empleando practicas manuales tales como hachas y carretas de bueyes y no exceden de 600 m³/mes. La carbonización se produce en baterías de hornos de albañilería de 3.2 mts de diámetro con una relación de madera a carbón de 4:1 y seis días de ciclo de producción: tres para la carbonización y tres para el enfriamiento. Los hornos son baratos, hechos con materiales locales y tienen una vida útil de doce meses. La operación es así fácilmente trasladable a los frentes de producción. El actual costo de producción es alrededor de US\$ 80 por tonelada.

Los productores mayores, especialmente las empresas integradas, realizan una forestación homogénea organizada en módulos de 2 000 a 3 000 há y una área de talaje de alrededor de 360 há. La operación total incluye 6 etapas básicas: a) Limpieza; b) Corte de los árboles, sea manual o mecanizado, dejando los árboles sin ramas y un tamaño de 4.3 m; c) Transporte a la zona de secado, generalmente hecho con tracción animal; d) Secado, para dejar la humedad en un nivel de 25 a 30% se necesitan 90 días; e) Transporte del área de secado a los hornos de carbonización, que generalmente se hace por camión; f) Carbonización en hornos permanentes. Estos son cilíndricos con techo circular y alrededor de 5 m de diámetro.

La madera es cargada verticalmente desde el fondo y después horizontalmente para llenar bien los espacios vacíos. El encendido se hace por la parte superior y el efecto de carbonización se va produciendo hacia abajo. Cuando el humo empieza a salir por los orificios, éstos son tapados desde el techo hasta

el fondo, de tal manera que el humo sale por la chimenea. Cuando después de tres o cuatro días el humo sale sin color, la chimenea es clausurada y la carbonización está terminada.

El enfriamiento necesita cuatro a cinco días y puede ser acelerado arrojando sobre la superficie externa del horno una mezcla de agua y arcilla, que además previene a las paredes contra el requebrajamiento. El horno se abre y el carbón es cargado en canastos de bambú, para airearlo durante 24 horas antes de ser enviado a las plantas por camión o tren. Todo el proceso necesita aproximadamente 10 días, obteniéndose un carbón con una densidad de 250 kg/m³, con 80% de carbono fijo y 17.5% de materia volátil.

Dos de los aspectos más importantes de la producción del carbón de madera asociada con la explotación del bosque, son los relativos a las oportunidades de empleo y los costos.

Es básicamente una actividad permanente en las áreas tropicales y puede ser compatible con cualquier tamaño de propiedad, sea o no complementario con agricultura. Una ocupación estable para trabajadores rurales no especializados es creada por una inversión tan pequeña como es US\$ 2 000. Además, se reduce la migración a los centros urbanos para estos trabajadores, donde precisamente por su falta de especialización tienen muy pocas oportunidades.

Así es como se desarrolla una tecnología alternativa, basada en recursos naturales renovables con un bajo costo de capital.

Las investigaciones sobre pirólisis continua, han mostrado la posibilidad, en escala de laboratorio, de recuperar las siguientes fracciones:

- Carbón de madera con 86% de carbono fijo:	33%
- Eter de madera (15% de ácido acético)	5%
- Gas no condensado	25%

El saldo de materias sólidas constituido por hojas, ramas y cortezas, puede también ser utilizado, con procesos adicionales como la hidrólisis ácida para la producción de lignito y etanol.

iii. Alternativas Tecnológicas

Las empresas siderúrgicas brasileras que están usando carbón de madera en sus procesos de reducción de los minerales, están también empeñadas en desarrollar alternativas tecnológicas que conduzcan a un mejor rendimiento de la transformación de la biomasa en fuente de energía.

A este respecto y sólo como un ejemplo, cabe señalar los esfuerzos de investigación que está realizando ACESITA, la empresa que con carbón de madera produce aceros inoxidable y aceros al silicio de grano orientado.

ACESITA está realizando investigaciones en los campos siguientes:

1. Aprovechamiento de volátiles;
2. Hidrólisis de la madera;
3. Gasificación de la madera;

- Aprovechamiento de volátiles

Los hornos actualmente empleados por la empresa, aún cuando son eficientes y económicos, no permiten el aprovechamiento de los volátiles, lo que parecería ser viable, por lo que se está implementando el estudio correspondiente. Además, se está realizando un estudio de factibilidad técnico económico para la instalación de hornos continuos, acoplados a las destilerías, que permitan la separación de los subproductos valiosos contenidos en los volátiles de madera.

Según algunos expertos, el tratamiento de 18 millones de toneladas por año de madera para el abastecimiento de la siderurgia brasileña a carbón vegetal, podría originar la recuperación de los siguientes subproductos:

Acido Acético	610 000 toneladas
Metanol	130 000 toneladas
Solventes metilénicos	30 500 toneladas
Acido Fórmico	17 800 toneladas

Fuente: M. Bergonzo. Pirolisis de la Madera

- Hidrólisis de la Madera

Este proceso fue utilizado durante la última guerra y posteriormente abandonado en el mundo occidental, por la competencia con los combustibles fósiles.

La actual carencia de energía ha estimulado a los expertos de ACESITA a investigar este proceso con el objetivo de obtener un termoreductor, combustibles líquidos y otros productos.

Estando la madera constituida por lignina y celulosa, el ataque ácido o enzimático disuelve la celulosa obteniéndose; alcohol, proteínas, materias primas para la industria química y furfurool.

El residuo constituido por lignina de elevado poder aglutinante, puede ser carbonizado aisladamente o mezclado con otros materiales combustibles, originando un termoreductor con características excelentes que reúne la resistencia mecánica y la reactividad del coque con la pureza del carbón vegetal. Considerando solamente los productos combustibles, una tonelada de biomasa puede producir 150 kgs de coque vegetal y 200 lts de alcohol. Debe destacarse que este proceso utiliza los rechazos forestales no aprovechables por vía pirolítica, y que éstos representan más del 25% del total de un bosque.

- Gasificación de la Madera

Dos posibilidades se presentan en esta alternativa: La primera sería la gasificación total de madera con oxígeno produciendo un gas que contiene: CO₂: 30%; CO 22%; H₂: 45%; CH₄: 0.2%; N₂: 2.8%, con un poder calorífico de cerca de 2 000 KCal/m³. La eliminación del CO₂ aumentaría el poder calorífico del gas a 3 000 KCal/m³ que lo haría menos oxidado y apto para reducción directa. Con esta técnica y la utilización de procesos de reducción directa usuales, el consumo sería de 1 tonelada de leña por 1 tonelada de fierro esponja.

La segunda alternativa sería la gasificación parcial de la madera obteniéndose: carbón vegetal y un gas apto a la síntesis del metanol.

El rendimiento energético del proceso de gasificación es más elevado que aquellos conseguidos con otros sistemas de transformación pirolítica de la madera, por lo que este proceso debe merecer especial atención.

En resumen puede decirse que Brasil ha tenido que enfrentar su escasez de energía, que actualmente le significa importar el 36% de su consumo, del cual 33% es petróleo y el saldo es carbón, con soluciones basadas en su propia realidad. Por otra parte, con la mayor parte de la superficie del país localizada en la región tropical, la selva cubre la mitad de su territorio, y en ella hay riquezas energéticas enormes que pueden y deben aprovecharse. Es por eso, que el carbón de madera se ha considerado como una respuesta del país a su crisis energética. Mientras la mayoría de los países desarrollados, desde hace mucho tiempo, han abandonado su uso, reemplazándolo por coque, Brasil está haciendo exactamente lo contrario, pero con nuevas tecnologías que le permitan basar su rápido desarrollo siderúrgico, hasta donde sea posible, en sus propios recursos.

4. GAS NATURAL

A. Situación Mundial

i. Las Reservas

Las reservas mundiales de gas natural en 1980 y medidas en miles de millones de m³, eran las siguientes para cada región:

Bloque Oriental (Rusia, Europa Oriental)	25 780	10 ⁹ m ³
Cercano Oriente	20 960	10 ⁹ m ³
América del Norte	7 920	10 ⁹ m ³
África	5 960	10 ⁹ m ³
Latinoamérica	4 090	10 ⁹ m ³
Europa Occidental	3 830	10 ⁹ m ³
Lejano Oriente y Australia	3 660	10 ⁹ m ³
China	700	10 ⁹ m ³
<hr/>		
TOTAL	72 900	10 ⁹ m ³

Fuente: H.M. Aichinger, G.W. Hoffmann, K. Pittel S.L. N° 254.

