

REVISTA ENERGETICA

4/83

Julio - Agosto/83
July - August/83



Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization

CONSIDERACIONES SOBRE EL USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA LATINOAMERICANA **olade** CONSIDERATIONS FOR RATIONAL USE OF ENERGY IN LATIN AMERICAN INDUSTRY **olade** USO DE LA CASCARA DE ARROZ COMO COMBUSTIBLE EN LA INDUSTRIA CEMENTERA "EL CASO DE URUGUAY" **olade** USE OF RICE HUSKS AS FUEL FOR THE CEMENT INDUSTRY: THE CASE OF URUGUAY **olade** USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA "LA EXPERIENCIA CUBANA" **olade** RATIONAL USE OF ENERGY IN THE SUGAR INDUSTRY: THE CUBAN EXPERIENCE **olade** EL PROGRAMA ENERGETICO DE JAMAICA **olade** JAMAICA'S ENERGY PROGRAMME **olade** USO RACIONAL DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DE BAUXITA "EL CASO DE SURINAM" **olade** RATIONAL USE OF ENERGY IN THE BAUXITE INDUSTRY: THE CASE OF SURINAME **olade** PROYECTOS DE CONSERVACION DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA NICARAGUENSE **olade** ENERGY CONSERVATION PROJECTS IN NICARAGUAN INDUSTRY

USO DE LA CASCARA DE ARROZ COMO COMBUSTIBLE EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

"EL CASO DE URUGUAY"

Luis A. Baratelli *

1. ANTECEDENTES

La compañía Uruguay de Cemento Portland, fabrica cemento portland tipo I "ARTIGAS" y cemento de albañilería "ARTICOR".

La planta está instalada en la ciudad de Montevideo y su cantera de piedra caliza está ubicada a 120 km de su planta.

Se usa el proceso húmedo, siendo la humedad de la pasta de 31%.

Los hornos de clinker son los siguientes:

3 hornos de 2,74 m. de diámetro x 57 m. de largo
1 horno de 2,74/2,250 m de diámetro x 57 m de largo.

Todos los hornos trabajan con enfriadoras rotativas de 2,44 m de diámetro x 21 m de largo.

Como combustible tradicionalmente se ha usado fuel oil pesado, tipo "Bunker C". El fuel oil es bombeado a los quemadores de los hornos a una presión de 190 lb/pulgada² y precalentado en un intercambiador térmico, con vapor de agua, donde alcanza una temperatura de 125°C.

El vapor de agua usado para precalentar el fuel oil, es generado en una caldera de tubos de humo que usa también fuel oil pesado como combustible.

El Uruguay aún no ha descubierto dentro de sus límites, la existencia de petróleo, por lo tanto todos los derivados del petróleo, son hoy resultantes del refinado de un crudo que es 100% importado. Se entiende así, que las autoridades nacionales hicieran los máximos esfuerzos para lograr que la industria del país ahorre la mayor cantidad del uso de los derivados del petróleo.

2. PROCESO SEGUIDO EN EL USO DE LA CASCARA DE ARROZ

Al buscar un combustible sustituto del fuel oil que se produjera en el país concluimos que la cáscara de arroz ofrecía varias ventajas, a saber:

- 1) Se podía conseguir en volúmenes suficientes.
- 2) Para ser usada, no requería ninguna preparación previa. No requería molienda.
- 3) Químicamente no ofrecía mayores inconvenientes.
- 4) Se podían conseguir unas 12.000 ton/año provenientes de un molino de arroz ubicado en Montevideo a 5 km de la planta. Esto compensaba el efecto negativo de su alto costo de transporte ya que su peso específico es sumamente bajo (0.13 kg/dm³).
- 5) El total de cáscara que se podría conseguir anualmente sería en total unas 20.000 ton/año. Las 8.000 ton., que se suman a las que se re-



ciben desde Montevideo provendrían del interior del país, de lugares distantes entre 230 y 330 km de la planta.

Lamentablemente, por su carácter zafral, sólo se cuenta con abastecimiento adecuado y fluido durante alrededor de 7 u 8 meses al año y dadas sus características no puede pensarse en un estancamiento para cubrir los demás meses. Además, su bajo peso específico encarece el transporte desde distancias lejanas.

