



Simposio Internacional de Industria y Energía

Título: DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES

*Title: ENVIRONMENTAL LOAD DECREASE OF THE FOUNDRY BY
RICE HUSK APPLICATION ON FEEDERS*

Autores

- 1- Msc. Ing. Msc. Ing. Juan Carlos Cruz Pérez. Planta Mecánica. Cuba. e-mail: juancacruz@plantamec.co.cu
- 2- Dr. Ing. Jesús Eduardo González Ruiz. Biomat. U.H. Cuba. E-mail: jgonzalezr1961@gmail.com
- 3- Dr. Ing. Lorenzo Perdomo González. UCLV. Cuba. E-mail: lperdomo@uclv.edu.cu
- 4- Dr. Ing. Amado Cruz Crespo. UCLV. Cuba. E-mail: acruz@uclv.edu.cu
- 5- Dr. Sc. Rafael Quintana Puchol. UCLV. Cuba. E-mail: rquin@uclv.edu.cu

Resumen:

- **Problemática:** La aplicación de materiales auxiliares de alimentación, desempeña un papel imprescindible en el aumento de la eficiencia metálica y económica de la fundición de piezas de acero y de la reducción de la carga que este proceso representa para el medio ambiente.
- **Objetivo:** El presente trabajo tiene como objetivo abordar la aplicación de la cáscara de arroz como alternativa de material auxiliar en la fundición de piezas de acero. Argumentar la posibilidad que brinda su aplicación de no tener que importar materiales comerciales, su aporte al incremento de la eficiencia de la fundición y en la reducción de la carga contaminante de esta industria.
- **Metodología:** Se aplica el método hipotético deductivo en el análisis de la influencia de este biomaterial en forma de casquillo, (manguito, manga o camisa); y como cobertura, en su forma natural y sin preparación previa, sobre las mazarotas o alimentadores, en el logro de resultados y parámetros tecnológicos importantes para el diseño de alimentadores asistidos con este material.



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

- **Resultados y discusión:** Los resultados presentados muestran el potencial de la cáscara de arroz como material auxiliar, para mejorar la eficiencia metálica del proceso de fundición de piezas de acero. Durante su aplicación, se observa buen comportamiento en el proceso de fundición, fácil manejo y almacenamiento.
- **Conclusiones:** Este desecho agrícola constituye una alternativa viable, ecológica y económica de material auxiliar de alimentación en el proceso de fundición de piezas de acero al carbono.

Abstract:

- **Problematic:** The feeding aids materials application, play an essential role in metallic and economy efficiency increase of steel casting parts process, and reduction of load such process represents for environment.
- **Objective:** The present paper has as objective to approach of the rice husk application as an alternative auxiliary material in steel casting parts. To argue for the possibility that its application give to have not import commercial materials, its contribution to foundry efficiency increase and reduction of contaminant load of this industry.
- **Methodology:** The hypothetic deductive method is apply in the influence analysis of this biomaterial in sleeve and hot topping or coverage form, in its natural form, without initial preparation, on the risers or feeders, in attainment of important technologic results and parameters for the feeders design attended with this material.
- **Results and Discussion:** The presented results shows the rice husk potential as feeding aid, to improve of steel casting parts process's metallic efficiency. During its application, a good behavior in the casting process is observed, easy handling and storage.
- **Conclusions:** This agricultural waste is a viable alternative, ecological and economical of feeding aid in the carbon steel casting part process.

Palabras Clave: Casquillo termoaislante; Polvo de cobertura; Cáscara de arroz; Auxiliares de alimentación; Alimentadores; Producción más limpia



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

***Keywords:** Insulating sleeve; Hot topping; Rice husk; Feeding aids; Feeders; Cleaner production*

1. Introducción

La fundición aún desempeña un rol importante en el desarrollo de la industria nacional de cualquier país por su importancia en la producción de equipos y piezas de repuesto. No se puede prescindir de este proceso si se aspira a alcanzar o mantener un determinado desarrollo económico. Su fortaleza consiste en que, a pesar de su antigüedad, es el método de producción de piezas de forma compleja más utilizado, pudiendo obtenerse un amplio grupo de piezas en cuanto a variedad de formas y peso. Además, es la forma más común de reciclar la chatarra de diferentes metales.