Estas cifras muestran que, al igual que el petróleo, en el caso del gas natural, de los 73 billones de m³ comercialmente explotable, más de tres cuartas partes se encuentran en países miembros de la OPEP y en la Unión Soviética. Las reservas de los mayores consumidores occidentales: Estados Unidos y Europa Occidental, ascienden, por el contrario, solamente a 11% y 5% respectivamente de las reservas mundiales. Estas reservas de Estados Unidos y Europa Occidental no pueden sobreestimarse si se considera, como se verá más adelante, que corresponden sólo a 10 veces su consumo actual.

ii. La producción

En 1979 la producción de los países, en miles de millones de m³, fue la siguiente:

EE.UU.	563.0	10 ⁹ m ³
Rusia	390.0	10 ⁹ m ³
Canadá	85.6	10 ⁹ m ³
Países Bajos	83.6	10 ⁹ m ³

Inglaterra	40.8	10^9	m^3
Rumania	34.2	10^9	m^3
México	32.4	10^9	m^3
Irán	30.9	10^9	m^3
Indonesia	23.1	10^9	m^3
Alemania Federal	20.6	10^9	m^3
Noruega	17.3	10^9	m^3
Venezuela	12.1	10^9	m^3
Italia	11.6	10^9	m^3
Arabia Saudita	9.5	10^9	m^3
Australia	9.3	10^9	m^3
Brunei, Malasia, Argelia	8.5	10^9	m^3
Argentina, Polonia	8.3	10^9	m^3

Fuente: op. cit.

iii. El Consumo

Para medir el consumo de gas natural generalmente se utiliza como unidad, la tonelada de carbón equivalente: T.C.E. que equivale aproximadamente a $839 m^3$ de gas natural.

El consumo de las principales regiones en 1979, en millones de TCE y su porcentaje en relación al total fue:

América del Norte	800 millones de TCE	44.9%
Rusia, Europa Oriental y China	540 millones de TCE	30.3%
Europa Occidental	271 millones de TCE	15.2%
Medio y Lejano Oriente	60 millones de TCE	3.4%
Latinoamérica	59 millones de TCE	3.3%
Cercano Oriente	41 millones de TCE	2.3%
Africa	11 millones de TCE	0.6%

Total Mundial	1 782 millones de TCE	100.0%
---------------	-----------------------	--------

Fuente: op. cit.

iv. El Comercio Mundial del Gas Natural

Actualmente se comercializa internacionalmente sólo el 12% de la producción mundial, en forma gaseosa o licuada, de gas natural o gas de petróleo. Si se considera que el 15% de toda la extracción de gas natural es eliminada actualmente quemándose, puede apreciarse su gran potencial comercial inaprovechado.

El comercio y transporte mundial de gas natural licuado (L.N.G.) y gas licuado de petróleo (L.P.G.) con un volumen comercial total de 86 millones de TCE es hoy un importante complemento y un factor estabilizador en el abastecimiento mundial de gas natural.

El volumen comercializado se ha quintuplicado en los últimos 5 años, al pasar de 10 millones de TCE en 1975 a 50 millones de TCE en 1979.

Entre los países exportadores los más importantes fueron en 1979: Argelia con 34%; Indonesia con 26% y Brunei con 22% del total de las exportaciones de L.N.G. El resto se dividió entre Libia con 9%, Abu Dhabi con 5% y los Estados Unidos - Alaska con 4%.

De este total Japón importó 57%, Estados Unidos 21%, Francia 9%, Italia 6%, España 5% e Inglaterra 2%. Japón y España cubrieron con estas importaciones todo su consumo de gas natural.

El comercio mundial de gas natural deberá ampliarse considerablemente durante la presente década para poder satisfacer la demanda especialmente en Europa Occidental, los Estados Unidos y Japón. Por otra parte, hay que destacar que la oferta de gas natural no es tanto un problema de exploración de nuevas fuentes, como de transporte y distribución. Son estos factores los que limitan la oferta. La construcción de ductos submarinos, de instalaciones de licuación y regasificación, como asimismo la extracción y transporte en las regiones heladas, requieren tiempo y grandes inversiones. Además debe tenerse presente lo ya expresado, en el sentido que, al igual que en el petróleo, un aumento considerable en el uso de gas natural en el mundo, depende del volumen de exportación de los países miembros de la OPEP.

B. La Situación del Gas Natural en América Latina

Como ya se expresó, los países latinoamericanos que poseen y explotan sus recursos de gas natural, son México, Venezuela y Argentina, y que sus producciones en 1979 fueron:

32.4 miles de millones de m³ en México;
12.1 miles de millones de m³ en Venezuela;
8.3 miles de millones de m³ en Argentina;

i. México

Aparece como el país de mayor producción en América Latina de gas natural, insumo que, como ya se destacó, es fundamental en el estado actual del proceso de reducción directa, para el cual este país ha hecho aportes tan significativos. Para el futuro se han desarrollado las técnicas del Proceso Hyl III que precisamente permite el aprovechamiento de otros gases para los países que no tienen reservas de gas natural.

Para la distribución del gas natural existe una amplia red de gasoductos que recorren el país desde las zonas productoras a las de consumo. Además, hay en construcción nuevos gasoductos y otros tantos hay en estudio a fin de aprovechar lo mejor posible este valioso recurso del país.

ii. Argentina

En relación al gas natural, se han cuantificado grandes reservas y una inmensa actividad para descubrir nuevas fuentes y su aplicación a procesos siderúrgicos, cuyas características se adaptan a las necesidades del país.

Las reservas comprobadas a fines de 1981 exceden los 650 millones de Nm³ que gravitarán favorablemente sobre el futuro económico del país, pero ha de considerarse además una tasa interesante de incorporación de nuevos volúmenes de reservas. No obstante se debe considerar que la ubicación geográfica actualmente explotada es periférica, en tanto que los actuales centros importantes de industrialización y consumo del acero se sitúan en el centro del borde oriental del territorio nacional.

La consecuencia de ello es que se deben realizar importantes obras de transporte, por lo menos mientras se mantenga la actual distribución geográfica de los grandes consumidores.

Sin embargo, la extensión actual de los gasoductos troncales, que alcanzan a 6 000 kms demuestra que ello no ha dificultado el aumento gradual del uso del gas en el país y que siendo obras rentables, el Estado o el capital privado estuvieron dispuestos a realizarlas.

De mantenerse invariables los actuales consumos, las reservas hasta hoy conocidas serán suficientes por el término de setenta años.

Esto da una idea del amplio margen de disponibilidad de gas, que hacen factible la instalación de nuevas industrias que lo utilicen en volúmenes importantes.

Teniendo en cuenta, por otra parte, la inexistencia de contaminantes y la regularidad de la composición en el gas disponible para el uso, se acentuarán los argumentos favorables para los procesos en que además de su simple uso como combustible, se le utilice en operaciones más calificadas, como transformaciones químicas.

Sin olvidar que el gas natural es la materia prima por excelencia para la petroquímica y posee cualidades incomparables como fuente energética, indudablemente favorecerá el asentamiento de nuevas instalaciones de reducción directa particularmente en ubicaciones relativamente cercanas a los yacimientos donde la menor incidencia del transporte por tuberías, permitirá tarifas que sean particularmente económicas desde el punto de vista de su uso como reductor. Estas ventajas habrán de concluir con el abastecimiento del transporte marítimo de los minerales a importar, instalándose las nuevas plantas en zonas de aguas profundas, que las hay en la costa patagónica. Todo ello podrá llevar a un replanteo sobre la siderurgia argentina, en cuanto a su localización. Por ejemplo, se ha citado a Puerto Madryn como punto ideal para plantas de reducción directa de mineral de hierro para uso nacional y para exportación.

La dificultad que pudiera esperarse en cuanto a la utilización del gas, no sólo para reducción directa sino con la apertura de interesantes posibilidades para la inyección en las toberas de los altos hornos, reside en la capacidad de transporte desde los yacimientos a los puntos de consumo, pero la existencia de un plan de obras a realizar en el sector gas, comprendida dentro del plan energético global diseñado para el país, facilita la previsión de los lineamientos a seguir en esta actividad industrial. Por otro lado, el transporte del gas, que desde el punto de vista señalado presenta un aspecto negativo, desde el ángulo de la demanda de chapa ancha estructural para la construcción de gasoductos se vuelve favorablemente para la industria siderúrgica.

iii) Venezuela

Ha sido un país típicamente petrolero, lo que ha tenido como consecuencia que solamente en las dos últimas décadas se ha promovido la utilización del gas natural. Así es como en el año 1970 el 61% del gas producido era arrojado a la atmósfera, mientras que en 1978 esta pérdida se redujo solo al 7%.

Si se considera los consumos de energía por tipo, entre los años 1970 y 1978 se llegaría a las participaciones siguientes:

	1970	1978
Gasolina	33.64%	32.39%
Otros derivados	33.82%	27.94%
Gas natural	22.16%	29.60%
Combustibles sólidos	2.94%	2.19%
Electricidad	7.44%	7.88%
	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

Fuente: Diagnóstico del Sistema Energético Venezolano. - Ministerio de Energía y Minas.

