



Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
**EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA**

XVII SIMPOSIO DE SOLDADURA Y MATERIALES

**Evaluación de una mezcla de moldeo autofraguante con diferentes
proporciones de arena, catalizador y resina**

*Evaluation of the No bake mixtures of moulding with different
proportions from sand, catalyst and resin*

**Lázaro Humberto Suárez Lisca¹, Norge I. Coello Machado², Alexis Alonso
Martínez³, Didier Fabregat Fabregat⁴**

- 1- Lázaro Humberto Suárez Lisca. UCLV, Cuba. E-mail: lazarosl@uclv.edu.cu
- 2- Norge I. Coello Machado. UCLV, Cuba. E-mail: norgec@uclv.edu.cu
- 3- Alexis Alonso Martínez. UCLV, Cuba. E-mail: alexisam@uclv.edu.cu
- 4- Didier Fabregat Fabregat. Estudiante UCLV, Cuba. E-mail: dfabregat@uclv.cu

Resumen:

- **Problemática:** La entrada en funcionamiento de una nueva línea de moldeo en Planta Mecánica Santa Clara, la cual utiliza el proceso de mezclas autofraguantes, ha traído consigo una humanización del proceso y una disminución de los tiempos de operaciones propias de la fundición, pero, también han aparecido algunas dificultades, incremento del consumo de materias primas por encima de lo planificado y un grupo de defectos que incrementan los costos de operación.
- **Objetivo(s):** Este trabajo tiene como objetivo evaluar la influencia que ejerce la granulometría de la arena sílice en la calidad de las mezclas de moldeo en el proceso autofraguante en la Empresa Planta Mecánica de Santa Clara, así como el consumo de resinas y catalizador.
- **Metodología:** Se diseña un experimento para evaluar las propiedades de la arena, y se las principales propiedades mecánicas de las mezclas, utilizando diferentes relaciones de arena, resina y catalizador.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

- **Resultados y discusión:** Se determina que la mezcla que reúne los mejores parámetros técnicos económicos a escala de laboratorio es la mezcla 5 la cual tiene 12 % y 88 % de arena nueva y de retorno respectivamente, 2,3% de resina (respecto al peso de la arena) y 47 % de catalizador (respecto al peso de la resina).
- **Conclusiones:** Del estudio granulométrico realizado se obtiene que la arena contiene una gran cantidad de finos, la distribución granulométrica es muy amplia, la literatura recomienda que este concentrada, todo esto incrementa considerablemente el consumo de resinas.

Abstract:

- **Problem:** *The entry into operation of a new molding line at the Santa Clara Mechanical Plant, which uses the self-setting mixture process, has brought with it a humanization of the process and a reduction in the foundry's own operating times, but there have also appeared some difficulties, increased consumption of raw materials above what was planned and a group of defects that increase operating costs.*
- **Aims:** *This work aims to evaluate the influence that the granulometry of silica sand has on the quality of the molding mixtures in the self-setting process at the Planta Mecanica Santa Clara, as well as the consumption of resins and catalyst..*
- **Methodology:** *An experiment is designed to evaluate the properties of the sand, and the main mechanical properties of the mixtures, using different ratios of sand, resin and catalyst.*
- **Results and Discussion:** *It is determined that the mixture that meets the best technical-economic parameters on a laboratory scale has 12% and 88% of new and returned sand respectively, between 2.5 and 2.7% of resin (relative to the weight of the sand) and 30% catalyst (relative to the weight of the resin).*
- **Conclusions:** *From the granulometric study carried out, it is obtained that the sand contains a large amount of fines, the granulometric distribution is very wide, the literature recommends that it be concentrated, all this considerably increases the consumption of resins.*



Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA



Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

Palabras Clave: Mezclas autofraguantes, arena sílice, resinas, granulometría

Keywords: *No bake mixtures process, silica sand, resin, granulometry*

1. Introducción

Mundialmente se tiende a la automatización de los procesos de fundición y específicamente el moldeo con mezclas autofraguantes. Las ventajas de este método de moldeo son apreciables, sobre todo si se comparan con el moldeo en verde (Acharya, Sheladiya, Pandya, & Acharya, 2019). Este método nos permite obtener piezas fundidas con menor cantidad de defectos. Los moldes están constituidos esencialmente por material granular, la arena propiamente dicha y de un aglomerante que confiere a la arena la cohesión suficiente para la ejecución del molde (resina Furánica) en presencia de un catalizador, que al reaccionar con la resina y luego de transcurrido un periodo de tiempo endurece la mezcla (Villacís Tulcán, 2015). La arena más empleada es la sílice fundamentalmente debido a que cumple muy bien su función y tiene precios muy asequibles. El consumo de otras arenas en la fundición tales como: cromita, zirconio y olivino no representan más de 5% y únicamente tienen sentido en aplicaciones donde sea necesario afrontar problemáticas de altas temperaturas.

