



FABRICAÇÃO DE BRIQUETES COM FINOS DE PELOTAS DE MINÉRIO DE FERRO PARA USO NO PROCESSO DE REDUÇÃO DIRETA NA SIDERÚRGICA ACEROS AREQUIPA S.A., PERÚ*

Ferry Belisario Benique¹
Yoni Abrigo Yparraguirre²
Tito Morales Bustios³
Miguel Malpartida⁴

Resumo

A empresa Aceros Arequipa S.A. no seu complexo siderúrgico situado na cidade de Pisco, no Perú, está reutilizando os finos das pelotas de minério de ferro na fabricação de aglomerados (briquetes) para uso no processo de redução direta em forno rotativo na fabricação de ferro esponja (DRI). Dessa forma, testes no laboratório foram realizados com o objetivo de encontrar um ligante ou mistura de ligantes que proporcione um aglomerado com boa resistência à compressão a frio e boas propriedades mecânicas a quente que garantam sua integridade dentro do forno durante o processo de redução. No presente trabalho apresenta-se a metodologia desenvolvida e os resultados obtidos na fabricação dos briquetes em laboratório e na planta piloto de briquetagem de finos. Adicionalmente, resultados dos briquetes após redução no forno rotativo a escala industrial também são apresentados.

Palavras-chave: Briquetes; Aglomeração; Óxidos de ferro; Redução direta.

MANUFACTURING BRIQUETTES WITH FINE IRON ORE PELLETS FOR USE IN DIRECT REDUCTION PROCESS IN ACEROS AREQUIPA S.A., PERÚ

Abstract

The company Aceros Arequipa in its steel complex located in the city of Pisco, Perú, is reusing the fine pellets of iron ore in the manufacture of briquettes for use in the direct reduction process in rotary kiln that are used in the production of sponge iron (DRI). Thus, the laboratory tests were performed in order to find a binder or mixture of binders which provides a cluster with good compressive strength cold and hot good mechanical properties that ensure its integrity in the furnace during the reduction process. In this paper, we present the methodology developed and the results obtained in the manufacture of briquettes in laboratory and pilot plant for briquetting fine. Additionally, results of the briquettes after reduction in a rotary kiln at industrial scale are also presented.

Keywords: Briquettes; Agglomeration; Iron oxides; Direct reduction.

- ¹ Eng. Metalúrgico, Assistente Técnico de Produção, Diretoria Industrial, Aceros Arequipa S.A., Perú.
- ² Eng. Metalúrgico, Engenheiro de Pesquisa, Área de Metalurgia, Aceros Arequipa S.A., Perú.
- ³ Eng. Metalúrgico, Superintendente da Planta de Redução Direta, Aceros Arequipa S.A., Perú.
- ⁴ Tec. Metalúrgico, Área de Metalurgia, Aceros Arequipa S.A., Perú.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



1 INTRODUÇÃO

As siderúrgicas geram diversos tipos e grandes quantidades de resíduos sólidos, entre os quais, estão os resíduos contendo ferro. Por outro lado, as pressões dos órgãos governamentais sobre os assuntos ambientais para minimizar a contaminação são cada vez mais fortes [1], fazendo com que esforços tecnológicos sejam empreendidos nas indústrias no sentido de otimizar as operações e trabalhar na reciclagem de seus rejeitos [2].

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos focados na aglomeração dos finos contendo óxidos de ferro para sua reutilização nos fornos industriais. Um dos aspectos mais relevantes no processo de aglomeração é encontrar um agente ligante ou mistura de ligantes que outorgue ao aglomerado uma boa resistência mecânica, a frio e a quente [3,4].

Para a produção de ferro esponja (DRI) nos fornos rotativos de redução direta na Siderúrgica Aceros Arequipa S.A. compra-se pelotas de minério de ferro. As operações de manuseio e classificação destas pelotas previas ao carguío ao forno rotativo, geraram finos que foram se acumulando ao longo do tempo.

O objetivo deste trabalho é mostrar a sequência de operações realizadas na fabricação de um aglomerado de cura a frio com um ligante que lhe outorgue elevada resistência nas temperaturas utilizadas nos reatores de redução, neste caso, o forno rotativo de redução direta.

2. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Caracterização das Matérias-primas

2.1.1 Fino de Pelotas

2.1.1.1 Análise química dos finos de pelotas

A análise química dos finos de pelotas de óxidos de ferro mostram um teor de ferro total de 56% com maior conteúdo de hematita (71,5%). Ademais estão presentes o óxido de silício, óxido de cálcio, carbono, enxofre, entre outros.

Tabela 1 – Análise química dos finos de pelotas de óxidos de ferro.

		Fe Total	Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	CaO	SiO ₂	C	S	P	H ₂ O
Fino de Pelotas	%	56,0	71,5	5,8	1,4	8,8	4,05	0,129	0,032	0,73

2.1.1.2 Análise granulométrico dos finos de pelotas

A granulometria dos finos de pelotas é 100% - 6.3 mm, sendo 80% -1 mm.

A faixa granulométrica utilizada na fabricação dos briquetes foi - 0.5 mm, isto corresponde ao 73% do total dos finos de pelotas disponíveis (% em peso).