Estas cifras revelan importancia creciente que ha adquirido el gas natural en el país.

En cuanto a reservas de gas, la cifra indicada de 12.1 miles de millones de m³ están en su totalidad asociados a las reservas petroleras, cuya localizaciones principales están en Maracaibo y en la Faja Petrolífera del Orinoco. En esta última zona se encuentra un 30% de las reservas de gas.

La industria siderúrgica ha aumentado considerablemente el consumo de gas con la instalación de las plantas de reducción directa, a las que ya se ha hecho referencia en este informe.

Si se compara la participación de los distintos tipos de energía en los consumos de la industria siderúrgica venezolana, entre los años 70 y 78 se tendría los porcentajes siguientes:

	1970	1978
Derivados del petróleo	10%	3%
Gas	8%	58%
Combustibles sólidos	26%	9%
Electricidad	56%	30%
	<hr/> 100%	<hr/> 100%

Fuente: Diagnóstico del Sistema Energético Venezolano. - Ministerio Energía y Minas.

iv) Bolivia

Aunque Bolivia, en terminos comparativos, tiene una producción de gas, inferior a México, Venezuela y Argentina, ha parecido conveniente dar información sobre esta fuente energética, especialmente porque el futuro desarrollo de su mineral del Mutún está relacionado con ella, como ya se manifestó al considerar el Proyecto de SIDERSA, en el Capítulo I de este informe.

PRODUCCION DE GAS NATURAL

(en millones de m³)

<u>Año</u>	<u>Producción</u>
1970	865.5
1971	2 296.5
1972	3 423.8
1973	4 282.8
1974	4 082.3
1975	3 874.0
1976	4 451.1
1977	4 309.0
1978	4 456.4
1979	4 529.5
1980	4 780.8

Fuente: Junta Acuerdo de Cartagena - Indicadores Socioeconómicos
70-80

Debe tenerse en cuenta también que el gas natural ha tenido una importancia creciente en las exportaciones del país. Es así como los 9.9 millones de dólares CIF en 1972, aumentaron a 222.5 en 1980 y la participación en el total de las exportaciones del país, subió entre los mismos años de 4.1% a 21.5%. Todas las exportaciones se efectuaron a Argentina.

5. FERROALEACIONES

Las ferroaleaciones son aleaciones con alto porcentaje de uno o más metales y de hierro, que se agregan durante el proceso de afino y al término de él - etapa líquida aún del hierro y el acero - con el fin de obtener propiedades deseadas en el metal final, lo que se logra al fundirse y disolverse fácilmente las ferroaleaciones en el baño.

Sus misiones principales son: actuar como desoxidantes y desulfurantes, mejorar propiedades físicas y mecánicas, dar resistencia a la corrosión, regular el tamaño de los granos y aumentar la respuesta frente a los tratamientos térmicos.

Al comienzo las ferroaleaciones consistían principalmente de hierro y tenían en menor proporción el otro metal que se deseaba incorporar al acero con los fines antes descritos. La mayoría de estas aleaciones eran producidas en el alto horno. El principal ejemplo es el "spielgeleisen" (o "spiegel"), que tiene entre 10 y 28% de Mn, en tanto que contiene más de 60% y hasta casi 80% de hierro. En la práctica se emplea actualmente muy poco "spiegel" y la tendencia es a abandonarlo; igualmente se utiliza cada vez menos el alto horno para producir ferroaleaciones.

Posteriormente evolucionó el método de producción hacia el empleo de hornos eléctricos de reducción (electrotermia) - que es el sistema predominante hoy en día - y en menor medida a los procesos metalotérmicos, o sea, aluminotermia, silicotermia o aluminosilicotermia. Asimismo, las ferroaleaciones pasaron a tener relativamente poco hierro (del orden de 20-25% Fe y a menudo menos de 10% Fe), aumentando el tenor del otro metal principal a 50 - 75 - 85%.

El horno eléctrico de reducción ha ido ganando importancia en la producción de varios metales y aleaciones, mostrándose como una unidad de fusión muy versátil para la producción de ferroaleaciones. Especialmente en el caso de aquellas con alto punto de fusión, como el ferrocromo, y las que tienen elevado contenido de silicio, el horno eléctrico no tiene prácticamente competidor. Desde sus modestos comienzos ha tenido un notorio aumento de tamaño, duplicando prácticamente cada siete años la capacidad de transformador.

i) Principales Ferroaleaciones

- Ferromanganeso: Se clasifica en tres tipos: alto, medio y bajo carbono. El ferromanganeso de alto carbono (70 a 82% de Mn) es el de mayor consumo. Se adiciona a efectos desoxidantes y desulfurantes. Endurece la ferrita, afina la perlita, aumenta la profundidad de temple y proporciona resistencia a la abrasión y a las altas temperaturas. Los altos contenidos de manganeso permiten obtener aceros austeníticos por temple. En las fundiciones su objetivo principal es controlar el azufre (desulfuración) y obtener estructura perlítica. El 90% del consumo mundial de manganeso se dedica a la industria siderúrgica y de fundición (arrabio y acero).

El ferromanganeso de alto carbono se fabrica en horno eléctrico de reducción y los tipos medio y bajo carbono combinan la reducción en hornos eléctricos con procesos sílico y/o aluminotérmicos.

- Ferrosilicio: Los tipos más usados son los de 50 y 75% de Si. El Si es uno de los 5 elementos presentes siempre en todo acero además del Fe (Mn, C, S y P). Después del oxígeno es el segundo elemento más abundantes en la naturaleza, pues se calcula que la corteza terrestre lo contiene en la proporción de 27.77%. Se usa como desoxidante en los aceros. Como aleación se usa para aumentar la resistencia a la tracción, el límite elástico y la resiliencia a temperatura ambiente. En los aceros al carbono aumenta la templabilidad, y junto con el manganeso se usa también en los aceros para resortes. En las fundiciones se emplea como inoculante, ya que es grafitizante y favorece la formación de ferrita.

Se fabrica en hornos eléctricos de reducción.

- Silicomanganeso: Los más corrientes son los que contienen 65% de manganeso y 20% de silicio. El silicomanganeso, ferrosilico-manganeso o ferromanganeso-silicio, constituye un insumo para la fabricación de ferromanganeso medio y bajo carbono.

Presenta ventajas para los productores y para el usuario: para el primero, el hecho de permitir un aprovechamiento más equilibrado y completo de las materias primas, y para el segundo, mayor concentración total de elementos activos, lo que trae consigo menores tiempos de disolución y menores costos de transporte y manejo, menor contenido de carbono y menor distribución de las inclusiones.

- Ferrocromo: Existen más de treinta grados normalizados, pero se pueden agrupar en cuatro: alto, medio y bajo carbono y conteniendo nitrógeno. Casi todas las calidades de ferrocromo tienen entre 50 y 70% de cromo.

El cromo con el carbono contenido en los aceros forma carburos, reduce el carbono de la perlita, eleva la temperatura de transformación de la austenita y los convierte en inoxidable. Los aceros inoxidables al cromo pueden ser ferríticos (más de 20% de Cr), martensíticos (menos de 13% de Cr) y austeníticos, generalmente al CrNi (18-8).

El cromo en el acero reduce la formación de la fase gama, por lo cual una aleación con 13% de cromo está constituida a la temperatura ambiente por la fase delta. Con más de 30% de cromo se forma una nueva fase llamada sigma (FeCr).

El tipo alto carbono se fabrica en hornos eléctricos de reducción. Los tipos medio y bajo carbono, en hornos eléctricos de arco (acería) o por el proceso Perrin.

- Ferroníquel: Se usa por lo general con un contenido de aproximadamente 30% de níquel, el que no forma carburos en el acero. Se utiliza para la fabricación de imanes permanentes, resistencias y cables eléctricos. Forma parte de la mayoría de los aceros inoxidable y refractarios. Hasta 5% confiere a los aceros dulces mayor resistencia y dureza; pasado ese porcentaje los torna frágiles. Se adiciona para aumentar la resiliencia en frío. En las fundiciones se aprovechan sus condiciones grafitizantes. También, para formar piezas que resistan a la abrasión, al calor y la corrosión debido a su tendencia a formar martensita y austenita. Se fabrica en hornos eléctricos de reducción.

- Ferromolibdeno: Es un gran formador de carburos. En el acero endurece la ferrita y aumenta la templabilidad de la austenita. Aumenta la profundidad de temple, reduce la fragilidad de revenido, mejora la resistencia a la tracción y la fluencia en caliente. Se utiliza en aceros para herramientas y aceros rápidos. En fundición se usa para obtener estructuras aciculares, las que tienen mayor resistencia a la fatiga, tenacidad y resistencia en caliente.