Se buscaron antecedentes y bibliografías sobre el uso que pensábamos darle a la cáscara de arroz como combustible en hornos de clinker y no lo encontramos. Sólo por terceros pudimos enterarnos de una experiencia similar en una fábrica del Estado de Goias en el Brasil. En nuestro laboratorio se efectuaron los siguientes análisis:

Pérdida por calcinación a 1.000°C	80.05%
Ceniza	19.05%
Análisis químico de la ceniza:	
SiO ₂ más insolubles	83.80%
Al ₂ O ₃	0.15%
Fe ₂ O ₃	0.40%
CaO	0.57%
MgO	2.00%
	96.92%

Humedad de la cáscara, como es recibida, 10/12% (aunque en apariencia parece seca).

Poder calorífico superior:	3039 kCal/Kg
Poder calorífico inferior:	2712 kCal/Kg

Como el fuel oil pesado, que se usa en la planta, tiene estas características: poder calorífico inferior 9654 kCal/Kg, resulta que la relación teórica de la equivalencia de la cáscara de arroz y el fuel oil

es: $9654/2712 = 3.56$ o sea que desde el punto de vista de las calorías aportadas, 1 ton fuel oil = 3.56 ton. cáscara de arroz. La cáscara se recibe por camiones que vuelcan su contenido en un cobertizo con techo con capacidad para 36 ton., o simplemente a la intemperie, donde un cargador frontal la apila hasta una altura del orden de los 3 m. Lógicamente la cáscara de arroz, estacionada a la intemperie se moja con las lluvias, pero no ofrece mayores dificultades cuando se tienen vientos importantes.

Claro, que la cáscara apilada a la intemperie llega a tener un contenido de 25% de humedad, lo cual evidentemente afecta la eficiencia térmica de la combustión, pero no así su proceso en el equipo de insuflado. Por todo ello, no conviene exagerar la cantidad de cáscara en stock. Como la ceniza de la combustión de la cáscara (19.5%) se compone de 93.8% de sílice y queda incorporada al clinker, hay que incrementar el contenido de carbonato de la mezcla cruda, esto hace que lógicamente, al aumentar la cantidad de cáscara que se usa, ya de por sí (o sea por estrictas razones químicas) aumente la cantidad de calorías necesarias (provenientes del fuel-oil + cáscara) por toneladas de clinker.

Cuando se sustituye el 17% del fuel oil, hay que incrementar aprox. 1% de carbonato de la mezcla. Esto y el hecho que se insufla aire, que en nuestro caso, al entrar al horno, tiene una temperatura de aprox. 180°C, hace que el consumo de calorías aumente en relación a las calorías consumidas sólo con fuel oil. En nuestro caso ese aumento fue aprox. 3.5%, pero esto se compensa en exceso con el hecho de que las calorías aportadas por la cáscara son de menor costo.

La necesidad del empleo de mezclas más ricas en carbonatos puede ser un obstáculo importante para el empleo de este tipo de sustituto del combustible líquido por el hecho que determina no sólo un agotamiento más rápido de las reservas de materia prima sino que exige de éstas unas características químicas más difíciles de encontrar en los yacimientos corrientes.



RESUMEN DEL USO DE LA CÁSCARA DE ARROZ

AÑO	Ton de cáscara de arroz usada	Fuel oil reemplazado	% de fuel oil reemplazado en el año
1980 (desde Sept.)	1.167	328	1 %
1981	10.332	2.900	7.8%
1982	14.424	4.052	13.1%

3. EQUIPOS USADOS PARA LA INSUFLACION DE LA CÁSCARA DE ARROZ

Los equipos que se usan son iguales para la instalación de los hornos N° 1 - 4 y N° 2 - 3.

Cada uno, en ambas instalaciones consiste de lo siguiente:

- Una toma de aire caliente (400°C) desde la "cabeza" de una de las enfriadoras.
- Un ciclón desempolvador, con descarga automática, a una carretilla que periódicamente (1 vez c/3 horas) se lleva a descargar a un elevador de clinker que se encuentra cerca.
- Una cañería de 9" que lleva el aire caliente y desempolvado al ventilador. Esta cañería está aislada térmicamente de modo que el aire caliente que se extrae de la cabeza de la enfriadora llegue al ventilador a unos 200°C (los ventiladores que se usan son de construcción standard).

En cada tolva hay dos ventiladores, cada uno para un horno. El ventilador es de características nominales: 30NM³/min. con motor 15 HP, 40 amp. Este ventilador funciona con un registro de aire parcialmente cerrado, de modo de tomar el mínimo caudal de aire necesario para transportar la cáscara. En operación el motor del ventilador tiene 22 amp.