El consumo de aglomerantes químicos en las fundiciones ha crecido de forma notable en los últimos 50 años. Este aumento se debe a las ventajas que trae consigo la utilización de técnicas químicas de endurecimiento de arenas (Acharya, Vadher, & Sheladiya, 2016). Los procesos químicos de aglomeración permiten al fundidor confeccionar todo tipo de moldes y machos de arena. Actualmente existen en el mercado diferentes procesos y antes de decantarse por uno u otro proceso, el fundidor, debe contemplar las propiedades que caracterizan a cada uno de ellos:

- Productividad del proceso.
- Facilidad de preparación y de utilización de moldes.
- Poca reactividad de los aglomerantes con las impurezas presentes en la arena.
- Suficiente duración de vida de la arena preparada (Vida de banco).
- Emanaciones gaseosas no peligrosas para el ambiente de trabajo (en la preparación, en la colada, en el desmoldeo).





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

- Facilidad de desmoldeo y limpieza de utillaje.
- Facilidad y duración en el almacenamiento de moldes.
- Suficiente permeabilidad para la evacuación de gases.
- Características mecánicas en frío.
- Posibles reacciones del molde con el metal colado.
- Facilidad de recuperación de la arena tanto mecánica como térmicamente.
- Ausencia de problemas medio-ambientales.

Hay que partir de la base de que los aglutinantes son un mal menor (Jurado, 2021), que no tenemos más remedio que utilizar. La mayoría de ellos son productos que, al quemar, producen gases y otros problemas nocivos para la limpieza. Por ello, es fundamental utilizar la menor cantidad posible de aglutinantes y catalizadores. La cantidad de aglutinante y catalizador a emplear depende de:

- Calidad de la arena: Granulometría, forma de los granos, contenido en finos y presencia de impurezas
- Tipo de aglutinante.
- De la calidad de la máquina mezcladora y de su mantenimiento.

En función de su utilización se pueden diferenciar tres grandes familias de procesos;

1. Procesos autofraguantes.
2. Procesos de curado mediante gaseo.
3. Procesos de curado por aporte de calor.

En la UEB Fundición de la Empresa Planta Mecánica de Santa Clara se ha implementado un sistema automatizado de moldeo con mezclas autofraguantes, por lo que se requiere de una base experimental bien argumentada para la optimización de la misma, por ello la tarea de conformar una base experimental, tomando los rangos máximos y mínimos de los componentes de dichas mezclas según la experiencia de trabajo y los experimentos anteriores realizados al respecto en otros trabajos.

Los primeros procederes con Resina Tipo Sinotherm 6680 (Solución de Alcohol Furfurilico) bajo la Norma UN 2874 y Catalizador Tipo EUR-C40 bajo la Norma UN 2586 comercializados ambos por la firma EUSKATFUND muestran un alto consumo de los mismos de ahí que, sea objetivo general de este trabajo Evaluar las propiedades de





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

una mezcla autofraguantes con diferentes proporciones de arena, resina y catalizadores que cumpla los parámetros de calidad requeridos durante las operaciones de moldeo-vertido-desmoldeo, teniendo como otros objetivos Realizar una caracterización de la arena utilizada en el proceso de moldeo en Planta Mecánica Santa Clara, evaluar la influencia que ejerce la granulometría de la arena sílice en la calidad de las mezclas de moldeo en el proceso autofraguante y Realizar un estudio, utilizando un diseño de experimento, para determinar la mejor relación arena-catalizador-resina.

La hipótesis del trabajo está basada en que si se obtienen mezclas de moldeo autofraguantes con resina Furánica y catalizador ácido que garanticen buenos resultados de vida de banco, tiempo de desmoldeo y resistencia a la tracción-compresión se logran buenos índices técnico económicos en la UEB Fundición de la Empresa Planta Mecánica de Santa Clara.

2. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se emplearon los siguientes métodos de investigación:

1. Método de investigación documental o bibliográfica para la sistematización del conjunto de conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Método de investigación experimental para obtener y caracterizar el objeto de estudio y sus principales regularidades.

Las proporciones iniciales fueron tomadas de (Santiesteban Ruiz, 2009) y (Sotomayor, Anrango, & Campoverde, 2022) así como las referencias para comparar las características de vida de banco (V/B), tiempo de desmoldeo (T/D), resistencia a la tracción y permeabilidad, los análisis se realizaron en el Laboratorio químico de la UEB de Fundición de la Empresa Planta Mecánica Santa Clara.

Para la caracterización de las arenas sílice se utilizó la arena de los yacimientos de Casilda (Sancti Spíritus), las muestras fueron tomadas en los depósitos de arena de la UEB Fundición. A esta arena se le realizan un grupo de ensayos: Determinación del por ciento de humedad, Caracterización granulométrica de las arenas, Permeabilidad de la mezcla y resistencia a la compresión y a la tracción, vida de banco y tiempo de desmoldeo.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

Para la determinación del porcentaje de humedad se utilizó el dispositivo Modelo 062M3 (figura 1), en un tiempo de 6 minutos. Este parámetro es de gran importancia controlarlo ya que si las arenas tienen un valor $> 3.5\%$ de humedad, traería consigo la disminución de las propiedades de las mezclas.



Figura 1. Dispositivo para la determinación acelerada de la humedad Modelo 062M3

Caracterización granulométrica de las arenas de sílice

Existen varios métodos de clasificación de las arenas de moldeo, los de más amplia difusión lo constituyen: el sistema de clasificación de la sociedad de fundidores americanos AFS y el sistema GOST.

Los ensayos se realizaron en el taller de fundición de la Empresa Planta Mecánica, para su posterior utilización como arenas de moldeo en mezclas autofraguantes, basados en el sistema de clasificación de la sociedad de fundidores americanos (AFS) establecida para estos tipos de materiales de moldeo. Se utilizó la tamizadora 1M58 (ver figura 2)



Figura 2. Tamizadora de laboratorio

Se tomaron 100 g de arena, previamente secada, y se tamizaron, en la Tabla 1 se muestran los tamices y los resultados de las mediciones en cada uno.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

Tabla 1. Análisis granulométrico de la arena sílice utilizada en Planta Mecánica Santa Clara para el proceso de moldeo autofraguante.

	Tamaño del Tamiz	Peso Retenido g	Peso Retenido g, REAL	% Pasante	% Mas Grueso	% Mas Fino
GRUESA	Nº 6	0.00				
	Nº 12	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
MEDIA	Nº 16	1.90	1.89	1.89	1.89	98.11
	Nº 20	4.78	4.75	4.75	4.75	95.25
	Nº 30	19.92	19.81	19.81	21.70	78.30
FINA	Nº 40	18.66	18.56	18.56	23.31	76.69
	Nº 50	34.12	33.94	33.94	55.64	44.36
	Nº 70	13.75	13.68	13.68	36.99	63.01
	Nº 140	5.88	5.85	5.85	61.49	38.51
	Nº 200	1.53	1.52	1.52	38.51	61.49
	Nº 270	0.00	0.00	0.00	38.51	61.49
	FONDO	0.00	0.00	0.00	38.51	61.49

En la figura 3 se muestra el gráfico resultante de este análisis de granulometría.

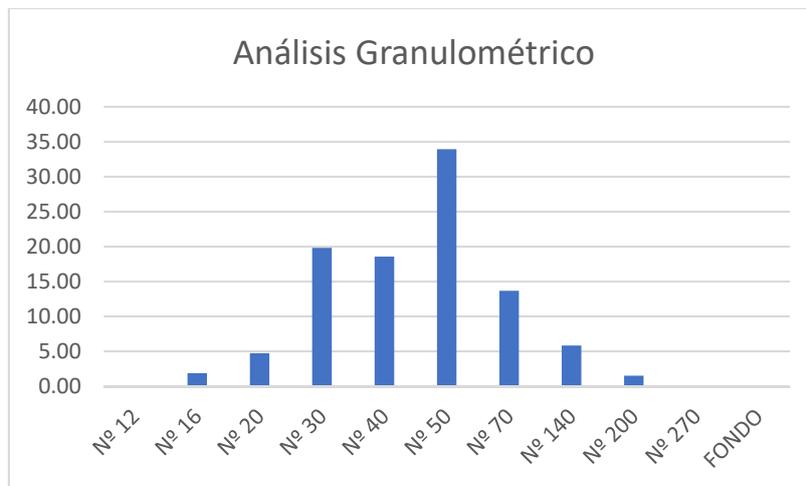


Figura 3. Distribución granulométrica de la arena sílice utilizada en Planta Mecánica.