Su fabricación se realiza en forma combinada: horno eléctrico y proceso metalotérmico, obteniéndose dos tipos: alto y bajo carbono, con 55 y 60% de molibdeno, respectivamente.

- Ferrovanadio: En sus grados más empleados contiene entre 50 y 70% de vanadio. En el acero incrementa la dureza de la ferrita y la templabilidad. Afina el grano, y por ser un gran formador de carburos, se dificulta el revenido secundario por endurecimiento. Forma nitruros. Se emplea para fabricar aceros para resortes y cojinetes. Al mejorar la resistencia a la tracción y al impacto de los aceros de alto carbono se usa también para herramientas. Mejora la dureza en caliente, al ser usado en porcentajes altos, del orden del 2 a 4% en aceros rápidos. En la fundición se usa como formador de carburos y perlitizante. Se emplea en la fabricación de camisas para motores diesel. Se fabrica por aluminotermia.

- Ferrotungsteno: El tipo estándar contiene 72 a 82% de tungsteno. En el acero, además de elevar bastante el punto de transformación superior, el tungsteno o wolframio forma carburos complejos que proporcionan mayor resistencia al desgaste y dureza. La condición que aporta de mantener estas características a elevadas temperaturas hace al acero que contiene wolframio especialmente adecuado para herramientas, usándose casi siempre junto con el vanadio y el molibdeno. Se emplea también en la fabricación de imanes permanentes.

Se fabrica por calentamiento en crisol mediante arco radiante (3 000°C aprox.) y también metalotérmicamente.

- Ferroniobio (o ferrocolumbio): Incrementa la resistencia de los aceros de bajo carbono. Forma carburos muy estables. Debido a la gran afinidad del niobio por el carbono, se usa como estabilizador de los aceros inoxidables, que por contener mucho cromo debe impedirseles la precipitación intercrisalina, lo que a su vez empeoraría la resistencia a la corrosión. Se presenta siempre el niobio asociado al tantalio, los que suelen sumar en la aleación alrededor de 55%. Se emplean para resistir elevadas temperaturas en reactores naturales y en válvulas electrónicas, aleados con tungsteno, titanio y molibdeno (hasta 5% niobio). Se fabrica por aluminotermia.

A. La Ferroaleaciones y los Aceros

- Aceros al Carbono: Tienen un contenido máximo de 1.9% C. Sus porcentajes máximos en otros elementos son:

Mn 1.65; Si 0.6; Mn + Si 2.0; P 0.12; S 0.10; P + S 0.2; Ni 0.2; Cr 0.2; W 0.2; Cu 0.4; Mo 0.05; V 0.05; Co 0.3; Pb 0.1.

A su vez, los aceros al carbono se agrupan en:

- Aceros suaves o bajo carbono (mild steel): Tienen 0.06 a 0.25% C, siendo este último contenido de carbono el máximo para los aceros fácilmente soldables.
- Aceros semiduros o al medio carbono: (medium hard steel + medium carbon steel): Con 0.26 a 0.50% C.
- Aceros extraduros o alto carbono: 0.6 hasta 1.5% C.

- Aceros aleados: Los aceros aleados contienen mayores cantidades de uno o varios de los elementos indicados en los aceros al carbono, o bien otros elementos adicionales. De acuerdo al caso, se les llama aceros al manganeso, al silicio, al cromo, al níquel, etc.

Otros aceros aleados serían:

- Aceros austeníticos: Son aceros aleados, cuya estructura normal a la temperatura ambiente es austenítica.
- Aceros de alta resistencia mecánica y tenacidad: Para maquinaria y equipos generalmente al Ni-Cr, al Mo, etc.
- Aceros herramienta: Aceros aleados al carbono, que después de templarse y revenirse, quedan con elevada dureza, por lo que pueden deformar, cortar o romper otros aceros o materiales.
- Aceros de corte fácil: Al alto azufre y fósforo, y que se maquinan con facilidad.
- Aceros indeformables al temple: Al Mn, Mo y Cr.
- Aceros inoxidables: Contienen un mínimo de 12% Cr; además pueden contener otros elementos. De acuerdo a las características microestructurales, pueden ser ferríticos, martensíticos, austeníticos y de endurecimiento por precipitación.
- Aceros al silicio: Para láminas de transformador.
- Aceros refractarios: O resistentes a la oxidación a altas temperaturas. Al Níquel-cromo, al cobalto, al molibdeno, etc.
- Aceros para imanes permanentes: Al tungsteno, aluminio, níquel y cobalto.
Considerando las variantes en procesos de desoxidación, hay aceros muertos o calmados; semicalmados; capados o tapados; vivos o efervescentes.
- Aceros calmados: (Killed steel): Son los aceros desoxidados con un desoxidante energético, como Al o Si, con el fin de reducir al mínimo el contenido de oxígeno, evitando reacciones entre el carbono y el oxígeno durante la solidificación. Este tipo de acero da rechupe (o cavidad) en la parte central

superior de la lingotera y se caracteriza por una ligera variación de la composición química desde la superficie al centro y desde la parte superior a la inferior del lingote.

- Aceros semicalmados (semi-killed): Son aceros desoxidados en forma incompleta con el fin de permitir el desprendimiento de CO suficiente para compensar la contracción por solidificación. Su composición química es menos uniforme que en los aceros calmados.
- Aceros capados o tapados (capped steel): Aceros en los que, luego del vaciado, se detiene la acción efervescente por tapado mecánico (moldes de cuello de botella, tapas pesadas) o por la adición de desoxidantes energéticos en la parte superior del lingote (Al y/o ferrosilicio). Esto origina que esta parte se solidifica rápidamente. En estos aceros, de efervescencia vigorosa, se forma al corto tiempo una piel con una concentración de elementos químicos inferior al núcleo del lingote. Se tapan mecánicamente o químicamente para obtener un producto homogéneo.
- Aceros efervescentes (rimmed steel): Tienen normalmente menos de 0.25% C y de 0.60% Mn y su composición química no es uniforme, debido a la intensa formación de gas durante la solidificación de la parte exterior del lingote. Característicamente presentan marcadas diferencias tanto transversal como longitudinalmente en el lingote. La piel en especial tiene menos % de C, P, Mn y S que el promedio del centro de lingote.

Las reservas y producción principales se detallan en el Cuadro N°20.

CUADRO Nº 20

RESERVAS Y PRODUCCION DE METALES DE ALEACION PARA 1981

(En miles de toneladas métricas)

País	Manganeso		Cromo		Niquel		Molibdeno		Vanadio		Tungstenio		Niobio	
	res.	prod.	res.	prod.	res.	prod.	res.	prod.	res.	prod.	res.	prod.	res.	prod.
Australia	330	2.2							780	1.3	240	7.3		
Austria											40	3.0		
Bolivia											87	7.0		
Brasil	95	2.3									40	2.6	6.500	12.7
Canada					8.600	190	1.400	24.0			950	6.0	125	1.6
Corea											180	6.0		
Cuba					3.400	40								
Chile							5.400	26.0						
China	50	1.7							5.200	11.0	3.000	30.0		
Estados Unidos					2.700	15.6	11.800	145.0	230	10.6	550	7.0		
Filipinas			3	0.6										
Finlandia			28	0.2					280	5.4				
Gabón	159	1.8												
India	50	1.8												
Nueva Caledonia					15.000	50								
Nigeria														
Perú							500	2.0						
Sudáfrica	2.200	6.6	2.500	3.4					17.200	24.0				
Turquia			6	0.4							170	2.0		
U.Soviética	2.400	11.4							16.000	24.0	470	19.5	700	0.7
Zaire													200	
Zimbabwe			1.100	0.6										
Ot.Ec.Merc.	63	1.1	14	1.0	22.000	250	600	1.8	1.100	2.2	388	20.0		
Ot.Ec.Planif.	25	0.1	23	4.0	8.100	170	2.000	25.0			250	5,0	375	0.4
TOTAL MUNDIAL	5.400	29.0	3.700	9.9	54.800	716	21.700	223.8	40.800	78.5	6.400	115.4	7.900	15.4

Fuente: US Bureau of Mines - Mineral Commodity Summaries/1982. Para niobio: Sthal und Eisen 1982 nº13.

B. Situación en América Latina

De los datos anteriores sobre reservas y producción de los metales de aleación, en el mundo, se deduce que América Latina tiene reservas importantes a nivel mundial de:

Manganeso y niobio en Brasil

Níquel en Cuba

Molibdeno en Chile

Tungsteno en Bolivia

Ello no significa que otros países latinoamericanos no tengan reservas y producción de metales de aleación sino que, por su menor cuantía, no han alcanzado a aparecer en las estadísticas mundiales señaladas. Tal es el caso de México que tiene reservas de manganeso y molibdeno; de Chile que tiene reservas de vanadio; de Colombia que tiene reservas de níquel. Considerando la importancia actual o futura que tiene para algunos países, las reservas, se analizan más adelante los casos de México, (manganeso y molibdeno); de Colombia (níquel); de Bolivia tungsteno y de Brasil (niobio).

i) México

Los yacimientos singenéticos de la región de Molango, bien identificados y cuantificados, aunque carbonatos de sólo 27% Mn. se han convertido en reservas económicamente explotadas gracias a la avanzada tecnología empleada en su beneficio. La región de Molango tiene además óxidos de manganeso del mismo origen singenético, pero con enriquecimiento secundario, que están siendo explotados económicamente tanto para su uso en ferroaleaciones como para baterías.

