

Seminário Sobre Controle de Qualidade na Laminação



25/5/71

Koyo Kamei

ABM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
METALURGIA, MATERIAIS E MINERAÇÃO
CIM - CENTRO DE INFORMAÇÃO
R. Antônio Comparato, 218
04605-030 - São Paulo - SP
Fones: (11) 5534-4333
Fax: (11) 5534-4330



IBS

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA

CNEA

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA
ATÓMICA

ABM

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS

ILAF A

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
FERRO E AÇO

Seminário Sôbre Contrôle de Qualidade na Laminação

26 a 30 de Maio de 1969
BELO HORIZONTE — MG
BRASIL

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA

O IBS é uma sociedade civil, sem fins lucrativos, que congrega e representa as emprêsas siderúrgicas brasileiras.

SECRETARIA GERAL:

Rio de Janeiro
Rua São José, 90 — 20.º andar — conj. 2.001
Enderêço telegráfico: INSTSIDER
Fones: 252-4879 — 242-5203 — 232-1596

SECRETARIA REGIONAL: São Paulo

Viaduto D. Paulina, 80 — 19.º andar — conj.
1907/13
Caixa Postal 3.503 — São Paulo — SP — Brasil
Enderêço telegráfico: INSTSIDER
Fones: 32-5831 — 37-9073

SECRETARIA REGIONAL:

Belo Horizonte:
Rua da Bahia, 1032 — 10.º andar — sala 1004
Fone: 26-4055

DIRETORIA: (*)

Alfredo Américo da Silva — Presidente
Luiz Dumont Villares — Vice-Presidente
Germano Hugo Gerdau Johannpeter — Diretor
Hésio de Mello e Alvim — Diretor
Mário Lopes Leão — Diretor
Paulo Gonzaga — Diretor

SECRETARIA GERAL:

Rio de Janeiro: *Fabiano J. H. Pegurier* (Secretário Geral)
Belo Horizonte: *Fred Woods de Lacerda*
São Paulo: *Salustiano C. L. da Silva*

INSTITUTO LATINOAMERICANO DEL FIERRO Y EL ACERO

Secretaria General — Casilla 13810 —
Santiago de Chile

DIRETORIA DO ILAFA

1967-1969

Presidente — *Tte. General Dn. Pedro F. Castiñeiras*
1.º Vice-Presidente — *Dr. Angel Cervini*
2.º Vice-Presidente — *Ing. David Appel*

COMITÊ EXECUTIVO

Ing. Camilo G. Sada
Dr. Dario Vallejo J.

DIRETORES

Sr. Enrique A. Dupont
Dr. Paulo Miguel Bohomoletz
Ing. Fernando Aguirre Tupper
Lic. Jaime Nebot Velasco
Lic. Dn. Carlos Prieto
Ing. René Barbis
Sr. Argenis Camboa

MEMBROS DA SECRETARIA GERAL

Secretário Geral — *Ing. Anibal Gomes*
Coordenador da Secretaria Geral — *Ec. Marcelo Ducrey*
Assessor Técnico — *Ing. Héctor Canguilhem*
Chefe do Dept.º de Documentação — *Ing. Gustavo Campos-Rademacher*
Chefe do Deptº de Est Técnicos — *Ing. Miguel de L. Bohomoletz*
Chefe do Depto. de Est. Econômicos — *Ec. Cornério Marchán*

SECRETÁRIOS REGIONAIS

Argentina — *Ing. Emilio Llorens*
México — *Dr. Leopoldo Baeza y Acéves*
Venezuela — *Dr. Sergio Ratmiroff*

COMISSION NACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA

ÓRGÃO SUBORDINADO À PRESIDÊNCIA
DA NAÇÃO ARGENTINA

DEPARTAMENTO DE METALURGIA

Gerente Tecnológico da CNEA
Dr. Jorge A. Sabato

Diretor do Programa Multinacional de Metalurgia da CNEA
Dr. Carlos A. Martinez Vidal

O Dr. Carlos A. Martinez Vidal é o conferencista do Seminário. Ingressou na CNEA em junho de 1954. É atualmente o Diretor do Programa Multinacional de Metalurgia. Bastante relacionado no meio técnico brasileiro, o Dr. Martinez Vidal é sócio da ABM e possui "Curriculum Vitae" dos mais significativos.

Os Investigadores Principais do Departamento são:

Carlos Araoz
Heraldo Biloni
Edgardo Bisogni
Jorge A. Coll
Juan C. Di Primio
Jorge Kittl
Arnoklo Layt
Nelly A. de Libanati
César M. Libanati
Jorge A. Mazza
Oscar Wortman

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS

Praça Coronel Fernando Prestes, 110 — Caixa Postal 3503 — Enderêgo Telegráfico: "Perlita" — São Paulo — SP — Brasil

Diretoria de 1969:

Presidente — *Miguel Siegel*
Vice-Presidente — *Luiz Verano*
1.º Secretário — *Pedro C. H. Dias de Souza*
2.º Secretário — *Milton Muylaert*
1.º Tesoureiro — *Fernando Jorge Larrabure*
2.º Tesoureiro — *Clovis Bradaschia*
Secretário Executivo — *F. D. Homer. de Melo*

Secções Regionais da ABM e seus Presidentes:

ACESITA — *Antônio Pedrosa da Silva*
MINAS GERAIS — *Mário Rennó Gomes*
RIO GRANDE DO SUL — *Henrique Anawate*
RIO DE JANEIRO — *Luiz Fernando Sarcinelli Garcia*
VOLTA REDONDA — *Milton Muylaert*
SÃO PAULO — *Vicente Chiaverini*

* A Diretoria do IBS, bem como das demais entidades aqui relacionadas, é a da época em que se realizou o Seminário.

COMISSÃO ORGANIZADORA

Organização da Comissão Executiva

Secretaria Regional do IBS em B. Horizonte, MG
Sede para correspondência: R. da Bahia, 1032 —
— 10.º — s/ 1004

Local das reuniões da Comissão Executiva: Es-
cola de Engenharia da UFMG

Eng.º Fred Woods de Lacerda,
Secretário Regional do IBS em Minas Gerais

REPRESENTANTE DO ILAFA
Eng.º Miguel de Lima Bahomoletz,
Chefe do Departamento Técnico do ILAFA

REPRESENTANTE DA ABM
Professor Mario Rennó Gomes,
Presidente da Seção Regional

REPRESENTANTE DA CNEA
Eng.º Carlos A. Martinez Vidal
Diretor do Programa Multinacional de Metalurgia
da CNEA

Sub-Comissões Técnico-Científica

Eng.º José Moraes,
Companhia Siderúrgica Nacional
Presidente da Comissão Técnica de Laminação
da ABM

Eng.º Augusto Paulo Xavier de Brito
Companhia Siderúrgica Paulista "COSIPA"

Vice-Presidente da Comissão Técnica de Lamina-
ção da ABM

Eng.º Márcio Gastão de Magalhães
Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S/A
"USIMINAS"

Secretário da Comissão Técnica de Laminação da
ABM

Entendimentos com as Empresas

Eng.º Ney F. Drumond
Companhia Vale do Rio Doce

Eng.º Ayrton Rocha
Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira

Eng.º Abílio Santos
Centrais Elétricas de Minas Gerais S/A
Instituto de Estudos para Desenvolvimento Indus-
trial de MG.

Finanças

Eng.º José Mendo Misael de Souza
Indústria de Calcinação S/A "ICAL"

Recepção e Secretaria do Seminário

Eng.º Mário Rennó Gomes (EEUFMG)
Eng.º Abílio Santos (INDI)
Eng.º Elídio Lana Neto (ACESITA)
Auxiliares de Secretaria Regional do IBS
Alunos da Escola de Engenharia da UFMG (Grê-
mio Louis Ensch); Sr. Goodson Barbosa de
Moura, Presidente do Grêmio.

COLABORADORES

A Comissão Executiva do Seminário agrade-
ce em especial aos seguintes patrocinadores:

Escola de Engenharia da UFMG
Companhia Aços Especiais Itabira — ACESITA
Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira
Companhia Siderúrgica Mannesmann
Magnesita S/A
Companhia de Mineração Novalimense
Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. —
USIMINAS
Companhia Vale do Rio Doce

A Comissão Executiva testemunha igualmen-
te seu reconhecimento ao que facilitaram visitas
dos congressistas às suas instalações, conforme
consta do programa social.

É de justiça igualmente agradecer às Emprê-
sas que autorizaram a seus especialistas, ainda
que com grande premência de tempo, apresen-
tarem contribuições técnicas ao Seminário.

Finalmente, nosso aprêço aos Presidentes Se-
cretários, Orientadores das mesas diretoras e a to-
dos aqueles que prestigiaram ao Seminário com
sua presença.

MENSAGEM

Prezado Congressista,

Constitui motivo de grande prazer e alegre expectativa para os metalurgistas brasileiros a escolha da cidade de Belo Horizonte para sede do SEMINÁRIO SOBRE CONTRÔLE DE QUALIDADE NA LAMINAÇÃO.

Agora, com a abertura e a instalação do Conclave, anuncia-se como certa mais uma contribuição positiva para o avanço tecnológico de nossas indústrias siderúrgicas, pela união das inteligências de técnicos experimentados de toda a América Latina.

A todos recebemos com grande carinho e atenção, esperando que tenhamos conseguido or-

ganizar um encontro que acima de tudo possa contribuir para realçar o alto nível das comunicações técnicas que serão apresentadas, assim como estreitar os laços de amizade da grande família de siderurgistas latino-americanos.

Nosso dever se estende além desta hora inicial, quando se fazem as inscrições para o Seminário. Esperamos guiá-lo e atendê-lo em todos os detalhes necessários ao cumprimento do programa organizado.

Seja bem-vindo, prezado Congressista.

A Comissão

NORMAS GERAIS

Visando a maior eficiência da Reunião, a Comissão Organizadora, com os poderes que lhe foram delegados, baixou as seguintes normas:

1. Podem participar do Seminário não só os sócios do IBS, ILAFA, ABM e CNEA, como também os não sócios que queiram tomar parte no certame.
2. As sessões do Seminário serão realizadas na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, à Rua Espírito Santo, 35, de acordo com o programa estabelecido.
3. A inscrição é feita mediante o preenchimento da ficha própria e o pagamento das seguintes taxas:
Para os sócios do IBS, ILAFA, ABM, CNEA e outros Cr\$ 50,00
Para o jantar Cr\$ 30,00
Para estudantes grátis
Familiares dos Congressistas estão isentos de taxa. A inscrição dá direito à participação em todas as comissões técnicas, ao recebimento do material que venha a ser distribuído com antecedência, bem como à participação nas visitas, dentro das condições fixadas no item seguinte.
4. A participação nas visitas está sujeita a inscrição prévia no prazo estabelecido e ficará subordinada às limitações anunciadas na ocasião. Está sendo distribuído um folheto contendo todas as indicações necessárias.
5. O programa prevê o Jantar de Confraternização, a realizar-se na noite de 28 de maio. A taxa de inscrição está fixada em Cr\$ 30,00, sem possibilidade de redução ou devolução. O pagamento pode ser feito no ato da inscrição, ou até às 18 horas do dia 26.

6. Além das visitas programadas, outros pontos de interesse técnico, cuja relação estará afixada na secretaria do Seminário, poderão ser visitados por grupo limitado.

SEDE DO SEMINÁRIO

Escola de Engenharia da UFMG

Somos hóspedes da Escola de Engenharia da UFMG, cujo Diretor, o Prof. Cássio Mendonça Pinto, colocou o prestigioso estabelecimento de ensino superior à disposição do IBS, ao ser indicada Belo Horizonte para sede do Seminário.

A Escola ocupa dois quarteirões no centro de Belo Horizonte, nos quais se localizam os diversos edifícios e pavilhões escolares, com cerca de 30.000 m² de área construída. No conjunto, destacam-se o Edifício Arthur Guimarães, com 8 pavimentos, sede da Administração, e o Edifício Álvaro da Silveira, com 12 pavimentos.

São mantidos pela Escola 6 cursos de graduação em Engenharia a saber: Mecânica, Eletricidade, Minas, Metalurgia, Civil e Química. No momento a Escola tem aproximadamente 2.200 alunos matriculados nestes 6 cursos.

A Escola de Engenharia, além dos seis cursos de graduação, oferece regularmente um curso de especialização em engenharia sanitária para profissionais já diplomados e cursos de extensão em Matemática Superior e em Introdução à Engenharia Nuclear. A Escola coopera também no funcionamento de um curso de pós-graduação em "Ciência e Técnicas Nucleares", mantido pela Universidade.