Por sus características, la industria de la fundición de acero representa una importante fuente de emisión de contaminantes a la atmósfera, a lo que se suma su elevado consumo de energía. (Ortiz-Prado, 2018) Esta situación ha incentivado la búsqueda y aplicación de soluciones que permitan cumplir con las regulaciones y normativas medioambientales que se han implementado. La eficiente gestión productiva de la fundición de piezas de acero es el único modo de maximizar su eficiencia y hacerla medioambiental y económicamente sostenible. Un factor muy importante en este propósito es disminuir al máximo el acero líquido necesario para obtener piezas sanas, (Breton, 1965, Wlodawer, 1966) ya que este aspecto materializa en sí mismo la posibilidad de ahorrar recursos y bajar los costos de producción.

Los defectos de alimentación en las piezas de acero son causados por la disminución de volumen que experimenta el acero durante la solidificación (Ruddle, (1979)). Esta contracción debe ser compensada durante la solidificación para evitar que afecte la sanidad de la pieza. Para esto se agrega al molde un alimentador o mazarota, que constituye una reserva de acero líquido que va pasando a la pieza a medida que esta se enfría y solidifica. El principal inconveniente de esta solución es que demanda una cantidad adicional de acero (Breton, 1965). Los alimentadores naturales de arena pueden entregar hasta el 14 % de su volumen de acero líquido a las piezas que se enfrían como una placa y alrededor de un 10 % a las que se enfrían como un cilindro. (Wlodawer, 1966) Esto hace que disminuya la eficiencia o productividad de la fundición de piezas de acero,



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

al disminuir el número de piezas por colada. El aumento de la eficiencia metálica en la fundición de piezas de acero se logra reduciendo el tamaño de los alimentadores.

Con este fin, se utilizan medios auxiliares de alimentación en los moldes, (Wlodawer, 1966) siendo los más utilizados los materiales exotérmicos e isotérmicos o termoaislantes en forma de mangas o casquillos y polvos o granulados para cobertura en los alimentadores. El efecto de estos materiales es prolongar el tiempo de solidificación de los alimentadores, contribuyendo a dirigir el proceso de solidificación hacia éstos y a aumentar el volumen de metal líquido que pueden entregar a la pieza, lo cual permite reducirles el tamaño. (Wlodawer, 1966, Bernal Lima, n. d.) Los casquillos alimentadores son una solución bien establecida para minimizar los costos asociados a la fundición y se estima que en el año 2013 alrededor del 80 % de todas las piezas fundidas de acero en el mundo fueron producidas aplicando esta solución. Solamente la industria de la fundición de acero de Estados Unidos gasta 38 millones de dólares por año en casquillos alimentadores. (Al-Shafe, 2015, Williams, 2016)

En la actualidad se ha alcanzado un elevado desarrollo de estos productos, encontrándose disponibles nuevos materiales y diseños, producidos y comercializados por firmas especializadas. Los productos más recientes combinan el efecto de un casquillo altamente exotérmico cubierto por otro isotérmico, optimizando la eficiencia metálica obtenida con respecto a un casquillo puramente exotérmico. (Schäfer, 2017) Otra variante de estos alimentadores telescópicos utiliza dos casquillos exotérmicos, con una reacción muy energética que genera gran cantidad de calor y mantiene en estado líquido todo el volumen de metal contenido en el alimentador, aumentando su tiempo de solidificación en un grado mayor que con casquillos isotérmicos. Esta variante garantiza una entrega de más del 50 % del volumen del alimentador a la pieza y una baja introducción en la arena de moldeo de compuestos contaminantes, presentes en otras formulaciones, beneficiando al sistema de recuperación y recirculación de arena de moldeo. (Dodik-Pelja, (2021))

Otros productos muy utilizados en combinación con los manguitos o casquillos, y que también presentan un elevado desarrollo, son los polvos o granulados para cobertura, o también llamados compuestos anti rechupe. La multinacional Foseco ha desarrollado productos como la serie FERRUX, para la fundición de hierro y acero, el THERMOXO, producto que al reaccionar produce hierro líquido a una temperatura alrededor de 2000°C



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

y que se utiliza en casos de llenado insuficiente de alimentadores y la serie FEEDOL, para aleaciones no ferrosas. (Foseco., 2000)

Para Cuba, resulta costosa y complicada la adquisición de estos materiales para asistir los alimentadores, debido fundamentalmente a la imposibilidad de acceder a créditos comerciales y a la dificultad de obtener contratos para un suministro estable de estos productos. Por otra parte, su utilización representaría un aumento notable del componente en monedas libremente convertibles del costo de producción y del precio final de las piezas fundidas de acero para la industria nacional y la exportación. Esto ha dado como resultado la no aplicación de estos materiales en la industria de la fundición cubana y trabajar únicamente con alimentadores naturales de arena, o convencionales.