Los yacimientos de manganeso de las riolitas terciarias del Norte del país (Durango, Chihuahua y Sonora) son difíciles de cuantificar; ocurren en vetas trameras de origen hidrotermal y fumarólico con enriquecimiento secundario; constituyen la principal fuente de abastecimiento de minerales naturales del 40% manganeso y bajo hierro, esenciales para la manufactura de ferromanganeso estándar. En el Altiplano Central (San Luis Potosí y Zacatecas) se encuentran las lutitas manganosíferas, que por movilización epigenética a estructuras favorables han resultado en los depósitos de alta ley que se explotan en minas subterráneas y de tajo abierto. Existen además por casi todo el territorio nacional muchos otros depósitos no cuantificados, tales como los mantos de origen diagenético del sur del país, que en años anteriores fueron los principales abastecedores de manganeso mexicano, así como el manganeso de rellenamiento de fracturas y cavernas en calizas que encontramos principalmente en la región Lagunera, en las inmediaciones de una planta de ferroligas.

En lo que se refiere a molibdeno, con casi 1% de las reservas mundiales, México puede ser autosuficiente en este elemento y sin embargo hasta este año lo ha estado importando. Casi todos los yacimientos hasta hoy descubiertos son porfíricos con diseminación principal de sulfuros de cobre, en los cuales el molibdeno es un mineral accesorio. No siendo viable la explotación por cobre, no hay producción de molibdeno.

La Caridad, en Sonora, será el principal productor de molibdeno posiblemente de 1985 en adelante, cuando empiece la recuperación del molibdeno contenido en la porción oriental de este yacimiento de cobre (ahora en preparación), donde se ha encontrado un enriquecimiento importante de molibdenita con leyes hasta de 0.4% Mo.

San Judas Tadeo es una chimenea de brecha con 0.99% Mo y contenidos menores de cobre, en la actualidad en estudio de viabilidad de explotación. Igualmente en una chimenea brechada se encuentra un cuarzo con molibdeno en Pánuco, Coahuila; esta mina está actualmente en preparación y su producción comenzará este mismo año. Principalmente en la Sierra Madre Occidental, desde Sonora hasta Jalisco, existen muchos otros prospectos de cobre-molibdeno aún no plenamente identificados, por lo que en el futuro se carecerá de molibdeno para ferroligas.

ii) Colombia

Las solicitudes iniciales de concesión para la exploración y explotación del mineral de níquel de Cerro Matoso fueron hechas en 1956 por una subsidiaria de la Standard Oil Company of California (SOCAL). El yacimiento se encuentra en el Municipio de Montelíbano, Departamento de Córdoba. En 1960 SOCAL entró en un convenio de empresa conjunta con la Hanna Mining Company de Cleveland, Ohio, en proporción 50/50 para desarrollar el yacimiento. La Hanna produce ferroníquel desde comienzos de los años 50 en Cerro Matoso. En 1960 se iniciaron además los programas de perforación para la determinación de las reservas de Cerro Matoso.

El contrato de concesión fue firmado en 1963. Entre 1963 y 1970 se realizaron una serie de negociaciones entre las compañías extranjeras y el gobierno colombiano, las cuales desembocaron a un cambio de la estructura del proyecto en Julio de 1970. En efecto, por una parte entró el Gobierno a participar como socio del Proyecto a través del Instituto de Fomento Industrial (IFI), quedando este último con un tercio de la concesión y un tercio de la inversión dentro de un contrato de empresa conjunta; por otra, Hanna y SOCAL quedaron con los dos tercios restantes a través de la Compañía de Níquel Colombiano, S.A. (CONICOL). Dentro de esta empresa, Hanna es socio mayoritario y SOCAL participa por intermedio de la Chevron Petroleum Company.

Poco después, en Diciembre de 1970, se constituyó la Empresa Colombiana de Níquel Ltda. (ECONIQUEL), filial del IFI, la cual recibió los deberes y derechos que detentaba anteriormente el IFI en el Proyecto de Cerro Matoso. Así, desde 1970 el Proyecto se ha desarrollado bajo la forma de una empresa conjunta entre ECONIQUEL, empresa del Estado Colombiano, con un tercio de la participación y las compañías extranjeras ya mencionadas con dos tercios de participación por intermedio de CONICOL.

El proceso que se utilizará en Cerro Matoso ha recibido el nombre de RKEF, del inglés "Rotary Kiln Electric Furnace Process". Los primeros ensayos de planta piloto se llevaron a cabo entre fines de 1972 y comienzos de 1973 en Fiskaa, Noruega. Las últimas campañas de planta piloto finalizaron en Enero de 1976 en Riddle, Oregón, en una operación continua con flujos de mineral de 2.2 toneladas métricas secas por hora.

Probado así el esquema de flujo completo, se procedió a la elaboración del estudio de factibilidad, el cual fue terminado en Junio de 1976. Este estudio contempla una inversión total de 300 millones de dólares para la construcción de un complejo minero-metalúrgico, obras de infraestructura y facilidades de vivienda.

La planta metalúrgica tendrá capacidad para procesar 120 toneladas métricas secas por hora de mineral. La producción promedio anual para los 25 años que contempla el estudio será de 42 millones de libras de níquel por año (19 000 toneladas métricas) contenidas en ferroníquel de un 35 a 40% de níquel.

iii) Bolivia

El año 1968, por encargo especial del Gobierno de Bolivia, la empresa consultora Arthur D. Little realizó un extenso estudio de las oportunidades de producción en varios rubros de tipo industrial, minero-metalúrgico y otros, a fin de seleccionar los productos que deberían ser asignados a Bolivia dentro del Acuerdo de Cartagena (Pacto Andino).

Como consecuencia de este estudio, la Empresa Nacional de Fundiciones (ENAF) tomó a su cargo la ejecución del proyecto de producción de ferroaleaciones en Bolivia, basando su producción especialmente en ferrotungsteno, debido a la abundancia de wolframita en Bolivia. El otro producto considerado como adecuado era el ferrovanadio, que ofrecía una mejor alternativa económica comparada con las otras ferroaleaciones estudiadas: FeCr, FeNi, FeTi, FeSi, etc.

ENAF continuó con la ejecución de este proyecto y luego de haber realizado la selección de tecnologías, contrató los servicios de SKODA-EXPORT para la realización del estudio de factibilidad que incluye la ingeniería del proyecto en base a la tecnología checoslovaca procedente de Hutny Project (Bratislava). El proyecto fue concluido en 1976.

La actual producción de concentrados de tungsteno en Bolivia, especialmente wolframita, y sheelita, justificarían la instalación de dos plantas independientes: una para la fabricación de ferrotungsteno y otra de amonio para tungstato, tungsteno en polvo y carburos metálicos, productos que gozan de las ventajas arancelarias en el Pacto Andino.

Por razones de mercado, por la substitución de ferrotungsteno por sheelita y debido a la escasa rentabilidad del proyecto, comparativamente con la instalación de otras plantas metalúrgicas que ENAF está instalando, la decisión de ejecutar esta industria ha sido postergada.

El estudio parte del concepto de que podría instalarse una planta que produzca una amplia gama de ferroaleaciones. Sin embargo, como resultado de la investigación realizada por A.D.L. se determinó que no existen en Bolivia importantes mineralizaciones de níquel, titanio, vanadio, cromo y molibdeno. Existen reservas substanciales de tungsteno, y se evidencia la presencia de titanio (ilmenita) en el Noroeste de Bolivia, y se podría concentrar minerales de boro que existen, aunque no se explotan comercialmente.

Sin embargo, desde el punto de vista del aprovisionamiento de las materias primas, es posible basar la producción de la planta en las denominadas ferroaleaciones especiales base Ni, Ti, V, Cr y Mo únicamente en minerales importados. Siendo factible la producción de FeW y FeB basada en producción nacional. En el caso especial de la producción de minerales de tungsteno, Bolivia ocupa el segundo lugar en el mundo.

iv) Brasil

Considerando la importancia del niobio, como base fundamental para los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA); el amplio uso que se está dando a estos aceros en múltiples aplicaciones; y el hecho que en Latinoamérica, concretamente en Brasil, están radicadas más del 80% de las reservas mundiales, ha parecido necesario dar mayores antecedentes sobre este metal y sus efectos en los aceros. Para ello se han extractado algunos estudios presentados en el Seminario Ferroaleaciones 1978.