Programa

R E C E P Ç Ã O

Segunda-feira — 26 de Maio

7,30 horas: Recepção e Inscrições.

10,30 horas: Os congressistas e convidados presentes dirigem-se para a sala da Congregação da Escola.

SESSÃO DE INAUGURAÇÃO

10,45 horas: Início da composição da mesa que dirigirá os trabalhos.

11,00 horas: Abertura da sessão, presidida pelo Diretor da Escola de Engenharia da UFMG, Prof. Cássio Mendonça Pinto.

11,15 horas: Conferência Científica pelo Dr. Carlos A. Martinez Vidal, Diretor do Programa Multinacional de Metalurgia da CNEA, sobre o tema: "Parâmetros que afetam o controle de qualidade na laminação".

S E S S Õ E S T É C N I C A S

15,00 horas — SESSÃO "A", Tema: *Contrôle de qualidade sob o ponto de vista do fabricante.*

Local: Sala de Conferências da Escola de Engenharia.

Mesa Diretora: Presidente: Dr. Paulo M. Bohomoletz, Diretor da Cia Vale do Rio Doce, RJ, GB e Diretor do ILAFA no Brasil.

Orientador de debates: Dr. Milton Muylaert, Superintendente de Pesquisa e Qualidade da CSN, Volta Redonda, RJ.

Terça-feira — 27 de maio

9,00 horas — SESSÃO "B", Tema: *Contrôle de qual'dade sob o ponto de vista do consumidor.*

Local: Sala de Conferências da Escola de Engenharia.

Mesa Diretora: Presidente: Dr. Sérgio Perez, Presidente do Comitê Assessor de Laminação da Diretoria do ILAFA, Cap., Chile.

Orientador de debates: Dr. Carlos A. Martinez Vidal, Diretor do Programa Multinacional de Metalurgia da CNEA, B. Aires, Argentina.

Secretário: Dr. Ivan de Carvalho Perdigão, Aços Anhanguera S/A, Mogi das Cruzes, SP.

Trabalhos a serem apresentados.

1.º) 9,00 horas — Dr. Rodolfo Enrico

Título: o autor discorrerá sobre o tema da sessão.

2.º) 10,00 horas — Drs. Alfred Dietrich, Walter Ay, Walter Ditchum e Klaus Dieter Matrowitz, Volkswagen do Brasil S/A, São Paulo, SP.
Título: *Contrôle de Qualidade das Chapas de Aço na Indústria Automobilística.*

3.º) 11,00 horas — Dr. Eliseu Batista, Krupp Metalúrgica Campo Limpo S/A, Jundiá, SP.
Título: *Contrôle de Qualidade numa Indústria Siderúrgica.*

15,00 horas — SESSÃO "C", Tema: *Aspectos econômicos em controle de qualidade.*

Local: Sala de Conferência da Escola de Engenharia.

Mesa Diretora: Presidente: Dr. Luiz Dumont Villares, Presidente da Aços Villares S/A, S. Paulo, SP.

Orientador de debates: Dr.: Anibal Gómez, Secretário Geral do ILAFA, Santiago, Chile.

Secretário: Dr. Geraldo Magela de Matos Sanábio, Superintendente de Operação da Usina de Cariacica, Cia. Ferro e Aço de Vitória, Cariacica, ES.

Trabalhos a serem apresentados:

1.º) 15,00 horas — Dr. F. Said Sivira.

Título: O autor discorrerá sobre o tema da sessão.

2.º) 16,00 horas — Dr. Francisco Pedro Pampado do Canto e Dr. Miguel Santaella Redorat, Cia. Siderúrgica Paulista — COSIPA, Santos, SP.

Título: *Redução de Custo em Laminação Através do Contrôle de Qualidade.*

3.º) 17,00 horas — Dr. Pedro Silva, Cia. Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, RJ.

Título: *Métodos de Investigação da Origem dos Defeitos Superficiais em Produtos Laminados Planos de Aço Carbono.*

Quarta-feira — 28 de maio

Mesa Redonda, Tema: *Experiência Latino-americana em Contrôles de qualidade.*

Local: Sala de Conferência da Escola de Engenharia

Mesa Diretora: Presidente: Dr. Wilkie Moreira Barbosa, Presidente da Cia. Aços Especiais Itabira — ACESITA, Acésita, MG.

Orientador de debates: Dr. Heinz Günter Schmitt, Diretor Industrial da Cia. Siderúrgica

Mannesmann, B. Horizonte, MG.

Secretário: Dr. Milton Nogueira da Silva, Chefe do Depto. de Engenharia Industrial da Cia. Siderúrgica Pains, Divinópolis, MG.
Início às 9,00 horas — Término às 12,00 horas.

Discussão sobre o tema acima

15,00 horas: Audiência a ser concedida pelo Exmo. Sr. Governador do Estado de Minas Gerais, Dr. Israel Pinheiro, aos Srs. Congressistas.

Sessão de Instalação

Composição da Mesa:

Presidentes:

Sr. Fred Woods de Lacerda — IBS

Sr. Cássio Mendonça de Brito — Escola de Engenharia da UFMG

Membros:

Sr. Carlos A. Martinez Vidal — CNEA

Sr. Mário Rennó Gomes — ABM

Sr. Paulo Bohomoletz — ILAFA — Representado pelo Sr. Werner Mörath

Sr. Miguel Siegel — ABM — Representado pelo Dr. Mário Rennó Gomes

Sr. Werner Mörath — MW

Sr. Alberto Teixeira — Dep. de Metalurgia da Escola de Engenharia

Sr. Augusto Paulo Xavier de Brito — COSIPA — CTL da ABM

Sr. Júlio Pepino — SOMISA — Comitê Assessor da Diretoria do ILAFA

As nossas primeiras palavras, na abertura deste seminário, são dirigidas aos patrocinadores. Em nome das entidades que promoveram este certame: Comissão Nacional de Energia Atômica, Associação Brasileira de Metais, Instituto Brasileiro de Siderurgia e Instituto Latino-Americano de Ferro e Aço, nós agradecemos, de todo o coração, àqueles que possibilitaram esta realização. Em segundo lugar, agradecemos àqueles que, com grande esforço pessoal, acederam ao nosso convite, no sentido de preparar contribuições técnicas para serem apreciadas neste seminário.

São estes dois agradecimentos que gostaria de fazer na abertura deste seminário.

Vamos passar a presidência da Mesa, numa homenagem à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, ao Sr. Cássio Mendonça de Brito, pessoa que tem contribuído dire-

tamente para o grande sucesso de todos esses certames técnicos, sejam congressos, seminários ou simpósios, pela cessão imediata do local e pelo entusiasmo que ele empresta à sua organização. À Escola de Engenharia nós muito devemos, porque nos possibilita o local adequado, o fôro perfeito, para as discussões que vamos iniciar.

— Assume a presidência o Sr. Cássio Mendonça de Brito.

Cássio Mendonça de Brito — Presidente (2)
— “Ao assumirmos a presidência desta magna reunião, desejamos manifestar nosso agradecimento pela deferência com que nos distinguís.

Em verdade, consideramos que estais honrando sobremaneira esta instituição, escolhendo-a para ser o cenário de vossos debates sobre assunto da maior importância para a técnica e a economia de produção, não só do Brasil como das demais nações latino-americanas amigas.

Na civilização moderna, tanto mais desenvolvido é um país, quanto mais ele utiliza complexos maquinismos, eficientes equipamentos e delicados aparelhos.

Muito longe ficou o artesanato, cuja qualidade de produto era fruto da qualidade do homem, capaz de executar a obra inteira.

Hoje, a produção deve fazer-se em grandes massas, e só a integração de dezenas, centenas ou mesmo milhares de componentes, de diferentes origens, permite a grande produção.

Nenhuma eficiência se conseguirá sem “Contrôle de Qualidade” cientificamente estabelecido e rigorosamente executado.

É o que procurais difundir e aperfeiçoar.

É um trabalho de engenharia na sua alta e completa aceção que estais realizando; é ensino que também estais propagando.

Vosso trabalho, destes dias, corresponde à nossa tarefa quotidiana e diuturna.

Aqui presentes, sentireis o palpitar de perto de três mil corações — professores, alunos, funcionários — procurando formar nesta Escola mais e

melhores engenheiros para o Brasil e para as demais repúblicas irmãs.

Eis porque não só estamos sumamente honrados com vossa presença, como sentimos ser nosso papel e benefício nosso colaborar, na medida de nossas possibilidades, para o êxito de vosso encontro.

Ao vos dar as boas-vindas da Escola de Engenharia da UFMG, formulamos nossos ardentes votos pelo maior sucesso de vosso conclave, pedindo-vos que nestes dias que aqui trabalhais, e sempre que desejeis aqui voltar, para novos encontros como êste, vos sintais em vossa casa."

Tenho a honra de dar a palavra ao Sr. Carlos A. Martinez Vidal.

Carlos A. Martinez Vidal — Agradecemos a representação da Comissão Nacional de Energia Atômica. Essa comissão parece, como nós a chamamos, "sapo de outro poço", na sua ligação com a indústria siderúrgica.

Estamos na América Latina e não podemos dar-nos ao luxo de desprezar um mínimo de esforço. Devemos assegurar o correto acoplamento entre a investigação científico-tecnológica e a estrutura produtiva, dada pelas indústrias, dada pelo setor da Metalurgia. Por esta razão, aqui estamos e temos certeza do total êxito dêste seminário. Queremos felicitar ao seu excelente organizador, Sr. Fred Woods de Lacerda.

Cássio Mendonça de Brito — Presidente — Tem a palavra o Sr. Mário Rennó Gomes.

Mário Rennó Gomes — "A Associação Brasileira de Metais, que tenho a honra de representar, está jubilosa e extremamente honrada em ser co-promotora de um certame da importância dêste que ora se inicia.

Envolto nesse grande júbilo, há até mesmo um justificado orgulho por êste acontecimento, pois que a idéia de sua realização surgiu fora de nosso País, brotou no seio da Comissão Nacional de Energia Atômica, da Argentina, com o apoio do Instituto Latino-Americano de Ferro e Aço e cresceu para entrelaçar essas duas importantes entidades e os órgãos máximos que congregam no Brasil todos os que se ocupam da metalurgia: o Instituto Brasileiro de Siderurgia e a Associação Brasileira de Metais. Com a idéia da realização do certame, veio a nosso encontro o convite para que o nosso País o abrigasse e manifestada a preferência para que a Capital das Alterosas fôsse o seu palco.

A Associação Brasileira de Metais, que festeja êste ano seu jubileu de prata, não titubeou em participar da promoção, desde que o Instituto Brasileiro de Siderurgia liderasse a sua organização. Trabalhamos juntos, irmanadas as quatro entidades. Ao grupo veio se juntar a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais para oferecer o esplêndido local onde os especialistas aqui presentes irão, confortavelmente, expor e debater conhecimentos e experiência, recolhendo, ao final, os valiosos subsídios que deverão aprimorar ainda mais os produtos metalúrgicos que a indústria latino-americana utiliza na manu-

fatura dos bens que devem fazer o desenvolvimento econômico-social de nossos países.

Não será necessário falar-vos da importância da qualidade na produção. Vossa presença aqui é o atestado vivo dessa importância.

Lembrarei apenas como a ABM tem focalizado o assunto para atingir seus objetivos estatutários.

Provavelmente, a primeira vez que o assunto foi expressamente focalizado entre nós foi na Reunião Aberta sobre "Problemas Ligados à Produção Nacional de Peças de Automóveis", no Congresso Anual de 1953.

Foram palavras textuais de seu expositor principal "A indústria automobilística se identifica com a produção em massa. Mas o ponto importante é a padronização, porque esta é o que possibilita a eficiência na produção em massa".

Ora, produzir rigorosamente dentro de padrões é controlar qualidade, e no Brasil foi, sem dúvida alguma, a criação da indústria automobilística a responsável pelo desenvolvimento do controle de qualidade em nossas usinas metalúrgicas.

A êsse debate de 1953 sucedeu-se a apresentação de vários trabalhos nos Congressos seguintes, realizando-se em 1960, repetindo-se em 1961, Reunião Aberta intitulada "problemas de Qualidade nas Peças Automobilísticas".

Os trabalhos e debates estabelecidos recomendaram uma ação que pudesse apresentar efeitos mais simples, profundos e positivos.