En el caso de la Empresa Planta Mecánica el no utilizar materiales auxiliares repercute en una baja eficiencia metálica ($< 50\%$), debido al gran tamaño que requieren los alimentadores o mazarotas convencionales, afectando también la calidad final de las piezas. La eficiencia metálica de Planta Mecánica se sitúa entre un 35 y un 45 %, atribuyéndose además de lo señalado, a la aplicación de un método de cálculo de mazarotas anticuado y obsoleto. (Suárez Lisca, 2016)

Para dar solución a estas dificultades, los especialistas de la empresa comenzaron la búsqueda de información para la utilización de la cáscara de arroz como material auxiliar de alimentación. Después de un período de estudio sobre su utilización como cobertura y casquillo o manguito termoaislante, se obtuvieron resultados en cuanto a volumen de entrega de los alimentadores de acero similares a los obtenidos con materiales desarrollados por Foseco y otras firmas comerciales. Debido a esto en la fundición de Planta Mecánica, se estableció el empleo de la cáscara de arroz como material auxiliar de alimentación y comenzó a aplicarse de forma gradual en la producción, hasta generalizarse, llegando a utilizarse en más del 95 % de la producción de piezas fundidas de acero.

Ya se cuenta con una experiencia de 25 años de aplicación de este casquillo con la cobertura de cáscara de arroz, lo cual ha servido para evaluar de forma práctica, la positiva influencia de esta biomasa sobre todos los aspectos del proceso de fundición. La aplicación de este desecho agrícola constituye una forma de implementar la producción



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

más limpia y el desarrollo sostenible de la fundición de piezas de acero, así como un significativo aporte a la sustitución de importaciones para la economía del país.

El presente trabajo tiene como objetivo exponer el positivo efecto para el medio ambiente y la economía que posee la utilización de la cáscara de arroz como material auxiliar en la fundición de piezas de acero.

2. Metodología

La base teórico-práctica para la aplicación de medios auxiliares de alimentación y para el cálculo de los alimentadores, es la teoría de módulo de solidificación o regla de Nicolas J. Chvorinov. (Wlodawer, 1966) Según la cual el módulo o tiempo de solidificación de una pieza a fundir es la razón de su volumen entre su superficie de transferencia.

$$M=V/S \quad (1)$$

Los auxiliares de alimentación se aplican en los alimentadores o mazarotas en forma de casquillos (mangas, manguitos, camisas) y polvos o granulados para su cobertura. El efecto físico de dichos materiales es disminuir la superficie de transferencia de calor para aumentar el tiempo de solidificación o módulo de los alimentadores. (Wlodawer, 1966)

Un aspecto muy importante de la aplicación de los casquillos alimentadores es el conocimiento de sus parámetros tecnológicos. Estos parámetros posibilitan el cálculo y la selección del casquillo para asistir el alimentador, así como la aplicación de softwares de simulación del proceso de fundición para pronosticar el resultado a obtener y no tener que realizar pruebas tecnológicas en el taller. Un parámetro muy importante para el diseño del alimentador asistido con medios auxiliares es el factor de prolongación del módulo f , o MEF, por sus siglas en inglés, (Modulus Extension Factor), (Foseco, 1982) que se logra por el efecto del casquillo y su cobertura correspondiente, con respecto a las dimensiones geométricas del alimentador calculado, o módulo geométrico. Mientras mayor es el valor absoluto de este factor, mayor es el módulo del alimentador asistido con el casquillo en cuestión. El módulo geométrico del alimentador, calculado por la regla de Chvorinov, se multiplica por el factor f para obtener el módulo real del alimentador. (Foseco, 1982) Resultados publicados reportan valores de f hasta 1.6 para materiales isotérmicos. (Steger, 1967) Otras investigaciones realizadas con materiales exotérmicos e isotérmicos ubican este valor entre 1.07 y 1.28. (Williams, 2016)



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

Parámetros tecnológicos muy importantes, pero por lo general poco disponibles, son los factores de alteración aparente de la superficie x e y . Para el diseño de alimentadores asistidos con materiales auxiliares de alimentación (exotérmicos o isotérmicos), el conocimiento de estos coeficientes, ASAF por sus siglas en inglés (Apparent Surface Alteration Factors), (Ruddle, (1979)) del material que se aplica, tienen una importancia primordial. Los coeficientes ASAF, x e y , son adimensionales y sus valores están entre 0 y 1, mientras más cercano a 0 estén sus valores, más eficiente es el efecto del material auxiliar. (Bernal Lima, n. d.) El factor x es el efecto del casquillo y el factor y es el efecto de la cobertura. Según la fórmula para el calcular el módulo del alimentador o mazarota cilíndrica: (Ruddle, (1979), Bernal Lima, n. d.)

$$M'_m = \frac{H \times D}{4 \times H_x + D_y} \quad (2)$$

Otro parámetro importante es la capacidad de entrega de metal líquido del alimentador, asistido con un casquillo, a la pieza o eficiencia de alimentación, con respecto a su volumen.