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

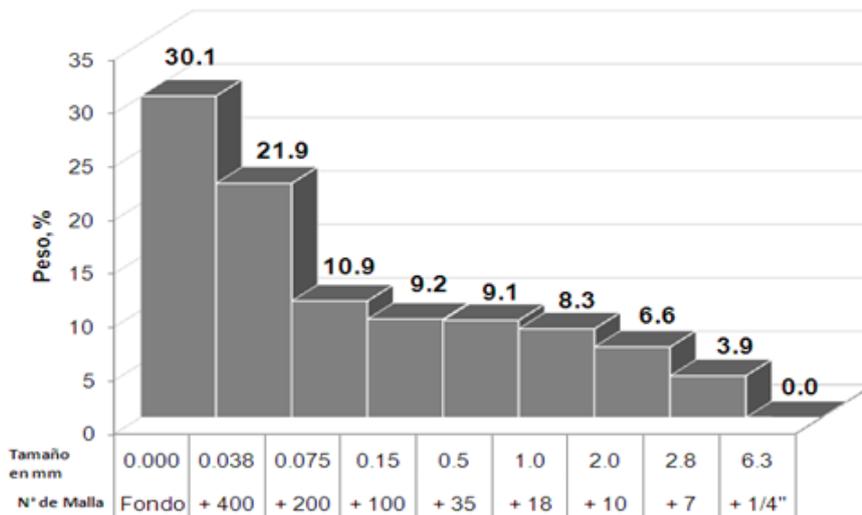


Figura 1 – Distribuição granulométrica dos finos de pelotas de óxidos de ferro.

2.1.1.3 Propriedades físicas dos finos de pelotas

* Densidade aparente de fino de pelota (-0.5mm) : 2.25 ton/m³

2.1.2 Ligantes

Para os testes iniciais no laboratório se utilizaram diferentes ligantes orgânicos e inorgânicos, entre as quais podem se destacar a dextrina, a bentonita e a cal.

2.2 Fabricação de Briquetes de Finos de Pelotas de Óxidos de Ferro no Laboratório

2.2.1 Condições empregadas na fabricação dos briquetes no laboratório

Tabela 2 – Parâmetros utilizados na fabricação de briquetes no laboratório [5].

Equipo :	Equipo de Compressão Com Tem DFM 5000
Carga :	900 kgf
Força de compressão :	510 kgf/cm ²
Tempo de compressão :	10 seg
Velocidade de compressão :	20 mm/min

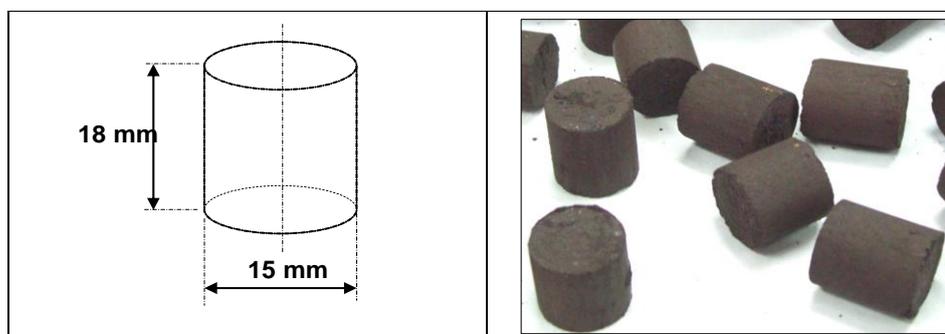


Figura 2 – Dimensões e desenho dos briquetes de finos de pelotas de óxidos de ferro em laboratório[5].

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



2.2.2 Misturas empregadas na fabricação de briquetes no laboratório

Com o intuito de encontrar uma mistura que outorgue aos briquetes uma boa resistência a frio e a quente, no laboratório foram fabricadas 52 misturas que são apresentadas na tabela 3, na qual se mostra a % em peso de cada constituinte. Cada mistura foi elaborada com 5 kg e seus constituintes foram misturados durante 10 minutos numa misturadeira de paletas. Usou-se 5% de umidade em peso para cada caso.

Tabela 3 – Misturas empregadas na fabricação dos briquetes de finos de pelotas de óxidos de ferro[5].