Foi para isso que a ABM, no ano seguinte, 1962, foi buscar na França um especialista, o Eng.º Louis Colombier, que sob a recomendação do IRSID lecionou para mais de duas centenas de engenheiros brasileiros um curso sobre "Contrôle da Fabricação e da Qualidade em Metalurgia". Finalmente, dispensar-nos-emos de citar outros trabalhos e cursos correlacionados, mencionando, apenas, a Reunião Aberta que sob êste mesmo teto a ABM promoveu em seu Congresso anual do ano passado sobre "Contrôle de Qualidade em Siderurgia". Foi uma discussão memorável que pôde mostrar já haver apreciável maturidade de nossos meios técnicos — direção empresarial e pessoal executivo — no tratamento e realização de controle de qualidade.

Os fatos que acabamos de rememorar confirmam a grande receptividade que o convite feito à ABM, por nossos amigos do Prata, haveria de encontrar.

Nesta reunião, o assunto será tratado de forma que transcenderá o interesse nacional para tornar-se fator de fortalecimento do intercâmbio de nossos países, promovendo os tão desejáveis desenvolvimento e integração continentais.

Como representante pessoal do Eng.º Miguel Siegel, Presidente da Associação Brasileira de Metais, vimos transmitir a todos vós sua mensagem de pleno êxito dêste seminário.

A Seção Regional associa-se a essa mensagem, desejando a todos que vindes de longe, feliz e proveitosa estada em Minas Gerais".

Cássio Mendonça de Brito — Presidente — Tem a palavra o Sr. Werner Mörath.

Werner Mörath — Sr. Presidente, em nome da Diretoria do ILAFA, especialmente em nome do Sr. Paulo Bohomoletz, a quem represento, por estar este impedido por motivos de saúde, cumprimento a Comissão Organizadora, assim como os engenheiros presentes, principalmente os engenheiros brasileiros.

Faço votos de que este seminário seja um sucesso e que sirva de base para uma futura integração tecnológica da América Latina.

Cássio Mendonça de Brito — Presidente — Tem a palavra o Sr. Fred Woods de Lacerda, Secretário Executivo.

Fred Woods de Lacerda — Antes de passar à leitura do "currículum" do conferencista desta sessão, Sr. Carlos A. Martinez Vidal, quero transmitir aos Srs. Congressistas uma palavra, em nome do Secretário Geral do IBS, Sr. Fabiano J. H. Pegurier, do Sr. Aníbal Gomes, Secretário Geral do ILAFA, e do Sr. Paulo Gonzaga, Diretor do IBS e da CSN, pessoas que, por motivo de força maior, não podem estar hoje conosco.

"O conferencista desta sessão inaugural, Sr. Carlos A. Martinez Vidal, formou-se engenheiro mecânico e eletricitista pela Universidade do Prata, em 1953. Prosseguiu estudos de doutorado em física, na mesma Universidade.

Em 1957, realizou curso de "pós-graduação" em Metalurgia, na Technische Hochschule de Stuttgart.

Tem tido uma intensa atividade docente, de forma ininterrupta, desde 1951. Foi professor titular de Metalurgia Física, na Universidade do Prata (1964/65), logo renunciando.

Foi professor titular de Plasticidade, no Instituto tecnológico de Buenos Aires; professor de Comportamento Mecânico de Materiais e de De-

rivados de Metais no I, II, III e IV Cursos Pan-Americanos de Metalurgia do 1.º CNEA.

Estêve no Brasil no IX Curso de Especialização da ABM, em 1965, sobre Trabalhos Mecânicos de Metais.

Participou de numerosos cursos, seminários e conferências, em seu país e no Estrangeiro.

Desde 1954 pertence ao pessoal científico da Comissão Nacional de Energia Atômica, onde foi chefe do Departamento de Desenvolvimento e Metalurgia Nuclear.

Atualmente é diretor do Programa Multinacional de Metalurgia, dentro do Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da OEA.

Recebeu diversos contratos de investigação do Conselho Nacional de Investigações Científicas e Tecnológicas da Argentina, da United States Atomic Energy Commission, etc.

Atuou como "expert" da OEA. Trabalhou como investigador associado no Max Planck Institute für Metallforschung .

Assistiu e participou de trabalhos de aproximadamente vinte congressos e conferências nacionais e internacionais e é autor de mais ou menos vinte e cinco trabalhos sobre sua especialização.

Desempenhou cargos diretivos em diversas instituições científicas e técnicas argentinas, colaborando na organização de vários congressos.

É membro da American Society for Metal, Deutsche Gesellschaft für Metalkunde, Institute of Metals of London e da ABM".

Com a autorização do Sr. Presidente, passo a palavra ao ilustre conferencista, Sr. Carlos A. Martinez Vidal.

— O Sr. Carlos A. Martinez Vidal faz a seguinte conferência:



Parametros que afectan el control de calidad en laminacion

Carlos A. Martínez Vidal *

Uno de los grandes redescubrimientos de la era atómica y espacial, es que el método óptimo y más eficiente de comunicación entre técnicos, es la comunicación verbal. Este contacto directo crea las condiciones reales de conocimiento personal, apreciación y evaluación, capaz de permitir el intercambio de ideas entre profesionales de iguales o distintos campos de una misma especialidad. Es por ello que prefiero renunciar al pomposo título de "Conferencia Científica" para adoptar una posición más real, la de entablar un diálogo múltiple, lo más amplio e informal posible. El solo enunciado del tema nos presenta un panorama tan vasto, que pareciera una pretensión demasiado ambiciosa atacarlo.

Como indica Singer en un trabajo del que tomaré algunas ideas, "La palabra *calidad* es una forma simple de describir un estado complejo, difícil de interpretar". El control de calidad no es un fin en sí mismo, sino que tiene el propósito definido de obtener ciertos resultados en calidad y es de fundamental importancia examinar cuidadosamente cuáles son ellos y cuáles son los factores que lo afectan. Es este nuestro propósito.

1. Calidad y su medición

Es usual suponer que la calidad debe ser la mayor y mejor posible, pero surge la pregunta, Qué es calidad?. Podemos aceptar que la calidad está dada por un "standard ideal", que dependerá del destino del producto. Así, por ejemplo, en chapas destinadas a estampado profundo, el standard podría estar dado por el espesor constante y exacto del material.

Esto nos conduce al problema subsiguiente de: Cómo medir esa calidad?. Lógicamente, lo ideal es que sea el resultado de una medición física directa, pero a menudo ello es imposible y se debe apelar a la comparación con patrones definidos como standards. Continuando con el ejemplo anterior, la calidad de la chapa para estampado profundo será función de su composición química, propiedades metalúrgicas, condiciones de superficie y dimensiones — básicamente su espesor—. Suponiendo que una chapa ideal tiene un espesor ideal de H_i , en la práctica, la chapa real deberá tener una cierta tolerancia, por ejemplo, $H \pm 0,05$ mm. Tendremos entonces que el mejor índice de calidad en lo que hace a espesor, será su proximidad al standard H_i , dado por un número. Se pueden aplicar criterios similares a los otros factores enunciados, con reservas quizás para el acabado superficial. En el caso de un conjunto de chapas, la medida de la calidad puede ser la media aritmética de sus espesores \bar{H} ó, las características individuales de calidad, dadas por su desviación standard δ .

2. Calidad y costo

No es mi intención introducirme en este tema, que será discutido en una sesión técnica especial, pero es imposible pasarlo por alto pues determinar el marco en que se debe desarrollar el control de calidad. Mejorar la calidad de un producto hace que el costo de producción del mismo suba y ésto conduce en-

* Investigador Principal, Departamento de Metalurgia de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Director Programa Multinacional de Metalurgia (OEA).

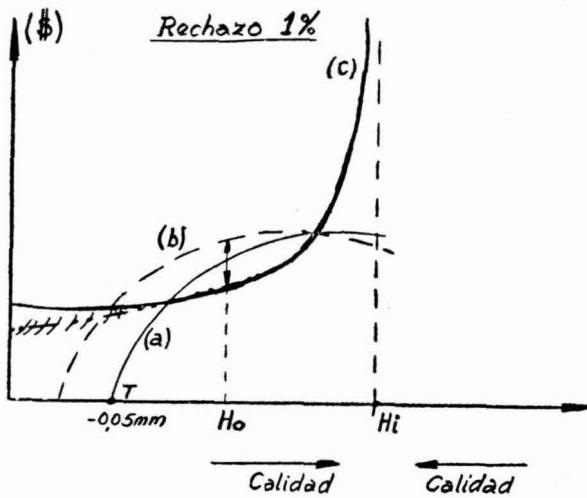


Fig. 1

tonces a una solución de compromiso, en la que deben evaluarse cuidadosamente ambos aspectos. Si la calidad es medida en una escala física (espesor ideal H_i), se puede graficar el valor del material en función de la calidad, tal como muestra la curva (a) de la Fig. 1. La curva se aplanan y es máxima para el espesor ideal H_i . Llega a cero cuando se alcanza la máxima tolerancia T . Como se indicó en el punto anterior, si se trata de una cantidad de elementos, se podrá considerar la distribución de frecuencia y aceptar que éstos en una

cierta cantidad saldrán defectuosos o fuera de tolerancia. La Fig. 2 presenta esa distribución para varias tolerancias y 1% de rechazo por defectos. La tolerancia es de $\pm 2,6 \sigma$. Si se traza la curva del valor de un producto en el que el 1% del material es defectuoso, tendremos la curva (b) de la Fig. 1, de características semejantes a la curva (a), pero desplazada. Dibujando ahora la variación del costo de producción para el proceso, en que también se determina que el 1% del material sale defectuoso, se tendrá la curva (c) en la Fig. 1. Tiene un valor muy elevado en las proximidades del espesor ideal H y tiende a un valor fijo si se amplían las tolerancias.

La conclusión de este esquema, quizá extremadamente simplificado, es que habrá un punto H_o donde la diferencia "valor — costo de producción" es mayor, o sea, donde es más rentable el proceso. En otras palabras, habrá una calidad óptima para tolerancias $\pm (H_i - H_o)$.

En forma similar, si se estudia la curva del costo de producción en función del rechazo para tolerancias fijas, también se presentará un mínimo, tal como muestra la Fig. 3. En la práctica hay un rechazo óptimo para un proceso dado, por lo que carece de sentido esforzarse por reducir más los rechazos.

Resumiendo, la calidad de un producto debe ser controlada a una tolerancia dada y rechazo, para obtener la relación de compromiso indicada, pretender mejorarlos a igualdad de los otros elementos en juego y para iguales condiciones de pro-

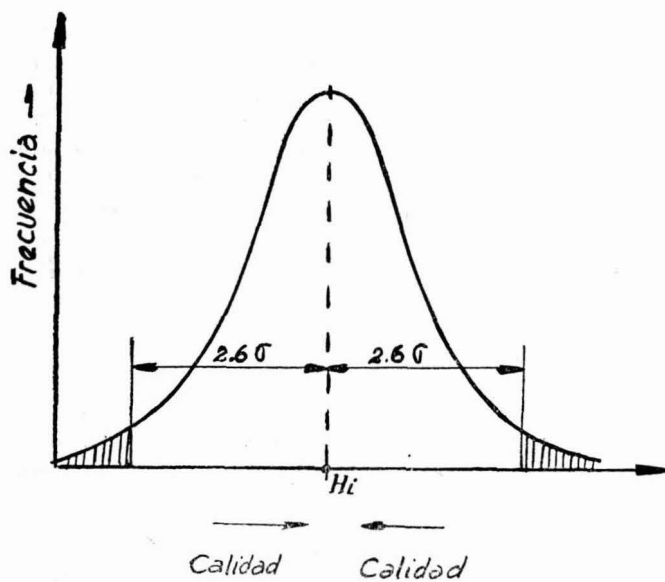


Fig. 2

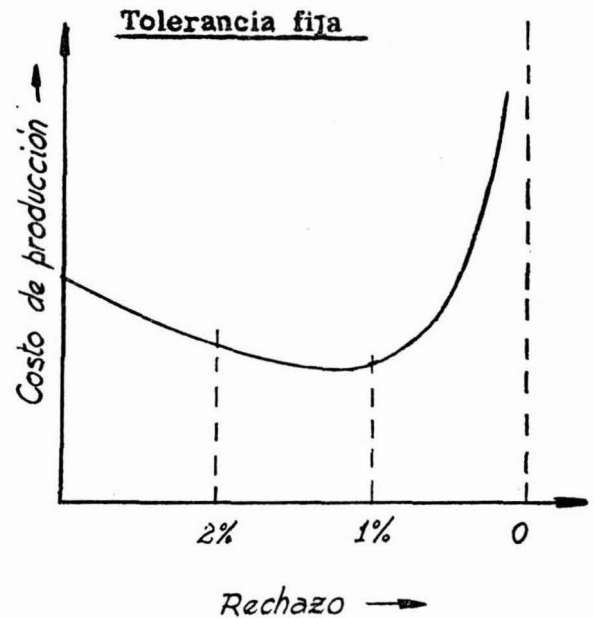


Fig. 3

ducción, es hacer antieconómica esa producción.