Aún cuando el niobio haya sido adicionado al acero inoxidable en 1933 y al acero de herramientas con anterioridad a dicha fecha (1925), el año 1941 fue el hito más significativo con respecto al uso futuro del niobio en aceros estructurales corrientes. En ese año se otorgó en los Estados Unidos una patente que describía los cambios de propiedades que resultaban cuando "se adiciona entre 0.02% y 1% de niobio al acero al carbono no aleado". La patente describía los efectos de las adiciones de niobio desde el punto de vista del "afino de granos y mejoramiento del límite aparente de elasticidad, resistencia a la tracción y resistencia al impacto".

En esa época la industria mundial del acero no manifestó interés especial, debido a la falta de especificaciones que habrían permitido el diseño con aceros de resistencias más elevadas, y debido a la ausencia de un suministro pronto de ferrocromo a un precio razonable.

A fines de la década de 1950, sin embargo, se había intensificado la demanda por aceros estructurales soldables de mayor resistencia y de mayor tenacidad, a consecuencia de que entre los metalurgistas había una mayor conciencia del hecho de que la resistencia a la fractura frágil era un requisito necesario en algunas estructuras críticas. Tanto las industrias de la construcción naval como también las del transporte de gas natural, empezaron a especificar chapas gruesas de mayor resistencia y/o de mayor tenacidad, y sus diseñadores empezaron a comprender las importantes variables metalúrgicas que controlan las propiedades de los aceros estructurales al carbono.

En 1957, pruebas no publicadas y efectuadas en la región de Pittsburgh, demostraron que la resistencia de la chapa gruesa estructural podía ser aumentada mediante adiciones muy pequeñas (aproximadamente 0.015%) de niobio, pero que la tenacidad de esos materiales no era buena. Quizás el primer informe oficial de la producción de aceros tratados con niobio, en los Estados Unidos, fuera el de Altenburger en 1960. Los productos de calibres más delgados, descritos por Altenburger, no adolecían de falta de tenacidad, y la comercialización de estos productos de laminadores de bandas, empezó poco tiempo después. En esta misma época, en Europa, Colvilles (ahora BSC) inició el uso del niobio, empleando cantidades muy pequeñas (aproximadamente 0.005%) para satisfacer los requisitos mínimos de límite aparente de elasticidad de los perfiles estructurales laminados en caliente. Posteriormente, Colvilles extendió la aplicación del niobio a otros productos.

Estas primeras pruebas y aplicaciones comerciales produjeron un fuerte interés por la metalurgia de los aceros microaleados, en particular fuerte interés por la metalurgia de los aceros microaleados, en particular por los tipos tratados con niobio, que en último término culminó en el desarrollo de los modernos aceros HSLA (High-Strength Low-Alloy = de alta resistencia y poco aleados) al niobio, que actualmente están siendo comercializados por muchos productores de acero en todo el mundo, como se ha hecho referencia en el Capítulo II de este Informe.

Aún cuando sea discutible donde y cuando se adicionó por primera vez niobio a los aceros estructurales al carbono, poca duda cabe de que la contribución máxima a la definición de sus mecanismos de crecimiento de la resistencia y de la tenacidad fuera hecha primordialmente en Inglaterra en los Laboratorios

de BISRA y de United Steel (ambas compañías forman parte ahora de la British Steel Cooperation). Gran parte de la investigación fundamental, que guiara estos esfuerzos, fue llevada a cabo por Woodhead y sus estudiantes en la Universidad de Sheffield durante la década de 1960.

Desde entonces, el procesamiento controlado de los aceros al niobio, con miras a optimizar la resistencia y la tenacidad, ha sido perfeccionado a una tecnología precisa en las plantas de laminación de chapa gruesa y bandas de Alemania, Italia, Francia, Gran Bretaña, Canadá, Japón y los Estados Unidos, siguiendo las demandas de la década de 1970 por aceros de gran resistencia y tenacidad para conductos de tubería y otros aceros HSLA.

- Aplicaciones del Niobio

Banda: El primer acero tratado con niobio, comercialmente disponible, lo produjo la Great Lakes Division de National Steel en forma de chapa laminada en caliente, de calibre delgado. Este producto se introdujo en 1962 y se llamó GLX-W, y proporcionaba un límite aparente de elasticidad mínimo de 45-60 000 psi (310-444 MPa). La resistencia de este producto se logró mediante un afino limitado del grano de ferrita y un acrecimiento de la resistencia por precipitación de carburos de niobio durante el enfriamiento. Sin embargo, no se apreciaron en esa época el valor de la deformación por debajo de la temperatura de recristalización de la austenita (para maximizar el afino del grano) ni el provecho del afino del grano de ferrita por el control de la temperatura de transformación.

La próxima etapa en el desarrollo de la banda microaleada al niobio laminada en caliente fue retrasada por varios años después de que Jones and Laughlin Steel usara vanadio y nitrógeno como adición de microaleación e introdujera VAN 80 en 1969. Este producto hizo que se dispusiera de un acero de grano fino con un límite aparente de elasticidad de 80 000 psi y un mínimo en cuanto a calibres hasta aproximadamente 0.25" (6 mm), que era substancialmente más resistente que GLX-W y se acercaba a la resistencia del acero templado y revenido.

Investigadores posteriores establecieron que el procesamiento óptimo de los aceros HSLA, laminados en caliente en un laminador de banda, permitía que el vanadio fuese eliminado completamente, ya que para los contenidos de carbono involucrados (0.05-0.15%) el niobio es suficientemente soluble durante el recalentamiento para proporcionar un extenso afino del grano y un acrecimiento de la resistencia por precipitación durante el enfriamiento en la bobina de banda.

La investigación actual en el campo de la banda laminada en caliente, que contiene niobio, se concentra en los medios de como aumentar el espesor de banda disponible, al nivel de 80 Kpsi (552 MPa), superando el espesor actualmente de 0.3" (7.6mm).

Niobio en chapas gruesas: El incentivo especial para la producción de acero tenaz y de mayor resistencia, para chapas gruesas, resultó de las exigencias de la industria del gas natural de contar con medios económicos y seguros, para el transporte de gas a alta presión en un gasoducto. Debido a las restricciones de diseño existentes, el único medio de aumentar el caudal de gas natural en un sistema de transporte, era el de usar una tubería de mayor diámetro y una mayor presión, lo que requería usar tubos de pared más gruesa y una mayor cantidad de acero por milla. Sin embargo, empleando acero con límite aparente de elasticidad más alto, se podía reducir la cantidad de acero empleada en una tubería de transporte y era posible bajar los costos de inversión. Por lo tanto, cuando se produjeron, a comienzos de la década de 1960, los aceros HSLA con resistencia acrecentada por precipitación, en calibres de chapa gruesa, se fue desarrollando una demanda por dichos productos.

La primera fase del desarrollo de los aceros HSLA para chapa gruesa consistió en adicionar niobio a acero semi calmado, al carbono y manganeso, para aumentar su límite aparente de elasticidad. Las pruebas iniciales se efectuaron en paralelo con pruebas en el laminador de bandas, a comienzos de la década de 1960, pero a causa de los mayores espesores que implican los productos de chapa gruesa, la tenacidad no era satisfactoria. La razón para ello era que el mejoramiento de la tenacidad, que resultó de cierto afinado del grano, fue excedido en mucho por la pérdida de tenacidad asociada al extenso acrecentamiento de la resistencia por precipitación. Se produjo cierto mejoramiento de la tenacidad cuando estos aceros se hicieron totalmente calmados; pero el paso principal, en cuanto a mejoramiento de la tenacidad, surgió como resultado de una comprensión de la importancia de un tamaño de grano de ferrita fino y de la puesta en marcha de programas de laminación controlada, para lograr semejante afinado del tamaño del grano de ferrita. A mediados de la década de 1960 había empezado la producción de aceros tratados con niobio para aplicaciones en tubería, y se estaba haciendo un amplio uso de materiales X52 (359 MPa) tratados al niobio, producidos por regímenes simples de laminación controlada. Un ejemplo de un programa semejante implicaría el uso de una temperatura de acabado del 1 650° F y una reducción superior al 30% a menos de 1 750° F. El contenido de carbono de estos materiales solía ser bastante alto (0.25 - 0.3) y debido a ello, aún cuando representaban mejoramiento con respecto a los aceros al carbono y manganeso anteriormente usados, aún necesitaban ser mejorados.

La próxima etapa del desarrollo implicó reducir el contenido de estos aceros totalmente calmados, tratados con niobio, bajándolo al nivel de 0.1%, lo que se tradujo en un mejoramiento impactante de la tenacidad (debido a una reducción de la fracción de volumen de perlita) y en un mayor límite aparente de elasticidad, a causa de la mayor solubilidad del niobio en la austenita, hecha por el bajo contenido de carbono.