Prueba	MEZCLAS, %Peso							INSUMOS				TOTAL	
	AGLOMERANTES							Bentonita Sódica	Cal	Agua	Finos de pellets		
	Dextrina - CM 91 (polvo)	Dextrina - Graficol 5050 (líquido)	Carboximetil celulosa - Ligatac (polvo)	Melaza Diluída em 2 partes de agua	Almidón	Silicato de Sódio	Cemento Portland						
1	2.0									5.0	93.0	100.0	
2	3.0									5.0	92.0	100.0	
3	5.0									5.0	90.0	100.0	
4	2.0									5.0	91.0	100.0	
5	3.0							2.0		5.0	90.0	100.0	
6	5.0							2.0		5.0	88.0	100.0	
7	2.0							3.0		5.0	90.0	100.0	
8	3.0							3.0		5.0	89.0	100.0	
9	5.0							3.0		5.0	87.0	100.0	
10	2.0							2.0	2.0	5.0	89.0	100.0	
11	3.0							2.0	2.0	5.0	88.0	100.0	
12	5.0							2.0	2.0	5.0	86.0	100.0	
13	2.0							3.0	2.0	5.0	88.0	100.0	
14	3.0							3.0		5.0	87.0	100.0	
15	5.0							3.0	2.0	5.0	85.0	100.0	
16		5.0								5.0	90.0	100.0	
17		7.5								5.0	87.5	100.0	
18		5.0						2.0		5.0	88.0	100.0	
19		7.5						2.0		5.0	85.5	100.0	
20			3.0							5.0	92.0	100.0	
21			4.0							5.0	91.0	100.0	
22			5.0							5.0	90.0	100.0	
23				5.0						5.0	90.0	100.0	
24				7.5						5.0	87.5	100.0	
25				5.0				3.0		5.0	87.0	100.0	
26				7.5				3.0		5.0	84.5	100.0	
27				5.0				3.0	2.0	5.0	85.0	100.0	
28				7.5				3.0	2.0	5.0	82.5	100.0	
29					2.0					5.0	93.0	100.0	
30					3.0					5.0	92.0	100.0	
31					4.0					5.0	91.0	100.0	
32					5.0					5.0	90.0	100.0	
33						5.0				5.0	90.0	100.0	
34						7.5				5.0	87.5	100.0	
35						10.0				5.0	85.0	100.0	
36						5.0				2.0	5.0	88.0	100.0
37						7.5				2.0	5.0	85.5	100.0
38						10.0				2.0	5.0	83.0	100.0
39							5.0			5.0	90.0	100.0	
40							7.5			5.0	87.5	100.0	
41							10.0			5.0	85.0	100.0	
42							15.0			5.0	80.0	100.0	
43							5.0		2.0	5.0	88.0	100.0	
44							7.5		2.0	5.0	85.5	100.0	
45							10.0		2.0	5.0	83.0	100.0	
46							15.0		2.0	5.0	78.0	100.0	
47								3.0		5.0	92.0	100.0	
48								4.0		5.0	91.0	100.0	
49								5.0		5.0	90.0	100.0	
50								3.0	2.0	5.0	90.0	100.0	
51								4.0	2.0	5.0	89.0	100.0	
52								5.0	2.0	5.0	88.0	100.0	

2.2.3 Tipo de secagem proporcionada aos briquetes fabricados no laboratório

Devido a que os ligantes utilizados precisam de diferentes tipos de secagem, na seguinte tabela mostra-se a classificação dos ligantes e tipo de secagem proporcionada aos diferentes briquetes fabricados.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.


Tabela 4 – Classificação dos ligantes e tipo de cura realizado aos briquetes fabricados no laboratório

Tipo	Aglomerantes	Presentação	Curado de Briquetes	
			Medio Ambiente x 3 horas	Em forno a 100°C x 2 horas
Orgânicos	Dextrina CM 91	pó	X	---
	Dextrina - Graficol 5050	polpa (50% de sólidos)	X	---
	Carboximetil celulosa - Ligatac	pó	---	X
	Melaço	diluido em 2 partes de agua	---	X
	Almidao de maiz	pó	---	X
Inorgânicos	Silicato de sódio	solução	X	---
	Cimento Portland	pó	X	---

2.3 Fabricação de Briquetes de Finos de Pelotas de Óxidos de Ferro na Planta Piloto de Briquetagem

Tabela 5 – Materiais e condições utilizados na fabricação dos briquetes na planta piloto de briquetagem [6].

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7
Início de fabricação :	Noviembr 2011	Marzo, 2012	4-16, Abril 2012	7 -16 , maio 2012	11 , maio 2012	11 , maio 2012	11 , maio 2012
Tipo de Dextrina :	Coragum 8080	Coragum 8080-4B	Coragum 8080-4B	Coragum 8080-4B	Coragum 8080-4B	Coragum 8080-4B	Coragum 8080-4B
Insumos para cada Mistura (em kg)							
Finos de Pelotas (-0.5 mm)	190	190	190	190	180	175	169
Dextrina Coragum	10	10	10	10	10	10	10.5
H ₂ O	7	8	8.5	8.5	8.8	9	11
Finos de carvão	---	---	---	---	10	15	20
Total, (kg/mistura) :	207	208	208.5	208.5	208.8	209	210.5
Insumos para cada Mistura (em %)							
Finos de Pelotas (-0.5 mm)	91.8	91.3	91.1	91.1	86.3	83.7	80.3
Dextrina Coragum	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.0
H ₂ O	3.4	3.8	4.1	4.1	4.2	4.3	5.2
Finos de carvão	---	---	---	---	4.8	7.2	9.5
Total (%) :	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Os resultados dos testes de laboratório – que se apresentarão mais adiante - deram alguma luz do ligante a empregar na fabricação dos briquetes na planta piloto. Dessa forma, na planta piloto, optou-se por empregar o ligante dextrina sólida na fabricação dos 7 lotes que são mostrados na tabela 5. Nela se apresentam a data de

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



fabricação, a quantidade fabricada e a % dos insumos utilizados em cada lote (amostra).

Notar que nos lotes 1,2,3 e 4 se utilizaram a mesma quantidade de fino de pelotas e dextrina, variando somente a quantidade da água. No caso da fabricação das pequenas quantidades dos lotes 5,6 e 7 foram utilizados adicionalmente finos de carvão que foram coletados nos coletores de polvo instalados na planta de redução direta da Siderúrgica Aceros Arequipa S.A.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Resultados Obtidos nos Briquetes Fabricados no Laboratório

Os briquetes fabricados no laboratório foram submetidos a ensaios físicos (resistência a compressão e ensaio de tambor) e metalúrgicos (reducibilidade) para avaliar seu desempenho.