- La cáscara se traslada con cargador frontal con balde de 2 m³ de capacidad, desde el

cobertizo con techo o de la pila a la intemperie, distantes 10 o 100m. respectivamente.

- La tolva tiene una capacidad de 5 ton. y en su parte inferior tiene dos transportadores de rosca de 200 mm. de diámetro con descarga a ambos lados de la tolva y accionados c/u con un motor de 2 HP que descarga la cáscara sobre un Venturi donde el ventilador envía aire a alta velocidad.
- Luego una cañería de 6" transporta la cáscara al interior de la cabeza del horno. La entrada de la cáscara insuflada está ubicada simétricamente a la posición del quemador principal, en relación a un eje vertical de simetría de esa misma cabeza de horno, (en estos momentos estamos pensando en reemplazar los ventiladores por sopladores de alta presión y menor caudal de aire).

La velocidad de rotación de las roscas transportadoras de descarga de las tolvas se logra variando las poleas de correas en V que accionan a esas roscas transportadoras. De esa manera la cantidad que transporta c/u de esas roscas puede variar desde 430 a 1.060 kg/h.

La mayor cantidad de cáscara que hemos logrado insuflar, manteniendo una operación económica y sin afectar la calidad del clinker producido, es de 800 kg cáscara/hora en cada horno, lo cual significa un reemplazo del fuel oil pesado del 17%.

Como la insuflación de la cáscara se hace por una instalación y quemador distinto del quemador principal de fuel oil, cuando por alguna causa hay que interrumpir esporádicamente el insuflado de la cáscara, sólo hay que retirar el quemador de ésta y aumentar la cantidad de fuel oil por el quemador principal.

4. BALANCE ENERGETICO

Veamos el balance energético para el caso de una sustitución promedio anual del 13% del fuel oil por cáscara, que es la situación actual.

Poder calorífico inferior (neto) del fuel oil = 9.654 KCal/Kg.

Poder calorífico inferior (neto) de la cáscara de arroz = 2.712 KCal/Kg.

Para un consumo anual (usando sólo fuel oil): 40.000 ton.

Reemplazando un promedio anual de 13% de fuel oil y suponiendo un aumento de 3.5% en el consumo total de calorías, se tendrían los siguientes consumos de fuel oil y cáscara:

$$40.000 \times 1.035 \times 0.13 = 5.382 \text{ ton. fuel oil sustituido/año}$$

$$5.382 \times \frac{9.654}{2.712} = 19.158 \text{ ton. cáscara usado/año}$$

La provisión de cáscara sería:

{	12.000 ton. de Mvd., distancia a la planta 5 Km.
	7.158 ton. (desde el interior del país), distancia a la planta 300 Km.

Consumos de combustibles de los camiones, suponiendo que el camión vuelve vacío al lugar de carga de la cáscara:

Consumo unitario 30 lt. gas oil/100 Km.

Cantidad transportada por viaje desde Montevideo: 4 ton., distancia 5 Km., ciclo total 10 Km.

Cantidad transportada por viaje desde el interior del país: 14 ton., distancia 300 Km., ciclo total 600 Km.

$$\text{Consumo gas oil Montevideo: } \frac{30 \times 10 \text{ lt.}}{100 \times 4 \text{ ton.}} = \frac{0.75 \text{ lt. gas oil}}{\text{ton. cáscara}}$$

$$\text{Consumo gas oil Interior: } \frac{30 \times 600 \text{ lt.}}{100 \times 14 \text{ ton.}} = \frac{12.85 \text{ lt gas oil}}{\text{ton. cáscara}}$$

$$0.75 \times 12.000 = 9.000 \text{ lt.}$$

$$12.85 \times 7.158 = 91.980 \text{ lt.}$$

$$100.980 \text{ lt. gas oil/año}$$

Como el consumo de gas oil del cargador frontal que alimenta las tolvas de insuflado con cáscara consume 70 lt/d, se tendrá que en un año se consumen $365 \times 70 = 25.550 \text{ lt. gas oil/año}$.