Con la aplicación en la producción de la cáscara de arroz se observó, en algunos casos, una eficiencia de alimentación en el orden del 70 % del volumen del alimentador y una eficiencia metálica del molde entre 78 y 80 %. En otros casos la eficiencia del alimentador asistido con el casquillo y la cobertura se comportaba de forma similar a la del alimentador natural de arena, 14 % en piezas tipo placa. Estos resultados, reflejaban un mal aprovechamiento del potencial de la cáscara de arroz como material auxiliar de alimentación, teniendo en cuenta que el método geométrico por el que se calculan los alimentadores para la producción, no se corresponde con la concepción metodológica seguida para la aplicación de auxiliares de alimentación en la fundición de piezas de acero. Estas diferencias en la eficiencia de alimentación se manifestaban en alimentadores del mismo tamaño en una misma pieza y en otras similares, lo que se reflejaba también en la dispersión de la eficiencia metálica por molde obtenida en la producción de piezas similares.

Debido a esta situación, se decidió realizar esta investigación con el objetivo de evaluar el potencial termoaislante de la aplicación de la cáscara de arroz, en función del aumento de la eficiencia de los alimentadores y de la eficiencia metálica del proceso de producción.



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

También para evaluar parámetros tecnológicos desconocidos y necesarios, con los que contar como referencia, para el cálculo de los alimentadores asistidos con el casquillo y la cobertura, y así lograr una mejor aplicación de este desecho agroindustrial como auxiliar de alimentación.

Para la investigación se planificó un experimento conocido como, vertido del líquido residual. El mismo consiste en la fundición, en un molde giratorio, de 4 probetas cilíndricas asistidas con el casquillo y la cobertura. Para obtener estas probetas se confeccionó el molde con los casquillos de cáscara de arroz con el diámetro y altura planificados, comunicados por un canal de entrada para el acero, que garantiza su llenado simultáneo por vasos comunicantes. Inmediatamente después del llenado se coloca la cobertura a cada casquillo y transcurrido un tiempo de permanencia o solidificación planificado, se hace girar el molde para verter el acero que permanezca en estado líquido y obtener una cavidad en cada probeta.

A las probetas obtenidas, primeramente, se les mide el volumen de su cavidad, diámetro promedio y altura final. Posteriormente son cortadas longitudinalmente para medir el espesor solidificado. Debido a la irregularidad obtenida en todo el cuerpo de la probeta, se mide un grupo de puntos o zonas de su contorno y se determina un espesor promedio solidificado en milímetros. Con los datos obtenidos se sigue un proceso de ingeniería, inversa para evaluar los parámetros tecnológicos que intervienen en el resultado expresado en las probetas.

En la investigación se estableció como hipótesis el aumento del espesor de los casquillos y la cobertura para aumentar el módulo o tiempo de solidificación de las probetas. Las variables de entrada del experimento fueron el espesor de pared de los casquillos a tres niveles 30, 47 y 65 mm; la altura de capa de cobertura con cáscara de arroz natural, en tres niveles 45, 65 y 85 mm; así como 20, 15, y 10 minutos de permanencia o solidificación antes de decantar el molde. Los casquillos utilizados fueron de diámetro y altura igual a 200 mm. Las variables de salida fueron el volumen de la cavidad obtenida en la probeta y el espesor promedio del acero solidificado. Para el análisis y procesamiento estadístico de los resultados obtenidos se diseñó un experimento factorial 2^3 , con réplica de los puntos centrales.



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

Se analizó también la posible influencia de la cáscara de arroz en la composición química del acero AISI 1045. Para esto se preparó una muestra que abarca la altura de la probeta en contacto del acero con el casquillo, de una de las probetas fundidas con 20 minutos de permanencia. Los ensayos se realizaron por análisis espectral en los extremos y el centro de dicha muestra, para compararlos con los de la muestra final de la colada que se realizan por el mismo método. Se realizaron pruebas en la producción de piezas tipo sprocket, aplicando las combinaciones casquillo-cobertura planificadas para el experimento. Se pesó un grupo de 486 piezas fundidas de diferentes tipos, con el objetivo de obtener datos sobre el ahorro de acero propiciado por la aplicación de la cáscara de arroz. En la tabla 4 aparece de forma abreviada cada promedio por tipo de pieza y tecnología.

3. Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en el procesamiento de las probetas fundidas y los parámetros tecnológicos evaluados a partir de los mismos.

Tabla 1. Parámetros tecnológicos evaluados de los resultados del experimento

Molde	Número de probeta	Esp. casquillo en mm.	Altura de cobertura en mm.	Tiempo de permanencia en min.	Volumen de entrega %	Módulo en cm	ASAF		MEF
							x	y	
1	2	30	45	20	9.62	7.00	0.45	0.76	1.98
	3	47	65	20	7.29	8.00	0.34	0.74	2.44
2	2	30	45	15	11.42	7.19	0.32	0.73	2.50
	3	47	65	15	18.77	7.00	0.34	0.74	2.41
	4	65	85	15	20.84	7.00	0.35	0.75	2.38
3	1	30	85	10	18.45	5.00	0.62	0.67	1.59
	2	30	45	10	19.29	5.37	0.50	0.73	1.85
	3	47	65	10	25.69	5.00	0.45	0.76	1.97
	4	65	85	10	22.58	5.37	0.50	0.70	1.85
4	1	65	45	15	15.80	6.00	0.43	0.75	2.07
	2	65	65	15	13.00	6.60	0.40	0.72	2.19
	3	47	65	15	10.28	7.00	0.31	0.75	2.54
	4	30	85	15	9.41	6.55	0.32	0.73	2.50

Elaboración propia

La tabla 2 brinda la composición química de la muestra final, archivada en el laboratorio, de la colada en la que se fundió la probeta utilizada para extraer la muestra del análisis químico. En la tabla 3 aparece la composición química promedio de las tres zonas de la probeta preparada para este análisis.



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

Tabla 2. Composición química de la muestra final archivada de la colada correspondiente a la probeta con 20 minutos de permanencia (Cruz, J. C., (2009), p 64)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0.405	0.330	0.520	0.026	0.042	0.130	0.030	0.140
Al	Cu	Ti	V	Pb	Sn	Zn	Fe
>1.8	0.310	0.0081	0.000	0.002	0.010	>0.03	96.220

Tabla 3. Composición química promedio de las tres zonas de la probeta preparada para el análisis comparativo de la posible influencia química de la cáscara de arroz sobre el acero (Cruz, J. C., (2009), p 64 y 65)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0.457	0.347	0.510	0.024	0.014	0.130	0.050	0.130
Al	Cu	Ti	V	Pb	Sn	Zn	Fe
0.036	0.293	0.0080	0.000	0.002	0.015	0.014	97.973

El procesamiento estadístico de los resultados permitió graficar la influencia de las

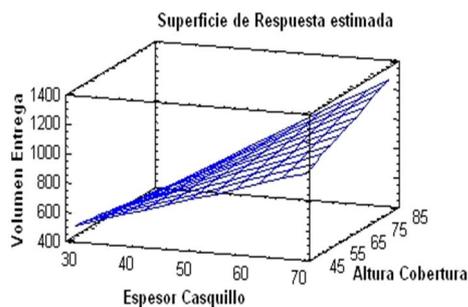


Figura 1. Superficie de respuesta obtenida con las variables de entrada sobre el volumen de entrega (Cruz, J. C., (2009), p 62)

variables de entrada sobre las variables de salida. En la figura 1 se muestra la superficie de respuesta estimada para el volumen de entrega, reflejando una influencia positiva de las variables de entrada sobre este parámetro. (Cruz, (2009), Cruz Pérez J. C., 2012)

En la figura 2 puede apreciarse la notable diferencia de tamaño entre el alimentador convencional de arena, pieza situada a la izquierda y el asistido con la cáscara de arroz, pieza situada a la derecha en la imagen A. En este caso con el alimentador asistido con la cáscara de arroz se ahorraron 130 kg. de acero con respecto al peso bruto de 500 kg. planificado por producción para esta pieza. En la imagen B se puede observar la gran cavidad resultante en el alimentador como resultado del aumento del volumen de acero entregado a la pieza por el efecto termoaislante de la combinación casquillo-cobertura. En la pieza de la imagen B se