3.1.1 Resultados de resistência à compressão (briquetes curados por 3 dias)

Os briquetes fabricadas com dextrina CM 91 obtiveram os maiores valores de resistência a compressão, na faixa de 93 a 230 kgf, conforme se apresenta na figura 3. Por otro lado, os valores da resistência a compressão dos briquetes fabricados com silicato de sodio estiveram na faixa de 35 a 61 kgf. Os demais briquetes obtiveram resistências menores, sendo que os briquetes fabricados com cimento e bentonita deram os menores valores, na faixa de 2 a 10 kgf. A linha pontilhada na figura 3 mostra o valor de 250 kgf que é o valor de referencia da resistência a compressão das pelotas utilizadas no proceso de redução direta em forno rotativo em Aceros Arequipa S.A.

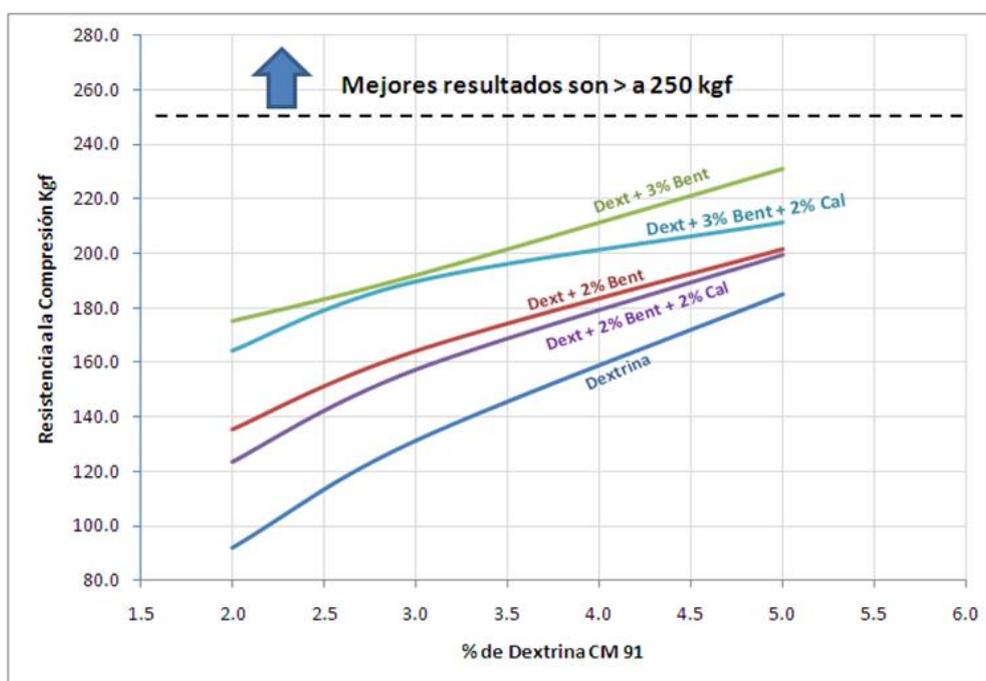


Figura 3 – Resistência a compressão de briquetes – curados fabricados em laboratório com dextrina CM 91 [5].

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



3.1.2 Resultados de ensaio de tamboramento

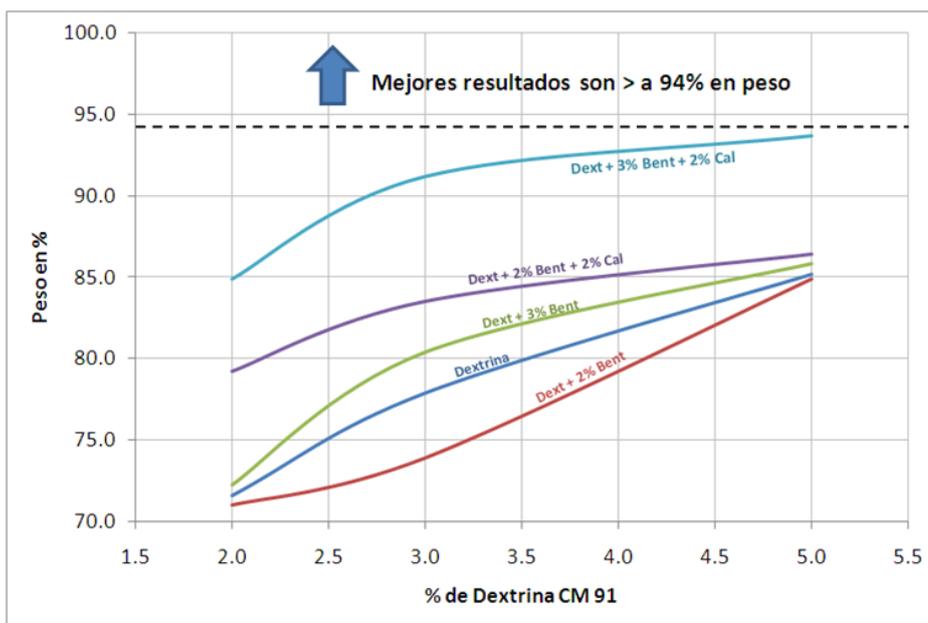


Figura 4 – Índice de tamboramento dos briquetes curados fabricados em laboratório com dextrina CM 91 [5].

Realizou-se ensaios de tamboramento de acordo a Norma ISO 3271. Dessa forma, os briquetes curados foram submetidos a testes de impacto e abrasão num tambor rotativo do qual obtem-se dois resultados: o índice de tamboramento (é a % em peso dos briquetes sem degradar) e o índice de abrasão (é a % do material degradado). As figuras 4 e 5 apresentam os resultados de tamboramento e abrasão, respectivamente, dos briquetes curados que foram fabricados com dextrina CM 91. Cabe indicar que os briquetes fabricados com outras ligas degradaram-se completamente.