Se iniciaron más actividades de investigación en 1970 cuando se anunció por primera vez el Proyecto de Gas Artico. Este Proyecto propuso el uso de un acero X70 a X80 (483-552 MPa) que sería inmune a la fractura frágil a -80°F (-62°C). Los aceros PRS (de perlita reducida) disponibles en esa época, no se podían usar, ya que estaban en el límite desde el punto de vista de la resistencia y eran totalmente inaceptables con respecto a la temperatura de transición de dúctil a frágil. Se sugirieron tres enfoques para alcanzar las especificaciones de Gas Artico. El primero implicaba el uso del templado y revenido directo de un acero (PRS) tratado con niobio. Este enfoque era similar a la producción de una banda de enfriamiento controlado en un laminador continuo de banda. Las microestructuras muy finas, necesarias para el logro de una baja temperatura de transición de dúctil a frágil, se obtendrían por un control de temperatura de transformación mediante enfriamiento rápido por agua. Debido a la falta de instalaciones apropiadas para el enfriamiento controlado de chapa muy gruesa, directamente desde el laminador de chapa gruesa, este enfoque aún espera ser comercializado.

El segundo enfoque implicaba la producción de aceros PRS de grano muy fino, tratados con niobio y vanadio, usando un régimen "severo" de laminación controlada. Este método implicaba el uso de bajas temperaturas de acabado, incluso en la región de dos fases ($\gamma + \alpha$) y una deformación total de hasta un 70% a menos de 1550°F (843°C). Este enfoque era evidentemente inadecuado para la mayoría de los laminadores de chapa gruesa existente en 1970, pero desde entonces ha sido practicado extensamente en los laminadores de chapa gruesa, especialmente diseñados en Europa y Japón, y muchos conductos de tubería han sido instalados especialmente en la URSS, utilizando materiales procesados de esta manera.

El tercer enfoque para hacer tubos de X70 (483 MPa), de calidad ártica, implicaba en control de la temperatura de transformación y la formación de una microestructura de ferrita acicular mediante cambios de composición.

El desarrollo más reciente en la producción de chapa gruesa de alta tenacidad implica elevar el contenido de niobio de la gama de 0.05 - 0.07% a más de 0.12%. A este nivel, la respuesta del acero a la deformación es tal, que se pueden formar microestructura de ferrita poligonal de grano muy fino, sin la necesidad de una laminación controlada.

Niobio en barras para hormigón armado y en perfiles estructurales:

El niobio ha sido usado por varios años para aumentar la resistencia de la barra para hormigón armado, incluso, en acero semicalmado, en el que luego se acrecienta la resistencia por torcido en frío. La razón principal para usar niobio en este caso, fue la de contar con una garantía adicional de poder obtener con seguridad el límite aparente de elasticidad, especialmente en las barras de mayor diámetro. Tradicionalmente la barra para hormigón armado ha sido hecha de acero con contenido relativamente alto de carbono (0.35 - 0.5%), en el que las consideraciones de solubilidad restringen la cantidad de niobio que puede ser llevada a solución a temperaturas normales de recalentamiento en el laminador. A pesar de esta restricción, se ha encontrado en la práctica que se puede lograr un aumento significativo del límite aparente de elasticidad por medio de una adición del niobio de 0.025%. El mecanismo para este aumento de la resistencia parece ser una combinación de retraso de la recristalización de la austenita, de acrecentamiento de la resistencia por precipitación durante el enfriamiento después de la laminación (a pesar de la baja solubilidad del niobio), y de afino del grano por precipitados de carburo de niobio no disueltos. Se ha encontrado que el grado preciso de acrecentamiento de la resistencia debido al niobio, en estos tipos de barra de alto carbono para hormigón armado, varía en forma muy marcada de una planta laminadora a otra, debido a diferencias de temperatura y tiempos de recalentamiento, régimen de deformación, velocidad de deformación, velocidad de enfriamiento, etc. El valor de este efecto es, sin embargo, innegable y ha sido aprovechado comercialmente por compañías en diferentes países durante varios años.

Uno de los mayores inconvenientes de la barra de alto carbono para hormigón armado (+ de 0.35% C), es su ductibilidad deficiente, que limita la amplitud con la que se puede plegar en el sitio de trabajo, y su falta de fácil soldabilidad. En años recientes, estas deficiencias fueron reconocidas por los organismos redactores de especificaciones en varios países. Por ejemplo, la reciente especificación ASTM 706 para la barra para hormigón armado de Grado 60 (440 MPa) establece que la soldabilidad y la ductilidad son requisitos obligatorios mínimos. La soldabilidad se especifica en relación de un máximo equivalente de carbono de 0.55%, que aumenta la probabilidad de que las barras puedan ser soldadas en el terreno, sin la necesidad de precalentamiento en la mayoría de los casos. La plegabilidad en el terreno está garantizada por el hecho de requerir una ductilidad a la tracción mínima de 18% en un ensayo de tracción.

Durante el año pasado el West Coast Reinforced Concrete Institute también publicó especificaciones restrictivas similares, reconociendo que proyectos de construcción críticos (tales como plantas de energía nuclear), que podrían estar sometidos

a cargas sísmicas, tienen que usar una barra de alta calidad a fin de maximizar la integridad estructural. Especificaciones similares fueron redactadas por autoridades sudamericanas y europeas.

Es muy simple satisfacer estas nuevas especificaciones del Grado 60 (414 MPa) soldable, usando adiciones microaleadoras y la tecnología desarrollada para la chapa gruesa. Maximizando el incremento reforzador proveniente del afino del grano y del crecimiento de la resistencia por precipitación, se puede reducir el contenido de carbono desde más de 0.4% a la gama de 0.1 a 0.2%. El aspecto más importante relacionado con el reducido contenido de carbono es, sin embargo, el hecho de que el elemento microaleador más barato (niobio) proporciona el doble de incremento reforzador que para una cantidad equivalente del vanadio más costoso, cuando se reduce el contenido de carbono a menos de 0.20%. El efecto crucial del niobio es su capacidad de producir un afino mucho mayor del grano de austenita que el vanadio. A pesar de los aumentos de los precios para el niobio a lo largo de los últimos años, debe advertirse que esta mayor eficiencia del niobio para acrecentar la resistencia comparado con el vanadio, más su menor costo por kilo, se combinan para hacer que el niobio sea más de dos veces más efectivo por dólar gastado para acrecentar la resistencia.

El uso del niobio en perfiles estructurales no se ha desarrollado tan rápidamente como en otros productos, ya que el requerimiento principal (de una viga por ejemplo) es más bien una tenacidad mejorada, que un mayor límite aparente de elasticidad. En el diseño de edificios de muchos pisos y en las cuerdas de los barcos, el factor limitante de la resistencia utilizable es el valor disponible de flexibilidad elástica. Por lo tanto, los diseñadores podían utilizar perfiles más tenaces, pero no perfiles más resistentes. En los inicios del uso de microaleaciones, la única manera de mejorar en forma barata la tenacidad era por medio del afino del grano a través de la laminación controlada, y dado que la laminación de los perfiles a baja temperatura era resistida por los Gerentes de plantas de laminación, no se procedió de manera alguna a desarrollar perfiles tratados con niobio.

A fines de la década de 1960 y a comienzos de la década de 1970 se intentó mejorar la tenacidad de las secciones por afino del grano, usando en forma mesurada precipitados de TiN. Este desarrollo fue difícil de controlar en la práctica y jamás se comercializó satisfactoriamente. El año 77 sin embargo, se realizaron pruebas en Europa en las que se halló que se puede lograr el afino del grano sin laminación controlada si se usa un contenido de niobio de más de 0.12%. Empleando este procedimiento, se produjeron secciones de tenacidad sumamente mejoradas. Es interesante que este mismo enfoque (al que nos hemos

referido anteriormente) también haya sido usado en la producción de chapa gruesa de gran tenacidad. Es probable que en esta década se vea surgir un aumento impactante del niobio en perfiles estructurales, como también en productos de laminadores de chapa gruesa.

Aceros Especiales: El uso del niobio, como microaleador en aceros especiales, no ha tenido el mismo auge impactante observado en el acero básico. El niobio se adicionó por primera vez a aceros inoxidable austeníticos en 1933, para impedir la sensibilización del acero durante el tratamiento térmico en la gama de temperatura de 800°F - $1\ 600^{\circ}\text{F}$ (427 - 889°C) en la zona térmicamente afectada de elementos soldados. En esta aplicación se cree que el niobio precipita de preferencia como un carburo de niobio, "atando" así al carbono e impidiendo la formación de precipitados dañinos (desde un punto de vista de corrosión) de cromo. Desde que se produjo este uso inicial del niobio, la tendencia hacia la reducción del contenido de carbono, para eliminar la sensibilización, se ha aplacado comparado con el aumento del niobio en estos aceros.