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

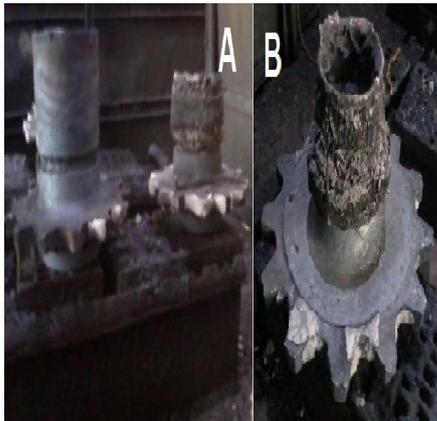


Figura 2. A: Mazarota convencional y mazarota asistida con la cáscara de arroz en una misma pieza (sprocket), B: Gran cavidad de entrega lograda en la mazarota. (Cruz, (2020))

ahorraron 190 kg. de acero con respecto al peso bruto planificado de 720 kg y se logró una eficiencia de alimentación del 30 % del alimentador. (Cruz, (2020))

Para mostrar y comparar los resultados del pesaje de las piezas, debido a la extensión de la muestra, la tabla 4 se confeccionó a partir del promedio del peso bruto y la eficiencia metálica obtenida para cada tipo de tecnología. Además, se determinó el promedio del metal ahorrado por cada tipo y cantidad de piezas de la muestra, de acuerdo a datos previamente reportados. (Cruz, (2009)) El análisis de la tabla 4 muestra que al utilizar

combinaciones de casquillo y cobertura se produjo como promedio una eficiencia metálica en molde de un 83 % en toda la muestra, con un ahorro de 120 t de acero, lo cual corrobora lo ilustrado en la figura 2.

Tabla 4. Peso bruto, eficiencia metálica y metal ahorrado promedio (Cruz, (2020))

Piezas tipo	Cant.	Peso bruto Promedio por tipo de tecnología (kg.)		% Eficiencia met. promedio por tipo de pieza		Promedio de metal ahorrado (kg.)
		Mz* convencional	Casquillo c.arroz.	Mz convencional	Casquillo c.arroz.	
Cuchilla	136	1313,5	954	64,55	89,19	5229,1
Sprocket	210	369,86	280,71	64,81	85,82	2546,86
Pestaña	24	1186,6	982,6	71,66	86,41	1032
Soporte	80	769,33	563,33	52,21	71,10	5024
Corona Ma*	25	1878	1348	54,32	75,82	2914
Catalina	1	8000	5947	50,65	68	2053
Carro Sinter	10	4400	3100	47,43	63,32	1300

Mz – Mazarota. Ma- Masa alimentadora.

Con las combinaciones casquillo-cobertura estudiadas en esta investigación se obtuvo un módulo de solidificación promedio de 6,4 cm, superior en todos los casos al módulo geométrico de la probeta correspondiente obtenida en el experimento. Ello generó un factor de prolongación del módulo f promedio de 2,2, similar a lo reportado para



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

materiales altamente exotérmicos en alimentadores pequeños, en los que f puede alcanzar 2,3 veces el módulo geométrico. (Inc., 2000) Este valor de f supera a lo reportado para alimentadores asistidos con materiales exotérmicos e isotérmicos en los que f puede estar entre 1,4 y 1,5. (Inc., 2000) Para materiales isotérmicos, se reporta un f entre 1,1 y 1,6. (Steger, 1967) En un trabajo realizado recientemente se reportan valores de f , obtenidos de forma experimental y replicados a través de la simulación con el software MAGMAsoft, desde 1,07 hasta 1,28 para un grupo de 13 casquillos exotérmicos e isotérmicos de firmas comerciales. (Williams, 2016) Otro estudio reporta un valor de f para un casquillo de cáscara de arroz de 1,4 como promedio. (Idamayanti, 2020)

En cuanto a los factores ASAF, se reportan valores de estos factores de 0,65 y 0,7 de materiales de la firma FOSeCO. Los coeficientes obtenidos para la cáscara de arroz en la tabla 1, están en el entorno de los de esta firma comercial, con un valor promedio del coeficiente x de 0,41 y del coeficiente y de 0,73.