Por lo tanto, el consumo total de gas oil, para el transporte de cáscara hasta la planta y dentro de la planta, será de:

$100.980 + 25.550 = 126.530 \text{ lt/año}$, o sea aproximadamente 115 t/año, como el ahorro de fuel oil es de 5.389 ton/año, resulta que el gas oil consumido por el transporte y manipuleo de la cáscara es el 2.1% del ahorro bruto de combustible.

5. BALANCE ECONOMICO

El uso de cáscara de arroz nos ha ocasionado estas variantes en los costos operativos:

AHORROS

Costo actual de 10⁶ Kcaloría del fuel oil US\$ 14.65

Costo actual de 10⁶ Kcaloría de la cáscara de arroz, basado en un suministro de 75% desde Montevideo y 25% desde el Interior del país US\$ 4,54

Costo actual de 10⁶ Kcaloría para un reemplazo promedio de 13% de las calorías de fuel oil por calorías de cáscara de arroz US\$ 13,33

Incorporación parcial de la ceniza de la combustión de la cáscara de arroz a la producción de clinker.

COSTOS ADICIONALES

Aumento del consumo de calorías en el proceso de producción del clinker, al quemar cáscara de arroz en una proporción del 13%

3.5%



Mano de obra (operadores de cargador frontal y cuidador de equipo)	N\$ 3,50/ton. clinker
Energía Eléctrica	N\$ 1,10/ton. clinker
Costo operativo del Cargador Frontal	N\$ 3,00/ton. clinker
Costo operativo del equipo de insuflación	N\$ 0,20/ton. clinker

NOTA: N\$ 33.— = US\$ 1.

6. CONCLUSION

Considerando los ahorros y costos adicionales y el hecho de que por haber fabricado el equipo necesario en nuestros propios talleres con elementos que ya teníamos disponibles en nuestra planta, lo que determinó un bajo costo de construcción de ese equipo (aprox. US\$ 40.000), podemos decir que la sustitución de fuel oil por cáscara de arroz resulta atractiva y alentadora desde el punto de vista empresarial pese a las comentadas desventajas de tratarse de un suministro zafral, que crea problemas de almacenamiento de cobertura, y por requerir materia prima de mayor calidad y suponer un agotamiento más rápido de reservas.

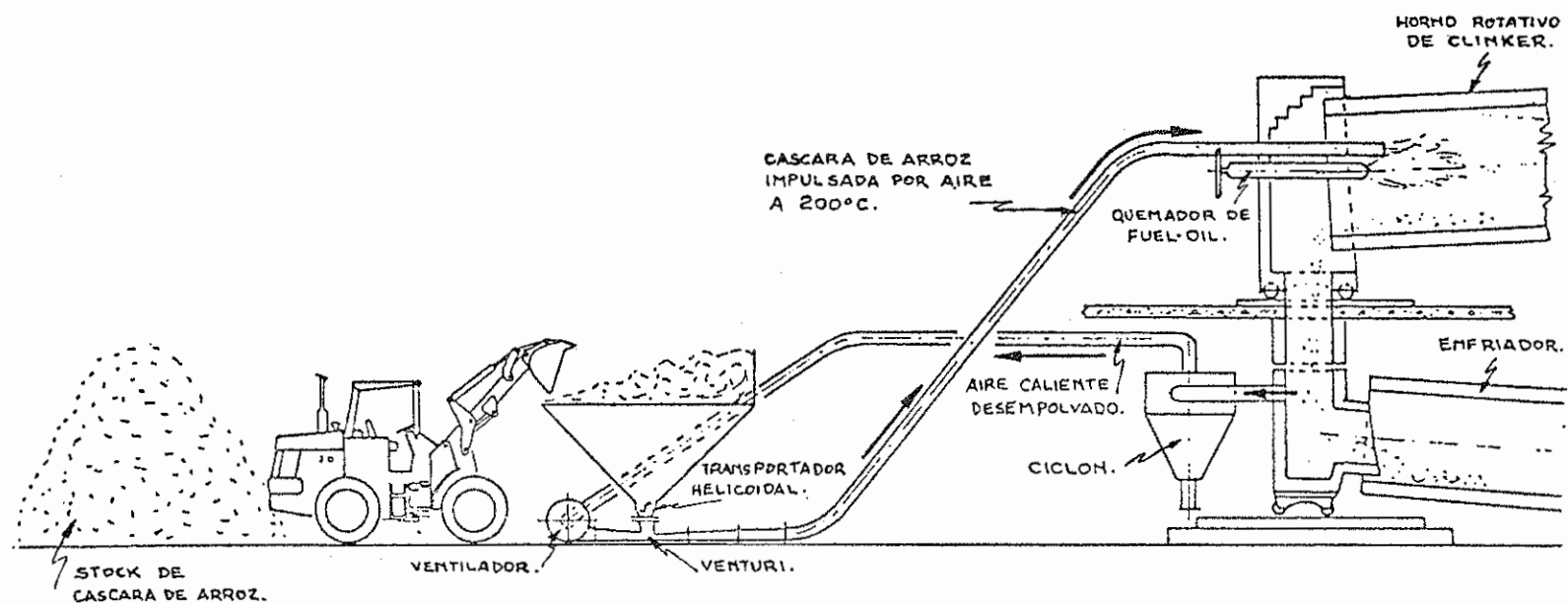
No obstante, y más que el frío resultado de un balance de ahorros y costos adicionales, nos cabe la satisfacción de que con nuestro esfuerzo estamos contribuyendo a que nuestro país tenga una menor erogación de divisas al exterior y como contrapartida, a crear ocupación de mano de obra, e invertir en empresas radicadas en el país.