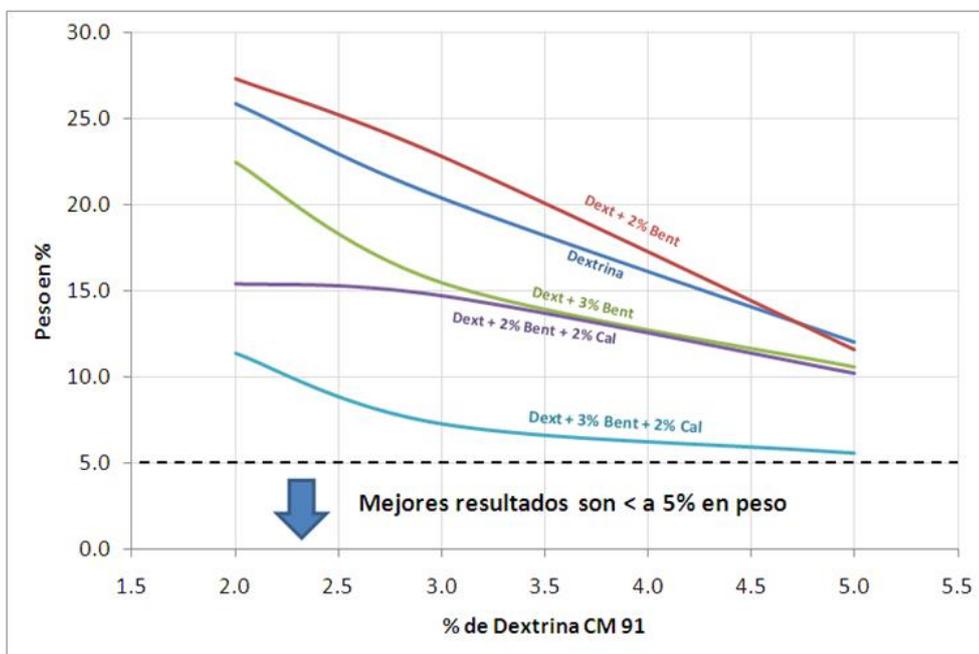


Figura 5 – Índice de abrasão dos briquetes curados fabricados em laboratório com dextrina CM 91.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



3.1.3 Resultados de ensaio de reducibilidade

O ensaio de reducibilidade serviu para medir o grau de metalização dos briquetes e a resistência a quente dos mesmos.

Tabela 6 – Parâmetros utilizados nos testes de reducibilidade [5].

Relação Fe/C : 0.5	Temperatura de Ensaio : 1050 °C
Caliza Dolomítica : 5 % em peso	Tempo de Calentamento : 1 hora
Nitrogenio : 1.0 NLPM	Tempo de Reducibilidade : 2 horas
Velocidade de rotação : 8 rpm	Tempo de Enfriamento : 2 horas

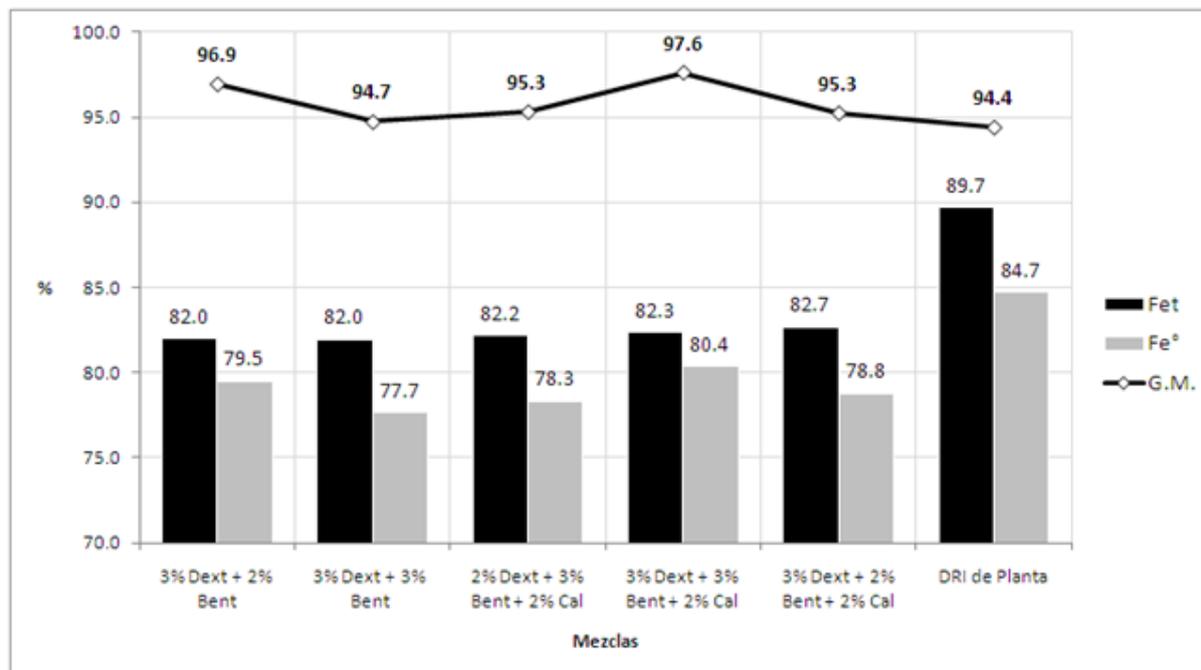


Figura 6 – Grau de metalização dos briquetes fabricados no laboratório após o ensaio de reducibilidade.