La capacidad de alimentación, capacidad de entrega o eficiencia de alimentación, de alimentadores asistidos con materiales comerciales, es de al menos un 33 % (Foseco., (2003)), o más del 80 %. (Inc., 2000) El volumen de entrega de la tabla 1 promedia un 15.6 %, en el entorno de la entrega de un alimentador convencional de arena (14 %). Esto se debe a que el experimento se realizó en régimen estático (sin entregar acero a una pieza) y con una permanencia mayor que el tiempo en el que ocurre la entrega de acero, por parte del alimentador, a una pieza de módulo promedio para obtenerla sana. Lo mostrado en la tabla 1 no es más que el potencial de entrega de la probeta con el material en estudio. El potencial de entrega obtenido en la investigación fue utilizado en cálculos tecnológicos para la producción, lográndose un incremento de la eficiencia de alimentación entre 55 y 70 % en un grupo de alimentadores, similar a lo obtenido con materiales comerciales establecidos a nivel mundial.

Como se puede apreciar en las talas 2 y 3, la composición química obtenida en la probeta estudiada, resultó similar a la correspondiente a la muestra final de la colada obtenida directamente del horno, correspondiente al acero AISI 1045. Este resultado muestra la ausencia de variaciones estadísticamente significativas en los elementos de la composición química en las zonas próximas al casquillo, lo que evidencia que la



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

utilización de la cáscara de arroz como material auxiliar de alimentación no afecta la composición química del acero al carbono ni sus propiedades mecánicas.

El arroz es un cereal que se cultiva en todos los continentes. Según (Olivier, (2011)) y (Díaz, (2011)), la cáscara constituye aproximadamente el 20 % de la masa del grano, generándose anualmente en el mundo más de 100 000 000 t. En Cuba se producen alrededor de 400 000 t de cáscara de arroz al año en el sector estatal y privado, de las cuales se aprovecha una ínfima parte en la economía nacional y el resto queda como residuo agrícola contaminante. (De las Pozas del Río, (2012)) La cáscara de arroz contiene materia orgánica, fundamentalmente celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo que se considera un problema a solucionar al no ser biodegradable y constituir una carga contaminante para el medio ambiente. Pese a esto, de este residuo sólo el 5 % se está aprovechando. (Díaz, (2011)) Entre las propiedades físicas de la cáscara de arroz se destacan su densidad específica de 1,42 kg/m³, elevada porosidad y una conductividad térmica (K) de 0,03605 W/mK. (Díaz, (2011)) Esto la convierte en un material termoaislante eficiente para la fundición. La cáscara de arroz no se quema con facilidad; es altamente resistente a la impregnación con humedad y a la descomposición por hongos; no transmite el calor muy fácilmente; no emite gases ni mal olor y no es corrosiva al contacto con el aluminio, el cobre y el acero; presenta, de forma natural, las propiedades requeridas para los materiales isotérmicos de aplicación industrial, clasificándose como material de clase A o clase I, por tanto, puede ser utilizada para termo aislar paredes, pisos y techos de casas. (Olivier, (2011)) Por otro lado, la utilización de la cáscara de arroz en procesos industriales tiene las ventajas de ser de fácil manejo y procesamiento y de no requerir instalaciones de alta seguridad ni de condiciones especiales para su almacenamiento.

La utilización de la cáscara de arroz en la fundición de piezas de acero, permite ahorrar una cantidad significativa de recursos ya que:

- Disminuye el consumo de acero fundido al menos en un 30 % con respecto a los alimentadores convencionales en arena, o sea 300 kg/t.
- Disminuye el consumo de energía eléctrica al menos en un 30 % por colada de acero.



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

- Aumenta la productividad en el moldeo y acabado de las piezas.
- Disminuye el consumo de madera en la elaboración de plantillas en un 25 %.
- Disminuye el gasto de materiales de moldeo en un 20 %.
- Disminuye el consumo de gases (oxígeno, acetileno o propano) para el proceso de oxicorte entre 30 y 40 % por pieza.
- Permite con una misma capacidad de hornos de fundición producir un mayor número de piezas o piezas de mayor peso, generando beneficios económicos.
- Permite producir piezas con mayor garantía de sanidad y calidad.
- Permite la sustitución de importaciones de materiales comerciales.

4. Conclusiones

La utilización de la cáscara de arroz en forma de casquillos termoaislantes y como cobertura en la fundición de piezas de acero, es una eficaz contribución a la disminución de los costos de producción. Debido a que aumenta la eficiencia metálica del proceso de fundición de piezas de acero hasta un 83 % como promedio, aumenta la eficiencia energética y disminuye el consumo de materias primas.

Presenta un positivo impacto medioambiental por ser una forma útil y efectiva para aprovechar la cáscara de arroz como residuo agroindustrial y reducir su carga contaminante, contribuyendo al ahorro de recursos naturales no renovables.