COMPAÑIA URUGUAYA DE CEMENTO PORTLAND

MONTEVIDEO

URUGUAY

CROQUIS DE LA INSTALACION DEL USO DE LA CASCARA DE ARROZ, COMO COMBUSTIBLE COMPLEMENTARIO DEL FUEL-OIL, EN HORNOS DE CLINKER



USE OF RICE HUSKS AS FUEL FOR THE CEMENT INDUSTRY: THE CASE OF URUGUAY

Luis A. Baratelli*

1. BACKGROUND

The Uruguayan Portland Cement Company manufactures Portland Cement Type I "Artigas", and masonry cement "Articor". The plant is installed in the city of Montevideo, and its limestone quarry is situated 120 kms. from the plant. It uses the wet process, with a 31% moisture content in the paste.

The clinkers are as follows:

- 3 furnaces with a diameter of 2.74 and a length of 57 meters.
- 1 furnace with a diameter of 2.74/2.50 and a length of 57 meters.

All of the furnaces work with rotary coolers 21 meters long, with a diameter of 2.44 meters.

Heavy Bunker C fuel oil has traditionally been used as fuel. The fuel oil is pumped to the furnace burners at a pressure of 190 lbs/in² and is preheated in a heat exchanger with water vapor, where it reaches a temperature of 125° C.

The water vapor used to preheat the fuel oil is generated in a boiler with a fire tube, and the boiler also runs on fuel oil.

Uruguay has not yet discovered oil within its territorial limits; therefore, all of the oil derivatives are currently the result of refined crude oil, 100% of which must be imported. Thus, it can be understood why the maximum authorities of the nation are

attempting to have the country's industries save as much as possible in the use of oil derivatives.

2. THE PROCESS FOLLOWED IN THE USE OF RICE HUSKS

In seeking a substitute for fuel oil from among those potential fuels produced by the country itself, we have concluded that rice husks offer several advantages:

- 1) They can be obtained in sufficient quantities.
- 2) For use, they require no prior preparation such as grinding.
- 3) Chemically, they offer no major drawbacks.
- 4) Some 12,000 tons/year can be obtained from a rice mill located in Montevideo, 5 kms. away from the plant. This compensates the negative effect of high transport costs, since its specific weight is extremely low (0.13 kg/m³).
- 5) The total of husks available per year would amount to some 20,000 tons.

Another 8,000 tons, which can be added to this Montevideo figure, would come from the interior of the country, from different sites between 230 and 330 kms. away from the plant.

Unfortunately, due to its seasonal nature, there is only an adequate, running supply during about 7 or 8

months of the year; and given their characteristics, there is no way to store the husks to cover the other months. Furthermore, their low specific weight makes transport from distant places quite expensive.

We looked for precedents and bibliographies on the use we were thinking about giving rice husks as fuel in clinkers, but we could find none. Only through third parties could we become familiar with a similar experiment in a factory in the State of Goiás in Brazil. In our own laboratory, the following analyses were done:

Losses due to calcination at 1,000°C	80.5%
Ash	19.5%
Chemical analyses of the ash:	
SiO ₂ plus insoluble agents	93.80%
Al ₂ O ₃	0.15%
Fe ₂ O ₃	0.40%
CaO	0.57%
MgO	2.00%
	96.92%

The moisture from the husk, as received, is 10-12%, although it would appear to be dry.