3. Calidad e investigación

La mejora en la calidad de un producto puede efectuarse por dos caminos distintos:

a) Mejorando la calidad de la materia prima; reduciendo las tolerancias; empleando mano de obra más calificada; aumentando la precisión de las máquinas; usando métodos más rigurosos de inspección, etc.

b) Utilizando la investigación científico-tecnológica con el objeto de optimizar y/o descubrir nuevos procesos.

Si bien ambos aumentan los gastos, hay diferencias interesantes e importantes entre ellos. El primer camino tiene la ventaja de que involucra simplicidad y factor-tiempo pequeño. La respuesta a una alteración de la demanda es muy rápida. Su desventaja es que el incremento en costo de producción debe pagarse sobre cada elemento fabricado y que presenta una situación estática. Por el contrario, la investigación científico-tecnológica produce beneficios más perdurables. La ciencia del control de calidad se desarrolla rápidamente — consideremos que en Inglaterra, aún en 1905, se limitaba al análisis químico y a los ensayos mecánicos —, y un modelo satisfactorio hoy, no se repite necesariamente en el futuro. Es necesario profundizar cada vez más en los conocimientos básicos para poder hacer investigación tecnológica. La sola acumulación de experiencia no alcanza para planificar los futuros desarrollos de técnicas y procesos.

Si bien por el camino de la investigación, debe pagarse también un precio extra por la calidad, en términos de costos de investigación, desarrollo, diseño y puesta a punto, una vez hecho el trabajo, puede aplicarse a todos los elementos del proceso y ese costo puede cargarse a un número indefinidamente grande de productos. Otras consecuencias no menos importantes de la investigación es la capacidad que adquiere la empresa en la adquisición más eficiente de nuevas tecnologías; el uso más inteligente y la mejor adaptación de la materia prima, de la mano de obra y del capital y, por sobre todo, capacidad técnico-científica de decisión propia, ante la complejidad de los problemas técnico-políticos-económicos que se presentan a diario en nuestros países latinoamericanos. No se debe olvidar que la investigación es capitalización, pues es acumulativa. Un investigador puede continuar el trabajo en el punto en que lo dejó otro. La desventaja inherente a este camino es el factor-tiempo. El trabajo de investigación es necesariamente un proceso lento.

Si bien como cita Sabato, "Para Estados Unidos el 80% de la ganancia anual promedio proveniente del incremento de productividad ha correspondido a la tecnología y el 20% restante al capital" en los últimos 75 años; no es posible dejar enteramente de lado el primer camino indi-

cado. De las características propias de cada empresa y de las regionales y nacionales de cada país, surgirá el mayor o menor énfasis dado a uno u otro camino para mejorar la calidad y por ende aumentar sus posibilidades de desarrollo tecnológico.

4. Calidad y sistema de control

Según Shewhart, "Un fenómeno se dirá que está controlado, cuando mediante el uso del conocimiento y de la experiencia, nosotros podemos predecir (con la probabilidad de que el fenómeno caiga dentro de ciertos límites) como puede esperarse que varíe en el futuro". Máquinas y procesos no sujetos a control, no continúan dando un producto de calidad constante. Luego de un cierto tiempo aparecen discrepancias entre el valor de calidad requerido y el obtenido, que se llama "error". Los procesos operan con un gran número de variables al mismo tiempo, pero para simplificar el análisis, supondremos que cada variable, con el error derivada de ella, es considerada independiente.

Este error tendrá dos causas:

i) Una atribuible a un desajuste de un factor conocido del proceso. Será un error con "causa asignable" y se puede corregir por ajuste de la causa en sí.

ii) Otra atribuible a factores desconocidos que aparecen en forma irregular. Serán con "causa no-asignable" y se tratarán por medio del cálculo estadístico. No se puede hacer ninguna acción para corregirlo.

En el caso i), el control es efectuado por el mismo error que pone en marcha un sistema o mecanismo que producirá una reducción del error. Se dice que es un sistema realimentado. Se aprecia así una clara diferencia entre un ciclo de operaciones predeterminadas y no-controladas, y aquellas controladas manual o automáticamente, en que el error actúa y que no es un ciclo predeterminado en su acción.

Para encarar el control de un proceso, se debe:

a) Encontrar los factores principales que afectan la calidad del producto a fin de determinar cómo y cuánto. Este trabajo es lento y costoso y exige una metodología científica en su búsqueda. Surgirán del mismo factores atribuibles a causas asignables y variaciones que siguen leyes estadísticas, que hemos llamado causas no-asignables. La investigación de las causas de variación; su separación en causas asignables y no-asignables y el asegurar la relación efecto a causa, son absolutamente esenciales y deben ser efectuados antes de establecer el sistema de control. En el campo metalúrgico gran parte del esfuerzo en investigación aplicada y tecnológica está orientado a entender los

procesos y estudiar la influencia de las múltiples variables que intervienen. Volveremos sobre este tema al finalizar este punto.

- b) La etapa siguiente es fijar los standards y definir las tolerancias o límites dentro de los cuales puede variar en forma aceptable el producto. En forma coincidente se deben asignar los límites correspondientes a los factores que causan o corrigen las variaciones en calidad. En lo posible, todos estos límites deben corresponder a mediciones físicas expresadas numéricamente. Los standards deben obtenerse de datos estadísticos, pero con una gran dosis de sentido común. Esta etapa es muy importante, pues involucra un análisis crítico de datos sobre costos, secuencias de operaciones, etc.
- c) La tercera y última etapa es la selección del sistema de control utilizado. Los principales son:
- i) Control manual (mediante un operador).
 - ii) Control automático.
 - iii) Control estadístico.
 - iv) Investigación operacional.
 - v) Control por computación.

Escapa al alcance del presente trabajo la discusión de estos distintos sistemas de control, que pueden encontrarse en la bibliografía especializada.

Por el contrario, reseñaré brevemente un punto bastante importante y que en general recibe poca atención. Son las llamadas variables primarias y secundarias en un sistema de control. Tomemos dos ejemplos: el control del espesor de un fleje durante la laminación actuando sobre la tensión delantera. Podemos decir que se está controlando sobre una "variable primaria", pues dentro de ciertos límites, el espesor del fleje es controlado con independencia de las variaciones del espesor de entrada, dando un producto uniforme a la salida. Por el contrario, si se considera un horno de recocido continuo de los mismos flejes, la temperatura del horno es controlada automáticamente y se supone que la temperatura del fleje alcanzará un valor prefijado y se mantendrá un cierto tiempo. Aquí el requerimiento final del fleje recocido, su calidad, estará dada por estructura y propiedades determinadas mientras que el control se efectúa sobre la temperatura del horno, que es una "variable secundaria". La calidad final del producto dependerá de la calidad o standardización del material de entrada. La consecuencia es que cuando se controla sobre una variable secundaria, no hay indicación directa de si la variable primaria (estructura y propiedades en nuestro ejemplo) se mantiene en la tolerancia especificada y se necesitan mediciones adicionales independientes. Para que este tipo de control funcione, es necesario que entre las variables primaria y secundaria (estructura y temperatura) haya una relación fija y definida, aunque no necesaria-

mente lineal. Además, las variables auxiliares deben también mantenerse entre límites muy estrechos

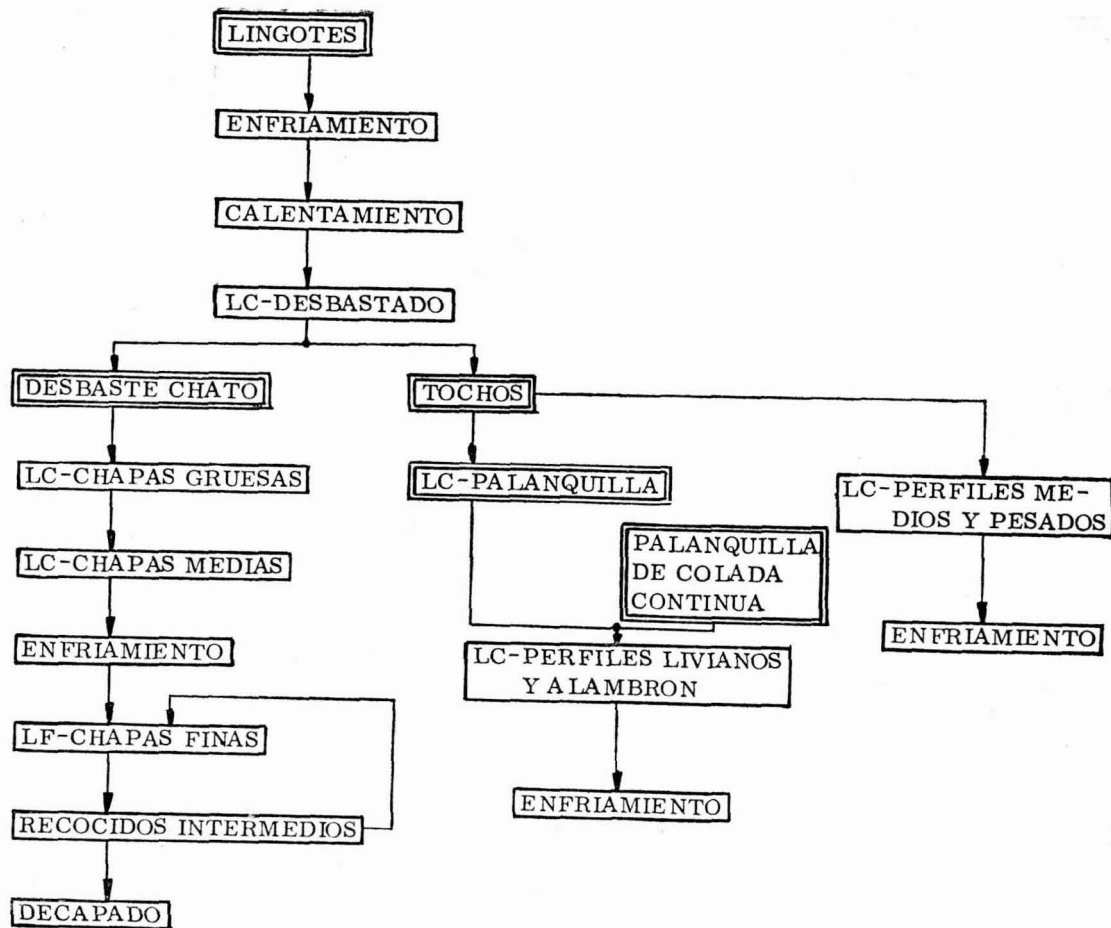
5. Laminación

Teniendo ya un panorama general del problema del control de calidad, lo referiremos al proceso de laminación. Se deberá considerar:

- i) Control de calidad de la materia prima: lingotes de fundición convencional; productos semielaborados; palanquillas o planchones de colada continua; etc.
- ii) Control de calidad de las distintas operaciones que intervienen en el proceso de laminado;
 - a) Calentamiento de los lingotes.
 - b) Recalentamiento de semi-elaborados (tochos, palanquillas y desbastes chatos).
 - c) Desbastado del lingote por laminación en caliente.
 - d) Laminación en caliente de productos planos.
 - e) Laminación en caliente de rieles, perfiles, alambrón, etc.
 - f) Laminación en frío de productos planos.
 - g) Recocido del material laminado en frío.
 - h) Homogeneizado de ciertos productos.
 - i) Decapado del material.
 - j) Varias de acabado (estañado, galvanizado, etc).
 - k) Otros procesos efectuados por laminación (forja, fabricación de tubos sin costura, laminadora planetario, etc.).

La Fig. 4 procura esquematizar las operaciones del proceso de laminación. Se indica como LC al laminado en caliente y LF al laminado en caliente y LF al laminado en frío. La doble línea señala la materia prima.