Na figura 7, podemos ver misturas a base de dextrina, bentonita e cal que outorgam uma relativa resistência a quente aos briquetes, dado que geraram menos de 12% de finos (-2.8mm) após o ensaio de reducibilidade.

Como dado de referencia, podemos indicar que as pelotas de finos de óxidos de ferro que são alimentados ao forno rotativo apresentam uma geração de finos de 3% quando submetidos a ensaios de reducibilidade no laboratório.

3.2 Resultados Obtidos nos Briquetes Fabricados na Planta Piloto de Briquetagem

3.2.1 Resultados de resistência à compressão

A figura 8 apresenta os resultados de resistência a compressão dos briquetes fabricados na planta piloto que foram curadas ao ambiente e em forno mufla. Podemos ver que os briquetes curados ao ambiente fabricados com a composição dos lotes 1,2 3 e 4 apresentam valores de resistência a compressão superiores a 210 kgf.

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

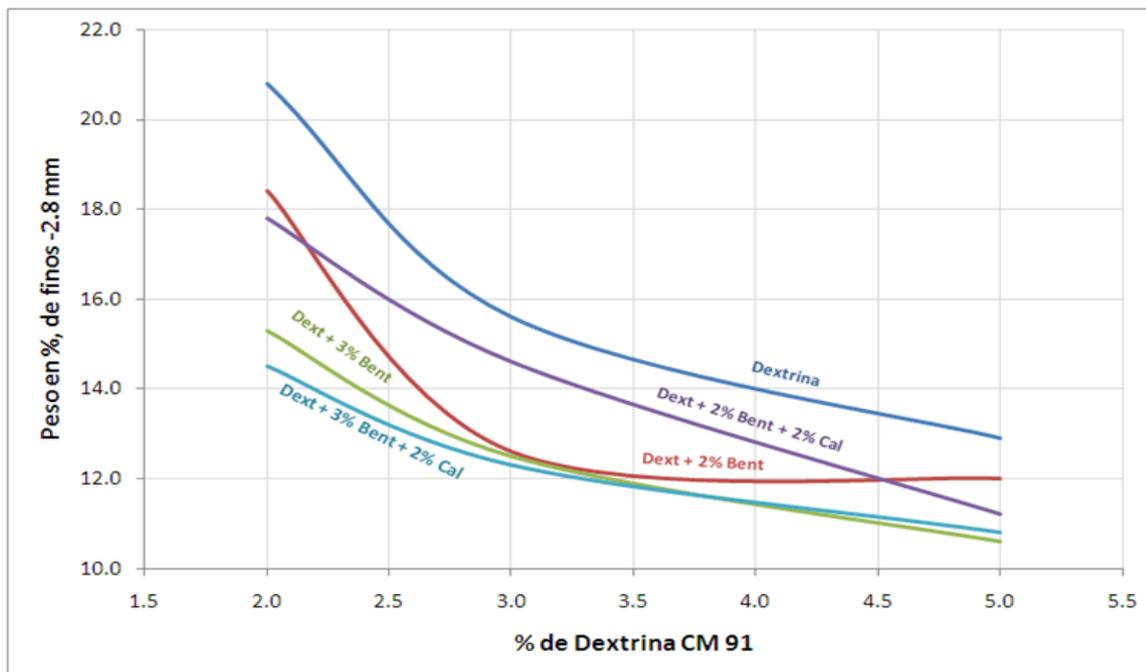


Figura 7 – % de finos (-2.8mm) gerados após o ensaio de reducibilidade dos briquetes fabricados em laboratório com dextrina CM 91 [5].