Los aceros inoxidable ferríticos de bajo carbono más recientes (v.gr. : 18 Cr 2 Mo, 26 Cr 2 Mo) dependen de un contenido de carbono muy bajo para desarrollar una excelente ductilidad y resistencia a la corrosión, mientras ofrecen una excelente resistencia a la corrosión bajo tensión en ambientes de cloruros. Se ha encontrado que estos contenidos bajos de carbono (menos de 0.02%), pueden ser logrados por las técnicas más recientes de descarburación, en la fabricación del acero o que el mismo efecto puede ser logrado por la adición de niobio y titanio para "atar" el carbono. Es probable que una combinación de descarburación y de adición de niobio y titanio proporcionarán la solución óptima en estos aceros inoxidable ferríticos.

Otro desarrollo más de estos nuevos aceros ferríticos de bajo carbono es su uso (con una adición de 0.5% de niobio) en aplicaciones de deformación plástica ("creep") a alta temperatura. Un ejemplo típico de este uso lo constituyen los recipientes de convertidores catalíticos en algunos camiones en 1978 y 1979, en donde se requiere un servicio prolongado a una temperatura superior a 700°C . Se espera que en otras aplicaciones de alta temperatura se encontrarán, para estos aceros, usos adicionales originados por este desarrollo.

- Reservas

Actualmente hay disponible mineral de niobio en 3 formas: concentrados de pirocloro, concentrados de columbita-tantalita y escorias de estaño, siendo los dos últimos subproductos de las explotaciones mineras del estaño.

El pirocloro es lejos la forma más importante, y representa aproximadamente un 85% del suministro mundial total. Hay 4 yacimientos conocidos de pirocloro: Niobec en Canadá, Mineração Catalão de Goiás y Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) en Brasil y un yacimiento de desarrollado en Zaire. El principal país productor sin embargo, es Brasil.

El mayor yacimiento de pirocloro es la mina de CBMM en Araxá en el Estado de Minas Gerais en Brasil. Las reservas comprobadas, indicadas y probables en esta mina, se estiman prudentemente en 460 millones de toneladas de mineral con un contenido medio de Nb 205 de 2,5%. Al doble del consumo mundial actual de niobio, esta reserva duraría 530 años. En vista de que la CBMM es dueña de otras áreas con alto potencial de niobio, vecina a su planta principal, el suministro de niobio proveniente de esta fuente es prácticamente inagotable.

Tal como se explicó anteriormente, el uso del niobio como elemento microaleador en el acero empezó a fines de la década de 1950 y cobró un ímpetu significativo a mediados de la década de 1960. La puesta en marcha de las operaciones en la Mina Araxá del CBMM garantizó un suministro asegurado y proporcionó los incentivos necesarios para su desarrollo ulterior en gran escala.

En resumen, desde sus comienzos modestos a fines de la década de 1950, el niobio se ha transformado ahora en la base fundamental para todos los aceros HSLA modernos que se usan para gasoductos a alta presión y virtualmente para todos los aceros HSLA que se usan en otras aplicaciones en que la necesidad de resistencia, tenacidad y soldabilidad pueda aprovechar los efectos del niobio, únicos en su género como microaleación.

Se puede esperar que el futuro para el niobio refleje los resultados obtenidos en el pasado, pero aún más a medida que se logre una mayor aplicación del "know how" metalúrgico existente en todos los campos del producto. Más aún, la continua investigación y desarrollo de los productos descubrirá indudablemente nuevos usos para el niobio o nuevas maneras de procesar aceros HSLA, a fin de aprovechar en mayor grado las ventajas del niobio. Además ocurrirá que el desafío para el acero, proveniente de otros materiales, se verá superado por el continuo desarrollo de los aceros HSLA basadas en el niobio.

Finalmente, cabe reiterar lo ya expresado, en el sentido del valioso esfuerzo de investigación que está realizando Brasil, para descubrir nuevos productos de acero basados en el niobio, metal escaso en el mundo, pero abundante en el país.

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استلم منها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى: الأمم المتحدة، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف.

如何购买联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经销商均有发售。向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишете по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.

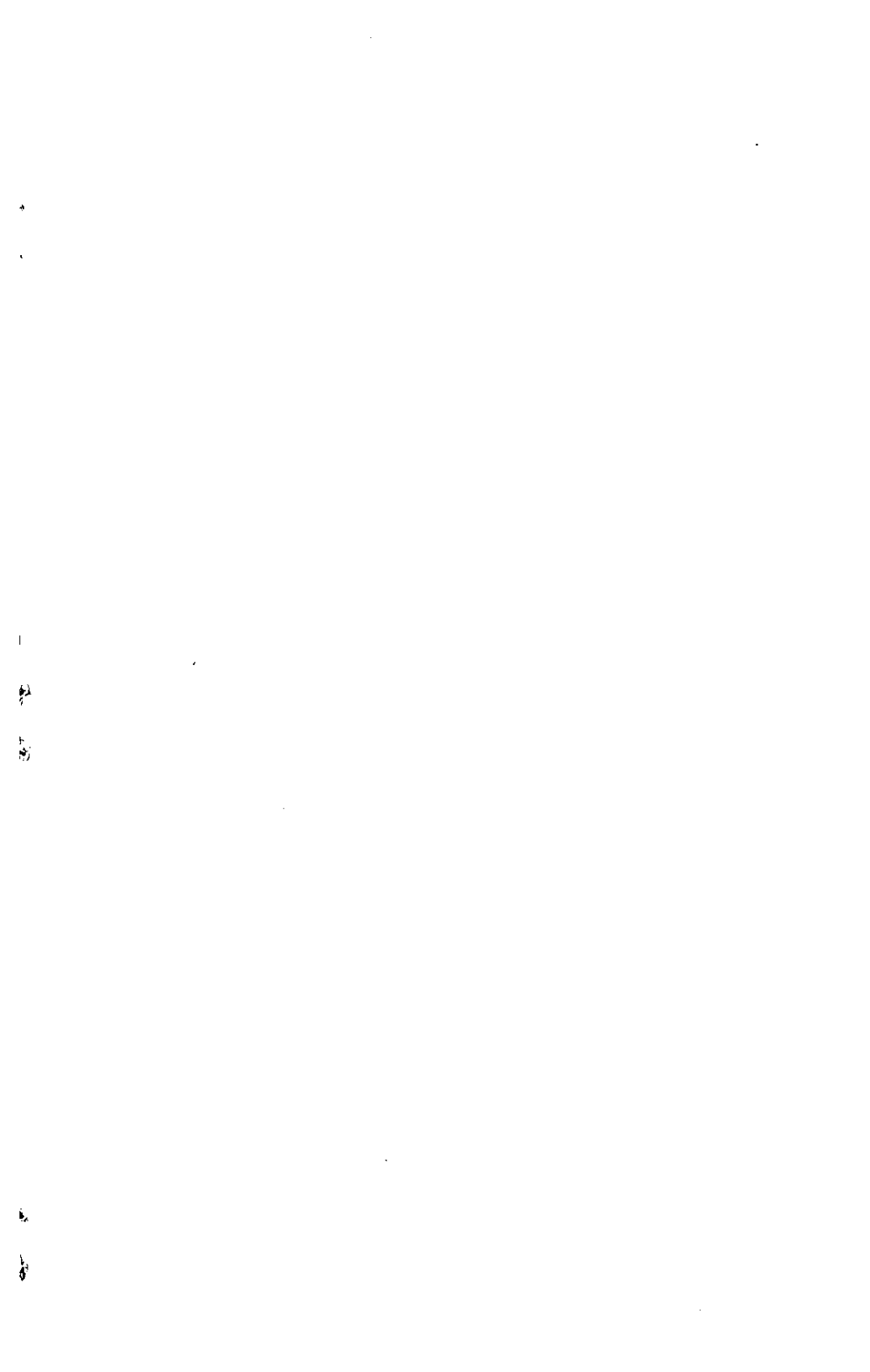
Las publicaciones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe se pueden adquirir a los distribuidores locales o directamente a través de:

Publicaciones de las Naciones Unidas
Sección de Ventas — DC-2-866
Nueva York, NY, 10017
Estados Unidos de América

Publicaciones de las Naciones Unidas
Sección de Ventas
Palais des Nations
1211 Ginebra 10, Suiza

Unidad de Distribución
CEPAL — Casilla 179-D
Santiago de Chile





Primera edición

Impreso en Naciones Unidas — Santiago de Chile — 84-11-1906 — diciembre de 1984 — 1 680

S.84.II.G.15 · 00600 P