En general, en los procesos metalúrgicos, se actúa siempre sobre variables secundarias, cuyas relaciones con las primarias no cumplen esas relaciones definidas de que hablaríamos. E aquí uno de los problemas más serios que presenta el control de calidad operativo. Naturalmente que el control sería óptimo si se hiciera sobre las variables primarias pero, la Metalurgia es una disciplina compleja, pues trata de conocer y controlar una realidad compleja. No es disparatado suponer que en un proceso industrial metalúrgico cualquiera (laminación en nuestro caso) intervengan el orden de algunos cientos de variables simples, cuya interrelación racional se procura describir mediante las ciencias básicas (Matemáticas, Física, Química, etc.) o aplicadas (Ingeniería en general, Computación, Matemáticas Aplicada, etc). Debido a esto, no siempre se puede aplicar el tradi-



cional método científico de reducir todo a modelos simples. Esto conduce a la necesidad de buscar y desarrollar una metodología más adecuada, a la que llamamos "Investigación Tecnológica" (como traducción de "Development"). Nos encontramos ante un "sistema abierto" en el que queda demasiado por hacer y presenta permanentemente oportunidades y desafío intelectual a los metalurgistas que quieran aceptar el reto.

iii) Control de calidad de los productos terminados:

- a) Semielaborados (tochos, desbastes chatos y palanquillas).
- b) Chapas gruesas y medianas de laminación en caliente.
- c) Chapas finas de laminación en frío (para estampado profundo, estañado, galvanizado, etc).
- d) Perfiles medianos y grandes (rieles, L, U, T, I, etc.).
- e) Perfiles livianos, barras y alambón.
- f) Tubos sin costura, llantas, etc.

6. Factores básicos que afectan el proceso de laminación

Se dijo que para hacer investigación tecnológica, se debe profundizar en los conocimientos básicos. El objetivo de este punto es enumerar los factores que pueden afectar al proceso de laminación. Como es lógico, al ser la laminación un proceso que produce cambio de forma en el metal, interesan fundamentalmente los que interactúan con la resistencia a la deformación del mismo.

i) Factores estructurales del material

- a) *estructura cristalina:* en el caso del hierro puro y aceros de baja aleación, se presentan normalmente dos estructuras: cúbica centrada en el cuerpo (Fe-alfa y ferrita) y cúbica centrada en las caras (Fe-gamma y austenita). Si bien la primera presenta mayores posibilidades de deformación por poseer mayor número de sistemas de deslizamiento (48 sistemas), es fuertemente influenciada

da por las impurezas. Esto hace que en la práctica, para las aleaciones comerciales, la cúbica centrada en las caras (12 sistemas) ofrezca mejores características de deformabilidad.

b) *Densidad y distribución de defectos.* Consideraremos como tales:

— número de vacancias e intersticiales (en equilibrio térmico o producidos por deformación).

— densidad y distribución de dislocaciones: la dislocación es el mecanismo básico de la deformación.

— fallas de apilamiento: se presenta en las estructuras cúbicas centradas en las caras y, en cierta medida, permite evaluar el grado de endurecimiento por deformación.

— bordes de grano: inversamente relacionado al tamaño de grano. La relación de Hall-Petch: $\sigma_y = \sigma_i + K d^{-1/2}$ indica que las características de resistencia mecánica del producto final dependerá de su tamaño de grano d . La obtención de un pequeño tamaño de grano final es, por ejemplo, el objeto de la "laminación controlada", para mejorar las propiedades mecánicas del producto final.

c) *Composición.* Rara vez los metales se utilizan puros, se procura mejorar sus propiedades mediante el agregado de elementos aleantes. Una aleación se puede suponer compuesta por: el metal base; los elementos aleantes, que dan las características fundamentales de la aleación; los componentes menores, pequeñas cantidades agregadas para modificar o controlar ciertas propiedades; impurezas, que son restos de otros elementos químicos procedentes de la reducción de los minerales o del refinado del metal.

Se necesita entonces conocer:

— solubilidad de gases. Influyen en la solidificación y calentamiento o enfriamiento.

— tipo y composición de las impurezas: algunas de ellas pueden, por ejemplo el azufre, provocar "fragilidad en caliente" (hot-shortness) en el material.

— elementos aleantes y componentes menores. Debe poseerse los diagramas de equilibrio termodinámico binarios, ternarios, cuaternarios, etc., así como conocer las posibles modificaciones que puedan introducir los componentes menores. Igualmente se debe tener conocimiento de la cinética de las reacciones y de los mecanismos de transformaciones de fase.

— tamaño y distribución de precipitados e inclusiones. De las inclusiones, las más importantes son las no-metálicas, producidas por reacción de impurezas con elementos aleantes o componentes menores o, simplemente, por arrastre de refractario o reacción del metal con el mismo. Ambas pueden modificar sustancialmente el comportamiento mecánico del material, por ejemplo actuar como inhibidores del crecimiento de grano en el recocido o la laminación en caliente (caso del nitruro de aluminio).

ii) *Estados de tensiones y deformaciones y sus relaciones.* Dentro del campo de la mecánica del continuo, se pueden considerar dos aspectos:

a) el enfoque metalúrgico, que procura determinar, mediante la aplicación de las teorías de plasticidad del continuo y los métodos de investigación de los procesos de trabajado, las tensiones y fuerzas necesarias para producir las deformaciones requeridas en el material.

b) el enfoque mecánico, que utiliza el estado de tensiones resultante del estudio anterior, para poder diseñar, aplicando relaciones elásticas u otros criterios de cálculo, los equipos laminadores en que se efectúa el proceso. Naturalmente que también interviene en la operación del proceso, a fin de asegurar la viabilidad de aplicar determinadas deformaciones a materiales de características de resistencia mecánica conocidas.

iii) *Tipo de tensiones a que se encuentra sometido el material.* El comportamiento mecánico de los materiales varía con el estado de tensiones a que se encuentre sometido. Así, mientras un acero SAE 1010 sometido a tracción solo puede deformar un 25 a 30%, pues aparece la inestabilidad plástica en tracción; si se lo deforma por compresión, puede llegar a un 90 ó 95% de deformación. Afortunadamente, en la laminación las tensiones actuantes son de compresión, pero debe tenerse en cuenta la baja deformabilidad en tracción cuando se lamina en frío con tensión delantera o trasera.

iv) *Geometría de la deformación.* Sólo en forma excepcional la deformación es homogénea. Esta inhomogeneidad conduce a la creación de tensiones residuales en el material. Por ejemplo, pequeñas reducciones en laminación hacen que la deformación sea superficial. El caso extremo es el llamado "laminado superficial" (surface rolling) que es un tratamiento superficial para dejar un estado de tensiones residuales de compresión en la superficie del material.

Por el contrario, si las deformaciones son muy grandes, la deformación es mayor en la zona central del material, invirtiendo el signo de las tensiones residuales.

También debe tenerse en cuenta el llamado "trabajo redundante", que produce pérdidas y tiene un significado semejante a un recalado interior del material.

v) *Textura*. La rotación que se produce en los planos cristalográficos de deslizamiento de cada uno de los cristales que forman el policristal sometido a deformación, hace que éste pierda las características isotrópicas que presentaba por una distribución al azar de sus pequeños cristales anisótropos. Luego de una dada deformación aparecerá una orientación preferencial o textura en el material laminado, que se acentuará al aumentar la deformación. Es ésta la llamada textura de

deformación. El posterior recocido de la chapa no elimina la textura, sino que crea una nueva, llamada textura de recristalización.

vi) *Relaciones entre el material y los cilindros*. En mayor o menor grado, siempre se producen puntos de unión entre dos superficies en contacto a elevada presión. La formación y posterior destrucción de estas uniones conduce al fenómeno de fricción. La minimización del mismo se procura con el uso de lubricantes adecuados. Mientras que la fricción puede ser muy baja para la laminación de chapas en frío (aproximadamente 0,05), adquiere valores elevados para la laminación en caliente, en especial para la laminación en canales cerrados de ciertos perfiles (puede llegar a 0,40 o más).

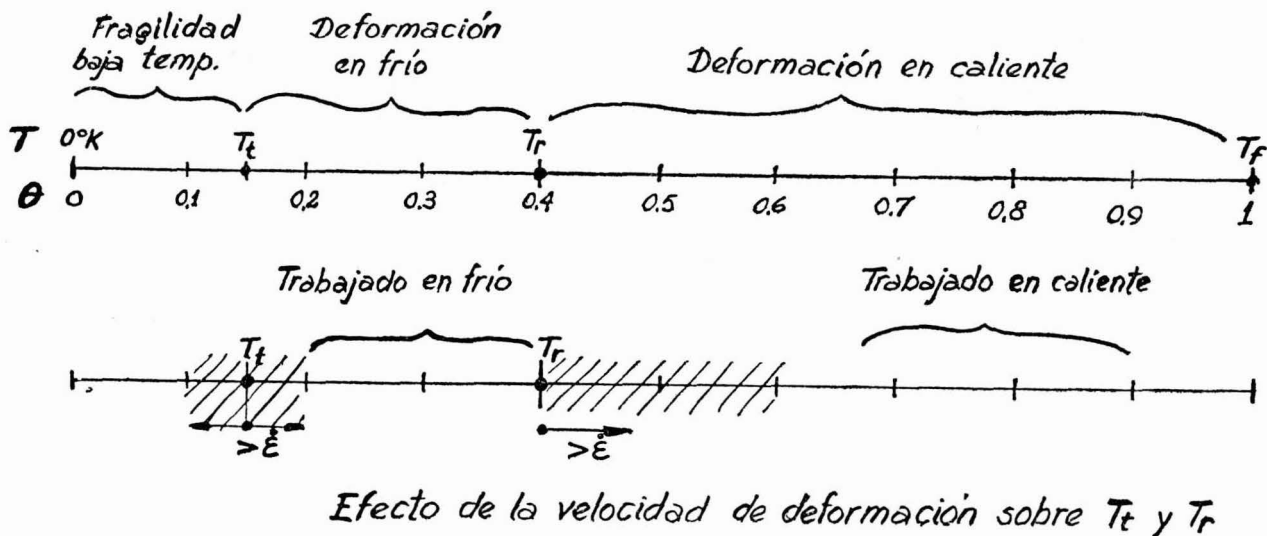


Fig. 5

vii) *Temperatura*. La temperatura modifica radicalmente el comportamiento mecánico de un material. Si se utiliza la llamada "relación de temperaturas homólogas" $\theta = T/T_f$ - donde T_f es la temperatura de fusión absoluta del metal (en°K) y T la temperatura absoluta actual, se podría dibujar el esquema de la Fig. 5, que es un segmento que vá desde 0°K hasta T_f °K. En el mismo se aprecian dos temperaturas características: T_t — temperatura de transición, en la que se produce la transición de un mecanismo de deformación por deslizamiento, a uno de fractura por clivaje; la otra, T_r — temperatura de recristalización, es por definición: la temperatura en que se obtiene un 90% de estructura recristalizada, si se mantiene durante una hora, el metal deformado en frío entre 70 y 80%.

Estas dos temperaturas determinan tres zonas características:

- I — fragilidad a baja temperatura: entre 0° y T_t °K (aprox. $0,15 T_f$).
- II — deformación en frío: entre T_t y T_r °K (T_r aprox. $0,40$ para metales puros).
- III — deformación en caliente: entre T_r y T_f °K. se puede apreciar que en esta zona se superpone al mecanismo de deformación, otro mecanismo de recuperación y recristalización.

Desde el punto de vista práctico, lo visto permite fijar los rangos de temperatura de trabajado en frío y en caliente. Si tomamos cierto margen de seguridad:

a) *trabajado en frío*: entre $0,20$ y $0,40$ de T_f .

b) *trabajado en caliente*: entre 0,7 y 0,9 de T_f (o de la temperatura de sólidos).

Esto quiere decir que el rango de temperaturas es independiente de la temperatura ambiente. El plomo o el zinc, a 20°C se deforman en caliente; mientras que el tungsteno a 600°C está deformado en frío.

A los efectos descritos de la temperatura, debe agregarse la transformación polimorfa o alotrópica que se produce en ciertos metales. Tal de Fe-alfa a Fe-gamma a 910°C. Esta transformación de fase modifica también las características de deformación, pues como se vió en el punto 6.i.a, la estructura cristalina influye sobre la misma.

viii) *Tiempo*. El tiempo durante el cual se efectúa el proceso, es también un factor muy importante. Normalmente se le incluye o estudia como "velocidad de deformación". Es conveniente analizarlo en relación con la temperatura.