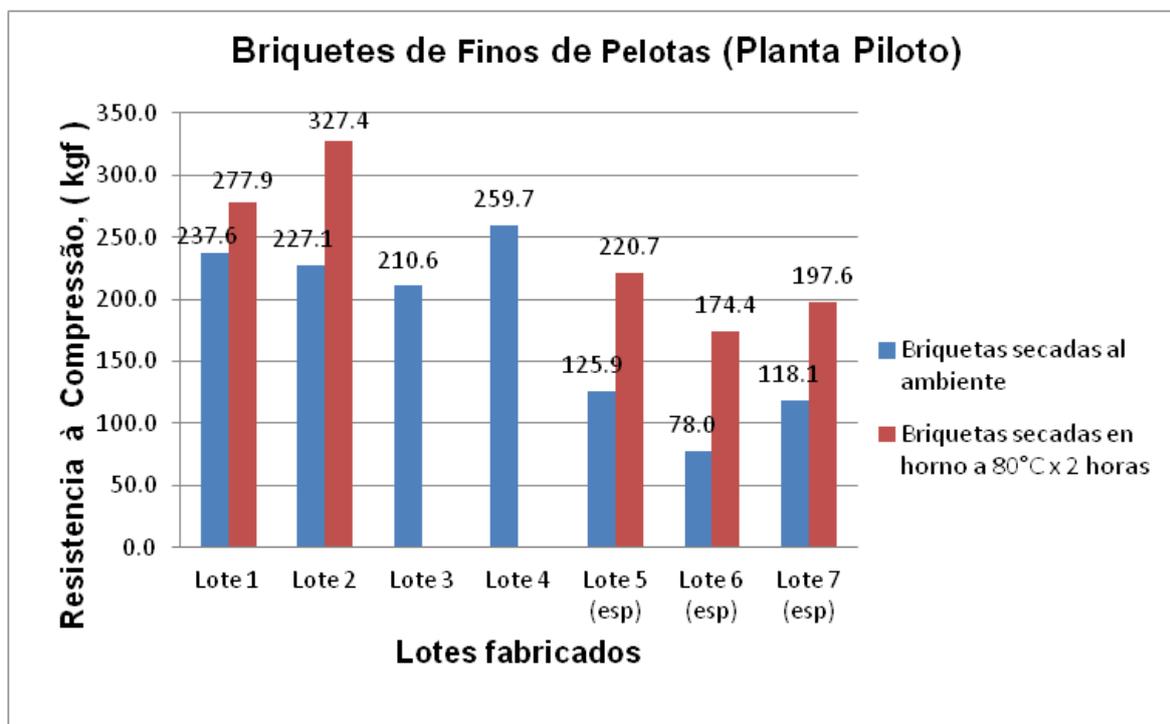


Figura 8 – Resistência à compressão de briquetes fabricados na planta piloto curadas ao ambiente e em forno mufla [6].

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

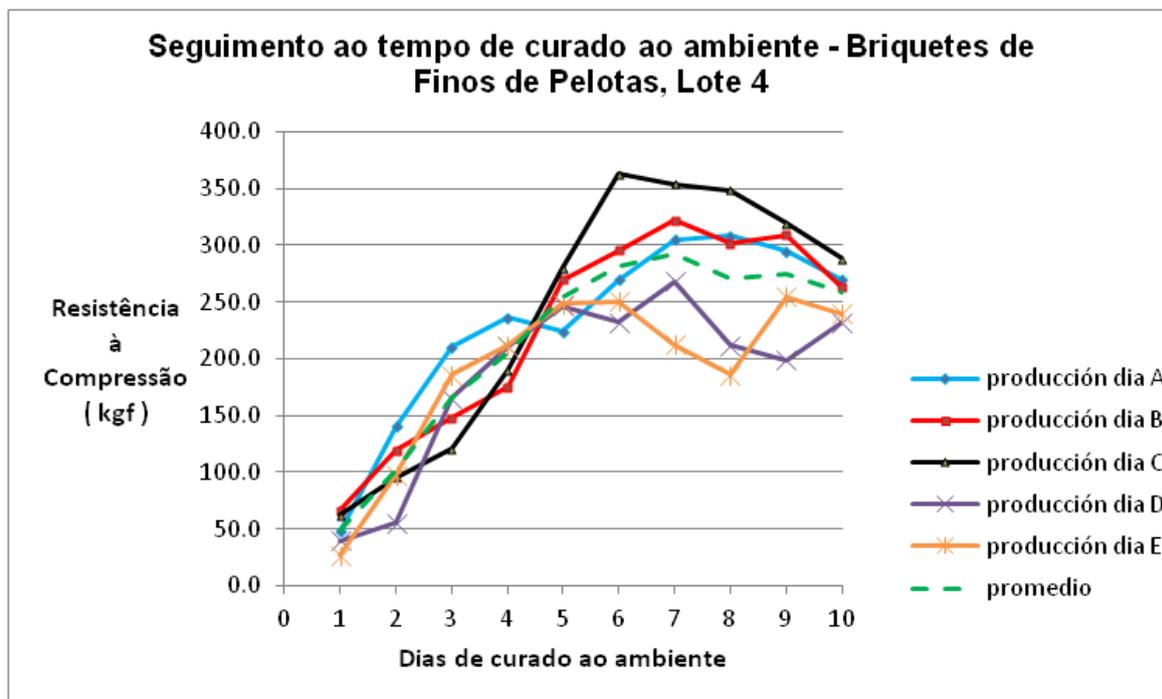


Figura 9 – Resistência a compressão dos briquetes del Lote 4 em função dos días de curado ao ambiente [6].

Por outro lado, com o intuito de estabelecer um tempo ótimo de curado ao ambiente dos briquetes para que estes atinjam sua maior resistência a compressão fizemos seguimento diário da resistência durante 10 dias. Na figura 9, podemos ver que os briquetes atingem sua máxima resistência após o septimo día de curado ao ambiente.

3.3 Resultados Obtidos com os Briquetes no Processo de Reducao no Forno Industrial de Redução Direta

Tabela 7 – Análise química dos briquetes submetidos a processo de redução em forno rotativo de redução direta [6].

	Ruma	HORA (hasta)	FeT	Fe°	G.M	%C	% S
31/05/2012	0	31/05/2012 16:15	82.0	66.0	80.5		
	1	31/05/2012 17:15	76.4	43.3	56.7		
	2	31/05/2012 18:15	77.5	49.0	63.2	0.06	0.123
	3	31/05/2012 19:15	79.1	55.5	70.2		
	4	31/05/2012 20:15	79.8	57.5	72.1		
	5	31/05/2012 21:15	82.7	73.1	88.4		
	6	31/05/2012 22:15	80.4	67.1	83.5	0.09	0.090
01/06/2012	7	31/05/2012 23:15	71.7	59.7	83.3		
	8	01/06/2012 00:15	77.7	66.3	85.3		
	9	01/06/2012 01:15	76.6	66	86.2		
	10	01/06/2012 02:15	72.1	55	76.3		
	11	01/06/2012 03:15	73.8	57.2	77.5		

* Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.