Upper calorific value: 3030 Kcal/kg
Lower calorific value: 2712 Kcal/kg

The heavy fuel oil used in the plant has a lower calorific value of 9654 Kcal/kg, making a theoretical fuel oil - to - rice husk ratio of $9654/2712 = 3.56$; in other words, from the standpoint of calories contributed, 1 ton of fuel oil = 3.56 tons of rice husks. The husks are received by trucks that dump their contents under a covered shed having a 36 - ton capacity, or else, out in the open where a front loader piles the husks up to a height of some 3 meters. Logically, the rice husks left out in the open get wet when it rains, but this does not present any major difficulty if good winds are available.

The husks piled up out in the open come to have a water content of 25%, which obviously affects the

thermal efficiency of combustion, but not so its process in the insuflation equipment. Thus, it would not be worthwhile to exaggerate the amount of husks in stock. Since the husk combustion ash (19.5%) is made up of 93.8% silica and remains incorporated in the clinker, the carbonate content of the raw mixture should be increased and, logically, this means an increase in the amount of husks used, thus, (for strictly chemical reasons) increasing the amount of calories necessary (from fuel oil + husks) per ton of clinker.

When 17% of the fuel oil is substituted, the carbonate of the mixture must be increased by 1%. This, together with the fact that air is insuflated--in this case, entering the furnace with a temperature of approximately 180°C,--makes the calorie consumption greater than that when only fuel oil is used. In this case, the increase was about 3.5%, but this is more than made up for by the fact that the calories contributed by the husks are cheaper.

The need to use mixtures richer in carbonates can be an important obstacle for the use of this type of liquid fuel substitute, since it determines not only a more rapid depletion of the raw material reserves but also demands from them chemical characteristics more difficult to find in regular deposits.

SUMMARY OF THE USE OF RICE HUSKS

YEAR	TONS OF HUSKS USED	FUEL OIL REPLACED	% OF FUEL OIL REPLACED IN THE YEAR
1980 (as of Sept.)	1,167	328	1%
1981	10,332	2,990	7.8%
1982	14,424	4,052	13.1%

3. EQUIPMENT USED FOR INSUFLATION OF RICE HUSKS

The equipment used is exactly alike for furnace installations Nos. 1-4 and 2-3.



Each one of the two installations consists of the following elements:

- 1) A hot air intake (400°C), from the head of one of the coolers.
- 2) A cyclone to remove dust, with automatic discharge to a car which periodically (once every three hours) unloads into a clinker elevator nearby.
- 3) A 9" tube that carries the hot, dust-free air to the fan. This tubing is thermally insulated so that the hot air extracted from the head of the cooler reaches the fan at some 200°C (the ventilators used are standard). In each hopper (bin) there are two ventilators, one for each furnace. The ventilator has the following rated features: 30NM³/min. with a 15-HP engine, 40 amp. This ventilator works with a partially-closed air gauge, in order to have the minimum air flow necessary to transport the husks. When operating, the ventilator's engine has 22 amp.
- 4) The husks are moved with a front-loading bucket having a 2-m³ capacity, from the shed or from the outside, uncovered pile, from distances of 10 or 100 meters, respectively.
- 5) The bin has a 5-ton capacity and in the lower part it has two threaded conveyors with a diameter of 200 mm., with unloading on both sides of the bin. Each one is run by a 2-HP engine which unloads the husks onto a Venturi, where the ventilator sends high-speed air.
- 6) Then, 6-in. pipe transports the husks into the head of the furnace. The entry of the insulated husks is located symmetrically to the position of the main burner, with relation to a vertical axis of symmetry for that same head. (At present, we are thinking about replacing the ventilators by high-pressure blowers with a smaller air flow).

The speed of rotation of the unloading conveyors for the bins is achieved by varying the pulley V-belts

that run them. In this way, the amount that each of these transports carry can vary from 430 to 1,060 kg/hr.

The largest amount of husks that we have managed to insulate, while maintaining an economical operation and not affecting the quality of the clinker produced, has been 800 kg. of husks per hour, in each furnace; this means a figure of 17% for the heavy fuel oil replaced.

Since the insulation of the husks is accomplished using an installation and burner different from the main fuel oil burner, when for some reason the insulation must be sporadically interrupted, it is only necessary to remove the burner from the husks and to increase the amount of fuel oil through the main burner.