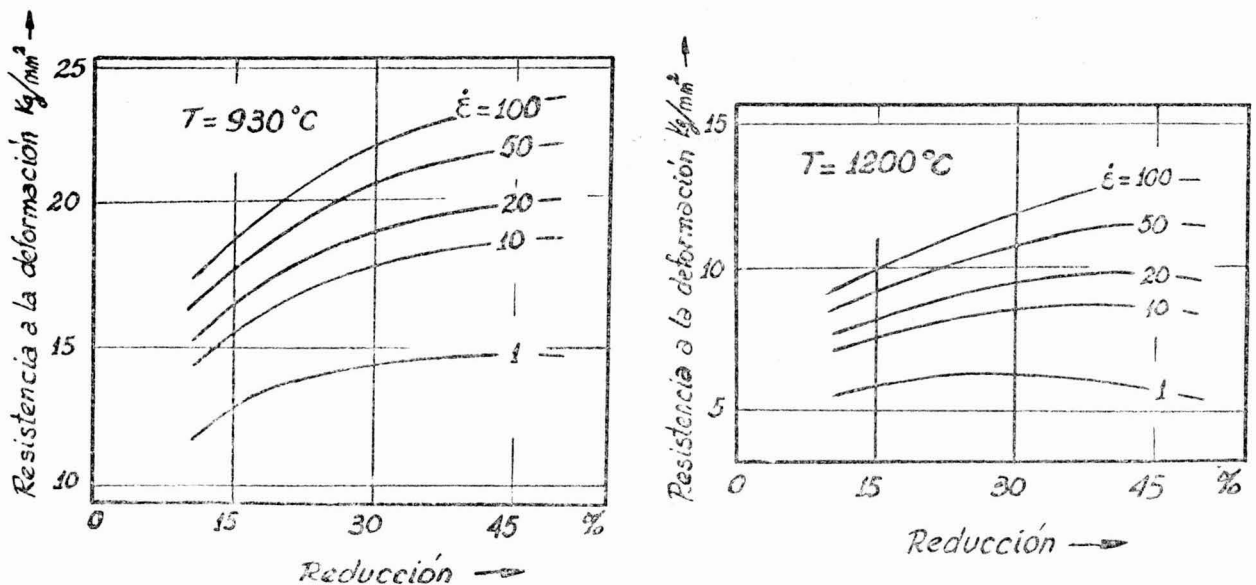
a) *temperatura de transición*: al aumentar la velocidad de deformación, aumenta también la temperatura de transición, o sea, el material se torna frágil a temperaturas cada vez más elevadas. Por esta razón, la determinación de la temperatura de transición se hace mediante el ensayo de impacto, que se

efectúa a alta velocidad de deformación.

b) *temperatura de recristalización*: el aumento de la velocidad de deformación indica que la deformación se produce en tiempos cada vez más cortos. Como la temperatura de recristalización estaba definida para un tiempo de una hora, al disminuir el tiempo, será necesario mayor temperatura y se tiene entonces una "temperatura de recristalización aparente". Por esta razón se toma como límite mínimo para el trabajado en caliente 0,7 T_f .

c) *trabajado en frío*: puede considerarse que el efecto del aumento de la velocidad de deformación, prácticamente no influye sobre la resistencia a la fluencia del material para este rango de trabajo.

d) *trabajado en caliente*: por razones idénticas a las dadas en b), al ser los tiempos cada vez menores, no dá lugar a que se produzca la recuperación de las propiedades mecánicas ni la recristalización (ambos procesos activados térmicamente), esto hace que la resistencia a la deformación del material se incremente notablemente al aumentar la velocidad de deformación. La Fig. 6 muestra esa influencia para un acero con 0,17% de carbono para 930°C y 1200°C.



Influencia de la velocidad de deformación a diversas temperaturas

Fig. 6

ix) *Transmisión del calor y shock térmico.* Durante las operaciones de calentamiento y enfriamiento, es muy importante esta propiedad, pues puede conducir a tensiones residuales térmicas elevadas en el lingote o el semielaborado. Además, las velocidades de calentamiento y enfriamiento deben ser cuidadosamente controladas en algunos aceros para obtener permanentemente condiciones de equilibrio termodinámico en soluciones sólidas con gases.

7. *Control de calidad de la materia prima.*

No se considerará aquí este problema, pero sí he creído conveniente resumir los requerimientos del lingote para trabajado. Es tradicional la lucha entre aceristas y laminadores, haciéndose mutuamente responsables de los defectos del material laminado. Como apreciarán, si el lingote cumple estas especificaciones, el rechazo del material laminado bajaría por lo menos un 60 á 70%.

i) *calidad superficial.* Evitar los defectos:

inclusiones superficiales de restos de escoria, recubrimiento de crisol o lingotera, etc.
arrugas formadas por capas de óxidos tenaces no disueltas
salpicaduras oxidadas que no soldarán durante el trabajado
exudaciones producidas por segregación inversa
fisuras por tensiones de tracción durante el enfriamiento.

En la cita 10 de la bibliografía se presenta una excelente clasificación de ellos.

ii) *calidad interior.* Disminuir o evitar:

rechupe producido por la contracción
sopladuras producidas por gases
inclusiones no-metálicas
fisuras internas producidas durante la solidificación o el enfriamiento.
segregación

iii) *estructura.* Capaz de deformar en cualquier dirección y sin riesgo de fracturas o grietas.

estructura columnar lo menor posible, procurando que sea toda equiaxial.
si hay precipitados o fases dispersas, que estén lo más finamente distribuidas.

8. *Control de calidad en las operaciones que intervienen en el proceso de laminado.*

Como ustedes comprenderán, escapa al objetivo y tiempo de esta conferencia, el análisis de cada una de las operaciones indicadas en el punto 5. ii, con la discusión de sus variables pri-

marías y secundarias, etc. Sin embargo, he creído interesante, describir la primera de ellas, para apreciar cómo se aplican los parámetros que hemos enunciado en el punto 6. Se ha considerado solamente aceros al carbono y de baja aleación bonificables.

Calentamiento del lingote

La operación previa al trabajado en caliente, es llevar el lingote a temperatura. Se efectúa en hornos continuos o en hornos de fosa. Este calentamiento además de la función específica de calentar y homogeneizar la temperatura en el lingote, permite también en muchos casos, mejorar sensiblemente la calidad superficial de los lingotes por oxidación y posterior descascarillado de los defectos de superficie.

8.1 *Oxidación*

Para enfocar este problema, se debe tener presente que es una solución de compromiso entre:

a) *espesor de la cascarilla* suficiente como para oxidar la mayor parte de los defectos superficiales y permitir un correcto descascarillado.

b) *rendimiento del lingote* con poca pérdida por metal oxidado.

8.1.1. *Atmósfera del horno:* en base a lo dicho se procura que sea ligeramente oxidante (O₂, CO₂, H₂O, SO₂, etc.) y con el menor contenido posible de oxígeno libre.

La absorción del azufre de los gases de combustión por parte de la superficie oxidada del lingote, hace que este difunda como sulfuro en el acero y la atmósfera reductora acelera esta absorción, mientras que na atmósfera oxidante la retarda. El níquel, cobre y molibdeno incrementan la absorción de azufre.

En presencia de óxido de níquel no conviene usar atmósfera reductora, pues al efecto anterior se agrega la reducción del óxido de níquel, quedando níquel libre en la capa oxidada adyacente al lingote. Esto dificulta enormemente al descascarillado.

8.1.2. *Composición de la cascarilla:* el hierro a bajas temperaturas forma óxidos muy protectores (relación de Pilling-Bedworth aproximadamente igual a uno). A medida que aumentar la temperatura entre los 232°C y los 316°C, dá los colores de revenido por interferencia.

El mecanismo de formación de la cascarilla es de naturaleza dinámica, formándose y reduciéndose conjuntamente los óxidos de hierro más enriquecidos en oxígeno. Hasta los 566°C no se presenta el óxido ferroso y las películas de óxido férrico y ferroso-férrico son muy adherentes y difíciles de eliminar, incluso por decapado ácido.

A las temperaturas del calentamiento para desbastado, o sea de 800°C á 1300°C, se forman tres capas en la cascarilla:

- hematita u óxido férrico en la superficie (poco espesor: — 0,5 á 2%).
- magnetita u óxido ferroso-férrico en la capa inmediata inferior (espesor del 10 al 15%).
- wüstita u óxido ferroso en contacto con el metal (espesor del 85 al 90%).

El agregado de pequeñas cantidades de elementos aleantes no modifica sustancialmente esta distribución, si bien se hace más compleja por la interacción de óxidos o su posible reducción parcial. El cromo en cantidades mayores del 4% modifica sustancialmente esta distribución.

8.1.3. *Adherencia de la cascarilla:* dada la importancia de su eliminación, se estudia su adherencia. En general ésta es inversamente proporcional al espesor. Desde los 700°C, la máxima adherencia se tiene entre 800°C y 820°C y es muy débil por arriba de los 950°C.

Lustman, en base a trabajos de E. Scheil de 1935/36, supone que el agregado de cromo, aluminio, y silicio, forma óxidos internos y/o dobles con el FeO, que se depositan en la superficie del metal (a menudo en bordes de grano) y dificultan la eliminación de la cascarilla. Por el contrario, Bernard indica que en caso de aceros ligeramente aleados, los elementos de adición que tienen una afinidad con el oxígeno mayor que la del hierro, dan lugar a la formación de una capa intermedia de óxido, disminuyendo la adherencia. Tal sería el caso del aluminio, silicio y fósforo. Este último se basa en trabajos más recientes.

Cuando los elementos aleantes tienen una afinidad con el oxígeno menor que la del hierro, ocurre lo contrario de lo expuesto anteriormente. Es el caso del cobre y el azufre que precipitan en la interfase Fe-FeO en forma de inclusiones plásticas.

8.1.4. *Pérdidas del material:* se debe tener presente que para cualquier proceso de trabajado en caliente, las pérdidas por oxidación del lingote se producen no solamente durante el calentamiento, sino también durante el proceso en sí. Estas últimas pueden llegar a ser del mismo valor o, incluso, mayores que las de calentamiento. Las pérdidas en el descascarillado oscilan entre el 2 y el 5% del peso total del lingote.

Las pérdidas serán función de la oxidación y, por lo tanto de la velocidad de oxidación. La temperatura incrementa a ésta y, si se considera una velocidad de oxidación unitaria para los 900°C, se tendrá: 1,25 á 950°C, 2 á 1000°C; 3,5 á 1100°C y 7 á 1300°C. En los aceros al carbono la velocidad de oxidación varía acentuadamente entre 1350°C y 1375°C, temperatura a la cual comienza la fusión de la cascarilla.

8.1.5. *Influencia del contenido de carbono:* la bibliografía indica que, si bien hay una ligera influencia del contenido de carbono sobre la veloci-

dad de oxidación y, por lo tanto sobre el espesor y tipo de cascarilla, ésta es despreciable para el rango del contenido de estos aceros: 0,2 á 0,6% C.

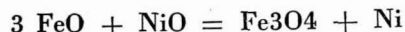
8.1.6. *Influencia de los elementos aleantes:* es en general muy pequeña sobre la resistencia a la oxidación ó la velocidad de oxidación, para los bajos contenidos de aleantes usados en estos aceros. Analizando cada uno de ellos:

molibdeno es el único que afecta algo la velocidad de oxidación. Un contenido de 0,64% disminuye esa velocidad a 1000°C, tendiendo a anularse este efecto con más de 2,6%. Se debe a la formación de una capa de MoO₂ entre el hierro y su óxido.

cromo: recién comienza a tener influencia sobre la oxidación con tenores mayores al 4%.

manganeso, aluminio y silicio: no tienen ninguna influencia. Recién en altos contenidos modifican.

níquel, cobre y cobalto: muestran una cierta concentración del metal aleante en la interfase Fe-O Fe como ya se indicó. El más conocido es el efecto del níquel. Cuando el FeO llega a tener un contenido en hierro mayor del 72%, el NiO es reducido según la ecuación:



el níquel se deposita entonces en la interfase y fija la cascarilla, dificultando extraordinariamente su eliminación. Para tener una idea de este problema, basta el dato de la presión del chorro de agua descascarillador, que es de 70 kg/mm².

8.2 Temperatura de calentamiento

Para los aceros aquí discutidos que lo limitaremos a baja aleación, no hay prácticamente temperaturas críticas dadas por la solubilización de carburos, nitruros, etc. Puede suponerse que todos los elementos aleantes se encuentran en solución sólida a la temperatura de trabajo.