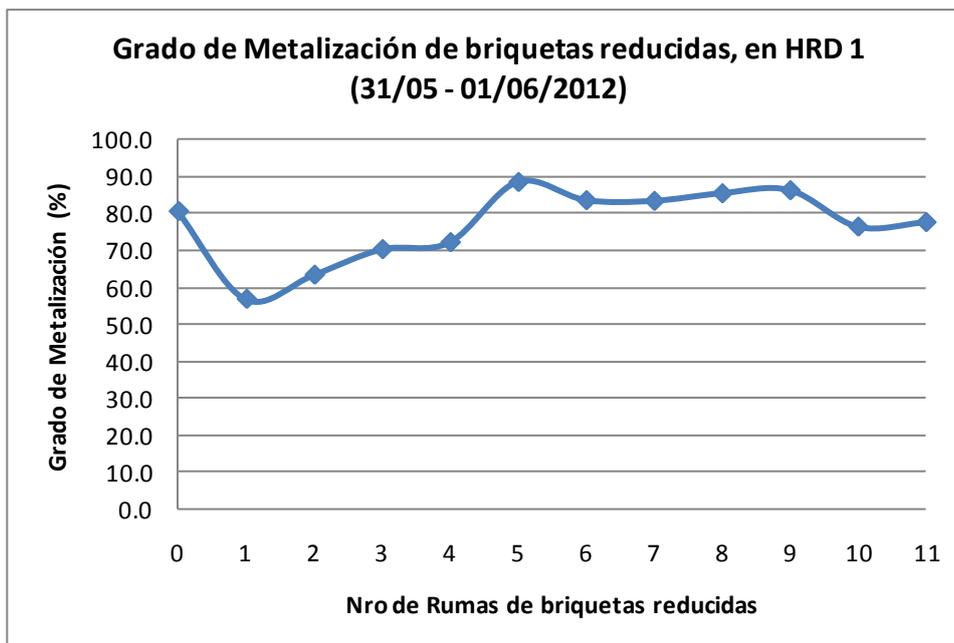


Figura 10 – Grau de metalização dos briquetes submetidos ao processo de redução industrial em forno rotativo de redução direta [6].

Os briquetes de finos de pelotas fabricados na planta piloto de briquetagem foram testados em escala industrial sendo alimentados 80 toneladas de briquetes no forno rotativo Nro 1 durante 2 dias. Na tabela 7 e figura 10 são apresentados os resultados dos análises químicos dos briquetes após o processo de redução no forno rotativo.

4 CONCLUSÕES

Para as condições estudadas no presente trabalho, podemos indicar:

- No laboratório, obtiveram-se aglomerados fabricados com misturas de dextrina, bentonita e cal que atingiram boa resistência a compressão a frio após a etapa de curado, encontrando-se valores entre 93 a 230 kfg.
- Estes mesmos aglomerados, quando submetidos ao ensaio de reducibilidade para avaliar sua resistência a quente, geraram 12% de finos (-2.8mm). Este nível de degradação é considerado alto. Por outro lado, o grau de metalização atingido nos briquetes de laboratório encontra-se na faixa de 94 a 97%.
- Os briquetes fabricados na planta piloto de briquetagem misturando dextrina e água atingiram valores de resistência a compressão a frio na faixa de 210 a 260 kfg após a etapa de curado ao ambiente.
- Após o seguimento ao tempo de curado dos briquetes, verificou-se que estes atingem sua máxima resistência a compressão a frio após o septimo dia de curado ao ambiente, podendo já serem estocados posteriormente.
- As 80 toneladas de briquetes que foram fabricadas na planta piloto e que posteriormente foram alimentados ao forno rotativo de redução direta atingiram em media um grau de metalização de 80%.

5 TRABALHOS FUTUROS

A superintendência de Redução Direta associada ao Departamento de Metalurgia junto ao apoio da Diretoria Industrial de Aceros Arequipa S.A. continuaremos desenvolvendo estudos e ampliando as instalações industriais da nova Planta Piloto

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



de Briquetagem de Resíduos Magnéticos e Não Magnéticos com o intuito de reutilizá-los nos nossos diferentes processos industriais gerando valor a nossa empresa e cuidando o médio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Corporação Aceros Arequipa S.A. pelo incondicional apoio concedido na condução dos testes laboratoriais e industriais e na elaboração deste trabalho, que serviu para a instalação da nova Planta de Briquetagem de Resíduos situado em nosso complexo siderúrgico na cidade de Pisco, no Perú.

REFERÊNCIAS

- 1 Xavier EC. Tratamiento y Valorización Energética de Residuos.
- 2 1^{ra} Ed. España, Ediciones Díaz de Santos y Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005.
- 3 Earle JS. Rotary kiln incineration of hazardous wastes. Dec 2003.
- 4 Andreína Henriquez, Jose Cardenas. Experiencia de Sidor con la fabricación de pellas usando aglomerante orgánico. 3rd IAS Ironmaking Seminar, Buenos Aires, Argentina, 2001.
- 5 Tao GQ; Zhu ZH. Characterization of Preparing Cold Bonded Pellets for Direct Reduction using an Organic Binder. ISIJ International, 2003; 43 (1): 20-25.
- 6 Cia Aceros Arequipa S.A. Propuestas de Uso del Fino de Pellets. Informe interno, 2010.

* *Contribuição técnica ao 44^o Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15^o Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2^o Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*