4. ENERGY BALANCE

Let us look at the energy balance for the case of an average annual substitution of 13% of the fuel oil by husks, which is the current situation.

— lower calorific value (net) of the fuel oil = 9654 Kcal/kg.

— Lower calorific value (net) of the rice husks = 2712 Kcal/kg.

— For annual consumption (using only fuel oil) = 40,000 tons.

Replacing an average of 13% of the fuel oil and assuming a 3.5% increase in the total consumption of calories, the following fuel oil and husk consumption results:

$40,000 \times 1,035 \times 0.13 = 5,382$ ton of fuel oil replaced per year.

$$5,382 \times \frac{9,654}{2,712} = 19,158 \text{ tons of husks used per year}$$

The supply of husks would be: { 12,000 tons from Montevideo, 5 kms. away from the plant
7,158 tons from the interior of the country, 300 kms. away.

Fuel consumption by trucks, assuming that they return empty to the husk-loading area:

Unit consumption = 30 liters of gas-oil/100 kms.

Amount transported per trip from Montevideo: 4 tons, from 5 kms. away, for a total cycle of 10 kms.

Amount transported per trip from the interior of the country: 14 tons, from 300 kms. away, for a total cycle of 600 kms.

$$\text{Gas-oil consumption} = \frac{30 \times 10 \text{ Lt.}}{100 \times 4 \text{ tons}} = \frac{0.75 \text{ Lt. gas-oil}}{1 \text{ ton husks}}$$

$$\text{Gas oil consumption} = \frac{30 \times 600 \text{ Lt.}}{100 \times 14 \text{ tons}} = \frac{12.85 \text{ Lt. gas-oil}}{1 \text{ ton husks}}$$

Since the gas-oil consumption of the front loader that feeds the insuflating hoppers for the husks calls for 70 liters per day, in one year it will consume $365 \times 70 = 25,550$ liters of gas-oil.

Therefore, the total gas-oil consumption for the transportation of the husks to the plant and within the plant will be: $100,980 + 25,550 = 126,530$ liters per year, or approximately 115 tons per year. As the fuel oil savings is 5,389 tons per year, then the gas-oil consumed by transportation and handling of the husks amounts to 2.1% of the gross fuel savings.

5. ECONOMIC BALANCE

The use of rice husks has given rise to the following variations in operational costs:

SAVINGS

Current cost of 10⁶ Kcal of fuel oil U.S. \$14.65

Current cost of 10⁶ Kcal of rice husks, based on a 75% supply from Montevideo and 25% from the interior of the country 4.54

Current cost of 10⁶ Kcal for the replacement of an average 13% of fuel oil calories by rice husk calories 13.33

Partial incorporation of ash from rice husk combustion in clinker production.

ADDITIONAL COSTS

Increase in consumption of calories in the clinker production process, by burning rice husks in a 13% proportion 3.5

Labor (front - loader operator and equipment caretakers) N\$ 3.50/ton of clinker

Electricity 1.10/ton of clinker

Operating costs of front loader 3.00/ton of clinker

Operating cost of insuflation equipment 0.20/ton of clinker

Note: N\$ 33 = U.S. \$ 1.

6. CONCLUSION

Considering the savings and additional costs, and the fact that by manufacturing the necessary equipment in our own workshop - with elements that we already have available in our plant - a low cost of construction was determined (approximately U.S. \$ 40,000); we can say that the replacement of fuel oil by rice husks proves to be attractive and encouraging from the businessman's point of view, despite the much-commented disadvantages of dealing with a seasonal

supply, which would create problems of covered storage, would require better-quality raw material and would suppose a more rapid depletion of reserves.

Nevertheless, and beyond the cold results of a balance sheet of savings and additional costs, we are pleased that through our effort we are contributing to savings in our country's foreign exchange disbursements abroad; and alongside this, to the creation of jobs and investments in firms located within the country.

* Vice-President and Production Manager, Uruguayan Portland Cement Company, Uruguay.

COMPAÑIA URUGUAYA DE CEMENTO PORTLAND

MONTEVIDEO

URUGUAY

FLOW-CHART OF THE INSTALLATIONS FOR USING RICE HUSKS AS A FUEL COMPLEMENTARY TO FUEL OIL IN CLINKER FURNACES.