Una tabla de las temperaturas máximas para el desbastado en función del contenido de carbono se dá a continuación.

TABLA I — Temperaturas de desbaste para aceros al carbono y aleados

Contenido	T _{máx}	T _{máx} aleados	T _{máx}
%	°C	°C	°C
0,10	1315	1285	30
0,20	1300	1260	40
0,30	1285	1230	45
0,40	1285	1230	45
0,50	1260	1200	60
0,60	1230	1200	30
0,70	1215	1185	30

Soler estudió la influencia de la composición química sobre las temperaturas para el trabajado en caliente. Hall recoge estos datos en un gráfico reproducido en la Fig. 7. Los valores aquí representados son ligeramente menores que los de la tabla anterior (unos 30°C) y muestran que prácticamente no hay diferencias entre aceros al carbono o ligeramente aleados. Todos los datos se encuentran en una banda de temperaturas de 50°C.

En lo que hace a las temperaturas mínimas de trabajado, para el rango de 0,2 á 0,6%, se puede considerar que estarán unos 70°C á 100°C por encima de las temperaturas de transformación eutectoidea. Ello hace que el níquel y el manganeso la disminuyan levemente, mientras que el cromo, silicio y molibdeno la incrementan, en ese orden, para iguales tenores de composición.

Lo expuesto es válido para operaciones primarias de trabajado (que dá productos semi-elaborados). En operaciones secundarias o de acabado, se puede llegar prácticamente a la temperatura de transformación eutectoidea.

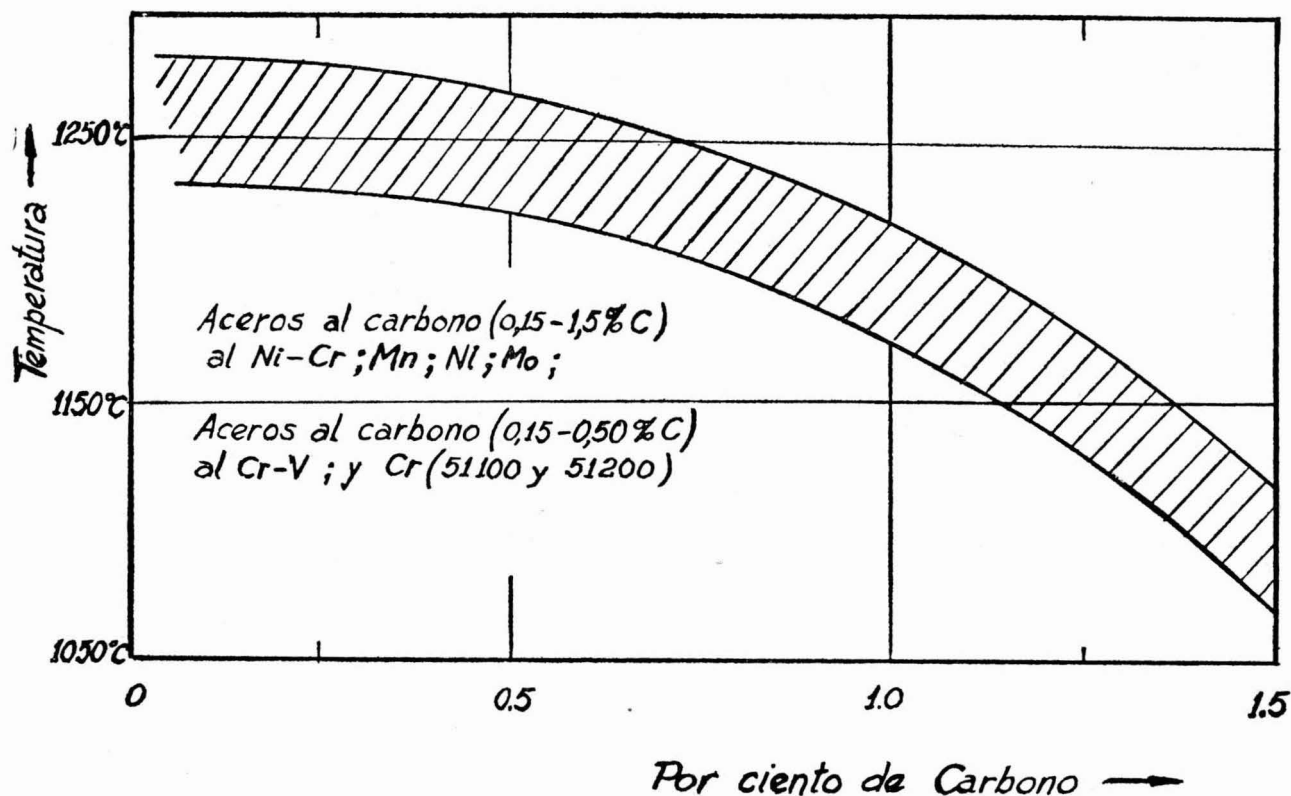
8.3 Defectos en el calentamiento

Antes de considerar los defectos que se pueden introducir durante el calentamiento, es conveniente tener presente las dos posibilidades:

- i) que el lingote es cargado en el horno caliente, es decir, una vez extraído de la lingotera.
- ii) que el material está frío. Pueden ser lingotes o semieleborados provenientes de la playa de almacenamiento.

Las causas más importantes de defectos son: velocidad de calentamiento, temperatura, tiempo y atmósfera del horno.

8.3.1. *Velocidad de calentamiento:* debido a la baja conductividad térmica de los aceros, se produce un gradiente de temperatura desde la superficie hacia el centro de los lingotes durante el calentamiento. Esa conductividad térmica disminuye con el agregado de elementos aleantes, variará la disminución en función del elemento aleante. En la Tabla II se indican las conductividades térmicas para 300°C y 800°C de hierro puro, aceros al carbono y de baja aleación.



Temperatura inicial de desbastado para diversos aceros

Fig. 7

TABLA II — *Conductividades térmicas para hierro y aleaciones*

á 300°C á 800°C

	Fe puro	0,132*	0,071
	0,08 C	0,118	0,068
	0,23 C	0,110	0,059
	1,1 Cr- 0,32 C	0,101	0,062
0,2 Mo - 0,3 Ni-	0,9 Cr- 0,35 C	0,097	0,063
	3,5 Ni- 0,2 Cr- 0,33 C	0,094	0,060
0,4 Mo - 3,5 Ni-	0,8 Cr- 0,34 C	0,085	0,064
	0,41 C	0,109	0,059
	0,1 Cr- 0,80 C	0,099	0,058

* Las conductividades están dadas en cal. cm/seg. cm² °C

Se aprecia que en los aceros aquí indicados hay diferencias de hasta un 20% en la conductividad térmica a 300°C, que bajan a un 8% para 800°C y prácticamente desaparecen a temperaturas mayores.

El gradiente de temperatura produce un estado de tensiones térmicas debido a dos efectos diferentes:

- Dilatación lineal en la superficie.* La superficie, a mayor temperatura, dilata más que el centro. Ello hace que el centro del lingote se encuentre traccionado y la superficie comprimida. A bajas temperaturas, cuando el material aún no es suficientemente plástico, aparecen grietas internas que generalmente sueldan en el posterior trabajado.
- Transformación alfa-gamma.* Con la consiguiente contracción de volumen que se inicia en la superficie más caliente. Se produce compresión en el centro y tracción en la superficie. Este desfavorable estado de tensiones actúa sobre los defectos superficiales (que son concentradores de tensión) y forma grietas que oxidan y no sueldan, dejando defectos permanentes.

Como ya se vió al hablar de temperaturas mínimas de trabajado, los elementos aleantes prácticamente no influyen sobre esta temperatura de transformación.

El *grado de calmado* del lingote también influye sobre la sensibilidad a la velocidad de calentamiento indicada a veces como choque térmico.

Otro factor a tener en cuenta con la velocidad de calentamiento, es la relación entre la masa a calentar y la superficie de calentamiento, esto es, el *tamaño del lingote*. Se dan algunas normas empíricas al respecto:

- Lingotes pequeños:* de 100 kg á 1-2 ton. Se suele indicar la velocidad de calentamiento como el tiempo necesario para calentar el lingote por cm de espesor o diámetro.

espesor min. ó diámetro ≤ 75 mm; aceros de $\leq 0,50\%$ C \rightarrow min/cm.

espesor min. ó diámetro ≤ 75 mm; aceros al carbono y legeramente aleados $\rightarrow 2,5-3$ min/cm

espesor min. ó diámetro de 75 mm á 225 mm; aceros al carbono y legeramente aleados $\rightarrow 6$ min/cm

- Lingotes grandes:* de 1-2 ton á 10 ton. Se dan los tiempos totales de calentamiento.

aceros con $< 0,3\%$ C; \rightarrow (peso en ton) horas + 1 hora

aceros con 0,3 á 0,8% C; \rightarrow (peso en ton) horas + 4 horas

De lo expuesto se desprende que es necesario considerar tres etapas de calentamiento para evitar defectos:

- 1) baja velocidad de calentamiento para bajas temperaturas y hasta pasada la temperatura de transformación.

- 2) alta velocidad de calentamiento compatible con la oxidación y los otros factores, desde la temperatura de transformación y hasta que la superficie alcance la temperatura deseada.

- 3) Reducir la entrega de energía calórica a un valor que compense las pérdidas del horno y permita homogeneizar la temperatura en el interior del lingote.

Como la temperatura interior del lingote no se puede medir, el tiempo de compensación (soaking time) requerido para que el centro también llegue a la temperatura deseada, debe ser cuidadosamente controlado y se deben tener presente: temperatura del lingote en el momento de la carga en el horno, tamaño del lingote y conductividad térmica del acero utilizado.

8.3.2. *Influencia de la temperatura:* al pasarse de las temperaturas indicadas en el punto 8.2, surge el problema del *sobrecalentamiento*. Su efecto hay que considerarlo por separado sobre los lingotes o sobre el material semielaborado.

En una atmósfera muy oxidante, la oxidación será muy violenta y el aumento de temperatura en la superficie que se oxida puede producir también sobrecalentamiento. Se tiene entonces que son importantes: temperatura, tiempo y atmosfera del horno.

En el caso de lingotes, la alta temperatura no modifica la estructura de solidificación, pues sólo elimina da segregación microscópica. Pero en el caso de material semi-elaborado, el principal problema es el enorme crecimiento de grano que tiene lugar. Se suelen usar inhibidores al crecimiento de grano.

Si la temperatura es superior a los 1370°C, puede fundirse el óxido superficial, dando un "lingote lavado", se produce una excesiva oxidación, con el consiguiente menor rendimiento del lingote.

A temperaturas mayores puede producirse el quemado, fenómeno sumamente complejo por el cual el óxido de hierro y el sulfuro de hierro difunden en los límites de grano, llegan a fundirse y dejan los granos disgregados en toda la zona cercana a la superficie.

En general, este quemado no aparece en aceros de bajo carbono ($< 0,30\%$), pero por arriba de esos tenores, la sensibilidad al quemado aumenta notablemente con el carbono. El níquel y el molibdeno también incrementan el quemado, mientras que el cobre, el silicio y el cromo disminuyen la tendencia al quemado.

8.3.3. *Descarburización*: durante el calentamiento, no sólo se oxida el hierro, sino también el carbono. El hidrógeno también se combina con el carbono dando hidrocarburos. A estos fenómenos se les llama descarburización.

En las zonas adyacentes a la superficie, el carbono difunde hacia la superficie, para reducir el gradiente de concentración que aparece. Se forma así una zona de bajo contenido de carbono o descarburizada.

Los factores más importantes que influyen sobre la descarburización son: atmósfera del horno, temperatura, tiempo y tamaño del lingote.

En forma muy general se pueden distinguir tres zonas:

- a) zona superficial con muy poco carbono (prácticamente ferrita pura)
- b) zona intermedia con el gradiente de concentración de carbono
- c) zona interior sin descarburizar, en la cual se mantiene la composición nominal del carbono.

Las zonas a) y b) dan la "profundidad de descarburización".

El efecto de los elementos aleantes sobre la descarburización es el siguiente: el carbono, aluminio y cromo la incrementan; el silicio y el níquel prácticamente no la afectan; el manganeso la disminuye.

Blain, describe un método utilizado en algunas fábricas alemanas para eliminar la capa descarburada. Consiste en calentar en una atmósfera levemente oxidante primero, cambiando luego y por un corto tiempo a una atmósfera muy oxidante. De esta manera, la zona descarburada se oxida y es eliminada en el posterior descascarillado.