Contribuye de forma efectiva al desarrollo sostenible y el logro de la producción más limpia en la industria de la fundición.

5. Referencias bibliográficas

- AL-SHAFAE, A. A.-R., A. H. M. 2015. *Development of Small Scale Low Cost Insulating Riser Sleeves from Scraps and by Products of an Existing Foundry Industry. International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME) October, 3.*
- BERNAL LIMA, L. n. d. *ALIMENTACIÓN DE PIEZAS DE ACERO CON MEDIOS AUXILIARES.*, Foseco S. A. DE C. .
- BRETON, L. 1965. *Defectos de las piezas de fundición. TOMO I.*
- CRUZ, J. C. (2009). *Empleo de la cáscara de arroz como material auxiliar en la fundición de piezas de acero al carbono.* Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica., UCLV.
- CRUZ, J. C. G., J. E. Y L. PERDOMO, (2020). *Valoración del uso de la cáscara de arroz como material termoaislante en la fundición de piezas de acero. Minería y Geología / v.36 n.4 / octubre-diciembre / 2020 / p. 465-482.*



III Convención Científica Internacional "Ciencia, Tecnología y Sociedad"
Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
DISMINUCIÓN DE LA CARGA MEDIOAMBIENTAL DE LA FUNDICIÓN POR APLICACIÓN DE LA
CÁSCARA DE ARROZ EN LOS ALIMENTADORES.

- CRUZ PÉREZ J. C., G. R. J. E., PERDOMO GONZÁLEZ L. 2012. Empleo de la cáscara de arroz como material auxiliar en la fundición de piezas de acero al carbono. *Revista Ingeniería Mecánica # 2 Volumen 15*.
- DE LAS POZAS DEL RÍO, J. A. (2012). *CONTRIBUCION AL EMPLEO EN CUBA DE LA CENIZA DE CASCARA DE ARROZ* Tesis de Maestría, Intituto Superior Politecnico José Antonio Echeverría. CUJAE.
- DÍAZ, I. A. (2011). *Elaboración de Elementos Constructivos a Partir de la Cáscara de Arroz.*, Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca".
- DODIK-PELIJA, S. (2021). *OTIMIZED FEEDING SYSTEMS*. *Foundry Managment & Technology*, 22-23.
- FOSECO 1982. Measuring the Thermal Efficiency of Feeding Aids. *Foundry Practice* , 205, June, pp. 6-10.
- FOSECO. 2000. *Foseco Ferrous Foundryman's Handbook.*, Foseco.
- FOSECO. (2003). *How to calculate feeders*. December.
- IDAMAYANTI, D. E. A. 2020. *Rice Husk Waste as an Exothermic Material for a Riser Sleeve for Steel Casting*. . *International Jouunal of Technology* 11(1) 71-80 (2020).
- INC., R. T. I. T. 2000. *Services, Risering System Design. Section two. Technical Services: Copyright Rio Tinto Iron & Titanium inc. Printed in Canada by Transcontinental, Métrolitho Division*.
- OLIVIER, P. A. (2011). *The rice hull house. Ph. D. Engineering, S.R.L*.
- ORTIZ-PRADO, A. R.-C., O.; & ORTIZ-VALERA, J, A. 2018. *Procesos de manufactura I*, México. , Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.
- RUDDLE, R. W. (1979). *Risering of steel castings.*, FOSeCO®.
- SCHÄFER, J. S., T.; RICHARDSON, N.; SCHÄFER, GTP; GMBH; & BAGINSKI, T.; FISCHER, G.; GMBH LEIPZIG. 2017. ECO riser – the development of a high efficiency feeding system for iron castings utilising modular riser materials. *TECHNICAL PAPER. FOUNDRY TRADE JOURNAL. September.* .
- STEGER, A. Y. R. W. 1967. *Empleo de materiales aislantes en la fundición.* . *Revista fundición. España* 43-50.
- SUÁREZ LISCA, L. H. 2016. Incremento del rendimiento tecnológico mediante la disminución de defectos en la fundición de piezas de acero tipo ruedas. UCLV. Santa Clara.
- WILLIAMS, T. J. H., R. A. & BECKERMANN, C. 2016. Characterization of the Thermophysical Properties of Riser Sleeve materials and Analysis of Riser Sleeves Performance. *International Journal of Metalcasting. Volume 10. Number 4. Inter Metalcast (2016) 10:535-555*.
- WLODAWER, R. 1966. *Directional Solidification of Steel Castings. Pergamon Press. First English edition 1966 ed, 255 p.*