8.3.4 *Influencia de la segregación*: la segregación es imposible de eliminar totalmente, debido que es inherente al proceso de solidificación.

La segregación aumenta si hay movimiento relativo entre el líquido y la interfase sólido-lí-

quido. Esto hace que el lingote calmado presente menor segregación que el efervescente.

El azufre es el elemento que más segrega. El carbono y el fósforo presentan también bastante segregación y el silicio y el manganeso muy poca.

En la cabeza de los lingotes calmados y semi-calmados, durante el calentamiento se puede producir oxidación a través de los espacios interdendríticos fuertemente segregados, y llegan a producir fisuras.

En los aceros resultados, se forman delgadas capas interdendríticas de sulfuro de hierro y de sulfuro de hierro-manganeso con pequeñas cantidades de una fase vítrea (posiblemente silicatos). Al calentar, esas capas oxidan y forman grietas en la superficie del lingote.

8.3.5. *Influencia de las inclusiones*: el efecto más marcado de las inclusiones en lo que hace al calentamiento, es el de actuar como concentradores de tensión cuando se encuentran sobre la superficie o la cortan.

Para aceros calmados y semicalmados, si la temperatura es muy alta, el material no-metálico de la cabeza del lingote, que se puede suponer como mezcla e inclusiones y de escorias, llega a fundir. Llena así las cavidades del rechupe y no permite que éste suelde al ser deformado el lingote en caliente.

8.3.6 *Operación del horno*: a fin de minimizar los defectos ya mencionados y que se producen durante el calentamiento (tales como descarburización, quemado, etc.), es importante actuar sobre la operación del horno. Interesa entonces:

- i) *Control de la atmósfera* y por lo tanto del combustible y de su combustión, de acuerdo a lo dicho en el punto 8.1.1.
- ii) *Material de la cámara de combustión* y de carga, que deben ser refractarios básicos para evitar que con el óxido de hierro del lingote, se formen escorias de bajo punto de fusión.
- iii) *Posición de carga* de los lingotes. Se puede llegar a producir sobrecalentamiento, quemado o descarburización local en el sitio donde pega la llama. Por otro lado los lingotes calmados y semi-calmados conviene cargarlos boca abajo para prevenir las incrustaciones de cenizas y aumentar así el rendimiento del lingote.
- iv) *Secuencia de carga*. Ya se indicaron las temperaturas y tiempos de calentamiento para los distintos aceros. Un caso muy particular es el de los aceros resultados, en los que es muy importante que se deje pasar muy poco tiempo entre la extracción de la lingotera y la carga en el horno. Si no se puede hacer así, es preferible mantener el lingote en la lingotera hasta que se enfríe, recién entonces sacarlo y cargarlo y calentarlo muy lentamente.

CARLOS A. MARTINEZ VIDAL

Ingeniero Mecánico y Electricista en 1953, Universidad Nacional de La Plata. Estudios de postgraduado en Metalurgia en la Technische Hochschule de Stuttgart, Alemania (1957-58).

Desde 1954 pertenece al personal de la Comisión Nacional de Energía Atómica, donde se desempeñó como Investigador, Jefe División Trabajo de Metales, Jefe Departamento Desarrollo, Jefe Departamento Metalurgia Nuclear y actualmente es Gerente Interino de la Gerencia de Tecnología. Es Director del Programa Multinacional de Metalurgia, dentro del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la Organización de Estados Americanos.

Ex-profesor titular de Metalurgia Física de la Universidad de La Plata; ex-profesor de Platicidad en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires y Profesor de Comportamiento Mecánico de

Materiales y Trabajo Mecánico de Metales en los Cursos Panamericanos de Metalurgia. Dictó otros cursos y conferencias, siendo invitado por la Associação Brasileira de Metais a dar el IX Curso de Especialización sobre "Deformación Mecánica de Metales".

Tuvo varios contratos de investigación, entre ellos con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, la United States Atomic Energy Commission, etc. Se desempeñó como Investigador Asociado en el Max Planck Institut für Metallforschung de Alemania.

Fue delegado, presentó y publicó más de veinte trabajos a conferencias y congresos nacionales e internacionales.

Pertence a varias Asociaciones: ABM (Brasil); ASM (USA); D. G. f. M. (Alemania); Institute of Metals (Inglaterra); S.A.M. (Argentina); Sociedade Científica (Argentina)

Comision Nacional de Energia Atómica

Dependiente de la Presidencia de la Nación Argentina

1. Fue creada en 1950 por decreto N.º 10.936/50 con el fin de "coordinar y estimular las actividades de investigación en energía atómica y sus aplicaciones". Por decreto N.º 7.560/68 se reestructuró, quedando con las características orgánico-funcionales actuales.

2. Presidente: Contralmirante (R) Ing. Oscar A. QUIHILLALT

Posee siete Gerencias:

Gerente de Economía:

Calte. Silenio CARDENAS

Gerente de Energía:

Ing. Jorge O. COSENTINO

Gerente de Investigaciones Científicas:

Dr. Martin B. CRESPI

Gerente de Logística:

Cap. Navío (R) Oscar J. CABRERA

Gerente de Materias Primas:

Dr. Pedro N. STIPANICIC

Gerente de Seguridad e Inspección

Radiosanitaria:

Dr. Dan J. BENINSON

Gerente de Tecnología:

Prof. Jorge A. SABATO

3. SEDE

a) Sede Central: Avda. del Libertador 8250, Buenos Aires, Argentina

b) Centro Atómico Bariloche: CAB — San Carlos de Bariloche (Pcia. Rio Negro), Argentina.

c) Centro Atómico Constituyentes: CAC — Avda. Gral Paz y Avda. de los Constituyentes (San Martin, Pcia. Buenos Aires), Argentina

d) Centro Atómico Ezeiza: CAE — Ezeiza, Pcia. Buenos Aires, Argentina.

Dirección postal única: CNEA — Avda. del Libertador 8250, Buenos Aires Arg.

Dirección telegráfica: TECNOATOM

4. ANTECEDENTES

En 1955 en la CNEA fue creado un "Servicio de Metalurgia", que fue transformado en "División de Metalurgia" en 1957, contando con sus primeros laboratorios provisorios en la Sede Central. En 1960 fue convertida en "Departamen-

to de Metalurgia", dependiendo de la Gerencia de Tecnología y trasladándose a sus actuales laboratorios en el Centro Atómico Constituyentes.

5. FACILIDADES

Las instalaciones de Metalurgia poseen aproximadamente 4.100 m² de superficie cubierta, distribuidos en:

1. Laboratorios	1100 m ²
2. Biblioteca, aulas, etc.	335 m ²
3. Escritorios	135 m ²
4. Plantas piloto y depósitos	2000 m ²
5. Varios	530 m ²

Actualmente se encuentran en construcción 1.750 m² más.

Posee equipos e instrumental científico por valor de aproximadamente U\$ 2.500.000.

6. PERSONAL

Actualmente su plantel es de aproximadamente 130 profesionales (30 de los cuales están efectuando sus trabajos de tesis o cursando estudios de post-graduación), 75 técnicos y 50 personas en maestría, talleres, etc.

Los investigadores principales del Laboratorio son:

Carlos ARAOZ (Elementos Combustibles para Reactores)

Juan Nicolás BAESZ (Ensayos no — destructivos)

Heraldo BILONI (Solidificación y Fundición)

Edgardo BISOGNI (Daño por radiación)

Alberto BONFIGLIOLI (Difracción de Rayos X)

Juan Carlos DI PRIMIO (Fatiga)

José R. GALVELE (Corrosión)

Mario GRADOWCZYK (Mecánica del continuo)

Jorge E. KITTL (Transformaciones de fase y Tratamientos térmicos)

Helmut KOLL (Elementos combustibles)

César M. LIBANATI (Difusión y microsonda)

Nelly AMBROSIS de LIBANATI (Capacitación y cursos)

Arnoldo LEYT (Fundición)

Carlos A. MARTINEZ VIDAL (Trabajado mecánico)

Rafael RODRIGUEZ PASQUES (Metalurgia caliente)

Mariano SARRATE (Servicio de Asistencia Técnica a la Industria)

Daniel I. VASSALLO (Metalografía)

Máximo VICTORIA (Deformación plástica)

Oscar WORTMAN (Soldadura)

Programa Regional de Desarrollo y Tecnológico — OEA

Dentro del espíritu del punto V de la Declaración de los Presidentes en la Reunión de Punta del Este en 1967, en lo que hace a desarrollo científico-tecnológico, se consideró como una herramienta fundamental para su implementación la concreción de Programas Multinacionales.

Programa Multinacional de Metalurgia

I. — Objetivos

1. Contribuir al desarrollo de centros Latinoamericanos capacitados para realizar una labor de adiestramiento e investigación a nivel de post-grad, de utilidad regional.

2. Realizar investigación sobre problemas metalúrgicos de especial interés para la región, tanto en procesos como en materiales.

3. Prestar asistencia técnica al desarrollo y/o creación de nuevos centros metalúrgicos.

II. — Instituto Responsable:

Departamento de Metalurgia
Comisión Nacional de Energía Atómica
Av. del Libertador 8250, Buenos Aires
Argentina

Director: Ing. Carlos A. Martínez Vidal

Participarían en el proyecto las siguientes instituciones:

— Laboratorio de Tecnología Metalúrgica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile.

— Departamento de Metalurgia, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

— Departamento de Ciencias de Materiales, Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional, México.

— Centro Técnico de Aeronáutica San José dos Campos, São Paulo, Brasil.

III. — *Actividades*

a) *Area de adiestramiento.* Responsable: Dra. Nelly A. de Libanati

i) Cursos Panamericanos de Metalurgia

Estos Cursos tienen una duración de diez meses, con actividad full-time. En 1970 se está desarrollando el Sexto Curso. El Curso consta de dos partes: un ciclo básico y un ciclo de especialización. Durante el ciclo básico las materias son dictadas por profesores argentinos o latinoamericanos. En los ciclos de especialización ofrece dos orientaciones: Metalurgia Física y Metalurgia Tecnológica. En este ciclo los temas son dictados por destacados expertos internacionales. Se pone especial énfasis en el aspecto formativo y en el desarrollo de la capacidad creadora de los alumnos. El curso es complementado con visitas a industrias y un trabajo especializado de alrededor de un mes de duración.

ii) Cursos de reciclado para personal profesional de la industria

Son cursos de corta duración (del orden de una a dos semanas) que abordan temas especialidades de interés directo para el personal de la industria, aprovechando en muchos casos la visita de expertos extranjeros.

iii) Cursos de actualización para investigadores y profesores universitarios.

Estos son cursos también de corta duración (una a dos semanas). Su objetivo es perfeccionar en temas específicos, procurando incluir en el mismo evaluación y discusión de programas de trabajo en ese campo.

iv) Realización de trabajos de tesis para doctorado y maestrado.

Bajo la dirección de investigadores principales del laboratorio, y según convenios con universidades y centros de enseñanza.

b) *Area de investigación.* Se procura dentro de cada uno de los temas de trabajo integrar la investigación básica con la aplicada y la tecnológica, tendiendo a transferir los conocimientos y experiencia adquiridos al sector productivo. En este momento forman parte de esta área cinco temas.

i) *Solidificación y fundición de metales y aleaciones.*

Responsable: Ing. Heraldo Biloni.

ii) *Físico-química de metales. Transformaciones de fase y tratamiento térmicos.*

Responsable: Ing. Jorge Kittl

iii) *Deformación plástica, plasticidad y trabajado mecánico de metales y aleaciones.*

Responsable: Ing. Carlos A. Martínez Vidal

iv) *Metalurgia de metales ferrosos*

Responsable: Ing. Jorge Mazza

v) *Corrosión de metales y aleaciones*

Responsable: Dr. José R. Galve

c) *Area de asistencia general.* Se consideran dentro de esta area las siguientes actividades:

i) *Asistencia a Universidades e Institutos.*

Colaborando en el dictado de cursos de medio y alto nivel, efectuando trabajos de investigación en colaboración y procurando utilizar integralmente la visita de expertos y profesores de jerarquía internacional.

ii) *Utilización de equipos de alto costo.*

Efetuar mediante acuerdos la utilización conjunta de equipos de alto costo.

iii) *Asistencia técnica a la Industria.*

Procurar crear o reforzar en cada polo de desarrollo mecánico-metalúrgico de los países del área una infraestructura científico tecnológica que posibilite una asistencia técnica permanente a las industrias del mismo.