Para la realización de este trabajo se establecieron parámetros para las variables a estudiar.

Según (Grey Medina, 2010) y (Sheladiya, Acharya, & Acharya, 2021) los valores de las variables deben ser: La cantidad de resina que se toma suele ser del 0,9 % al 1,2 % en función de la arena y los niveles de catalizador varían del 20 % al 40 % en función del peso del aglutinante.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

En un primer momento se diseña un experimento con valores que relacionen lo encontrado en la bibliografía y otros utilizados en la producción de la línea del taller de fundición de planta mecánica. La tabla 2 muestra esta primera planificación.

Tabla 2. Primera planificación en porcentaje

	AR (%)	AN (%)	Res (%)	Cat (%)
mezcla 1	85%	15%	2,3%	30%
mezcla 2	85%	15%	2,5%	30%
mezcla 3	85%	15%	2,7%	30%
mezcla 4	85%	15%	2,9%	30%
mezcla 5	88%	12%	2,3%	30%
mezcla 6	88%	12%	2,5%	30%
mezcla 7	88%	12%	2,7%	30%
mezcla 8	88%	12%	2,9%	30%
mezcla 9	90%	10%	2,3%	30%
mezcla 10	90%	10%	2,5%	30%
mezcla 11	90%	10%	2,7%	30%
mezcla 12	90%	10%	2,9%	30%

Donde:

AR: arena reciclada

AN: arena nueva

Res: Resina

Cat: Catalizador

Los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, el tiempo de endurecimiento de la mezcla era muy grande y por tanto no era útil en la producción.

Se decidió modificar el experimento con los datos que aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Segunda planificación en porcentaje

	AR (%)	AN (%)	Res (%)	Cat (%)
mezcla 1	85	15	2.3	47
mezcla 2	85	15	2.5	48
mezcla 3	85	15	2.7	49
mezcla 4	85	15	2.9	50
mezcla 5	88	12	2.3	47
mezcla 6	88	12	2.5	48
mezcla 7	88	12	2.7	49
mezcla 8	88	12	2.9	50





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

mezcla 9	90	10	2.3	47
mezcla 10	90	10	2.5	48
mezcla 11	90	10	2.7	49
mezcla 12	90	10	2.9	50

Metodología para ensayos

Se describe la metodología utilizada durante los ensayos para obtener las mezclas autofraguantes.

1. Pesar 2 Kg. de arena según la planificación de experimentos (% A.N.+%A.R.= 100%)
2. Pesar las cantidades necesarias de resina según los diseños de los experimentos.
3. Pesar las cantidades necesarias de catalizador según los diseños de los experimentos.
4. Mezclar los componentes según el orden siguiente: Arenas+Catalizador+Resina
5. La operación del mezclado fue la siguiente: la homogenización de arena durante 1min, luego se vierte el catalizador (tiempo de vertido un minuto) y se deja mezclar por espacio de un minuto (arena-catalizador), después se adiciona la resina (tiempo de vertido un minuto) y se deja mezclar durante otro minuto (arena-catalizador-resina).
6. Evacuación de la mezcla.
7. Confección de las probetas (para los ensayos de tracción y permeabilidad). La probeta se confecciona inmediatamente después de sacar la mezcla del mezclador, la permeabilidad se mide después que el tiempo de desmoldeo haya transcurrido. Las probetas para los ensayos de tracción permanecen en reposo por espacios de tiempo según los tiempos a analizar, cuatro horas, ocho horas y veinticuatro horas y sometidas en cada uno de ellos a la realización de los ensayos.
8. Determinación de la V/B y T/D de la mezcla. La V/B, se determina mediante un examen visual, el deterioro de la V/B comienza cuando la mezcla experimenta un movimiento en la superficie de la mezcla, de modo que, el tiempo de V/B comienza desde que sale la mezcla del mezclador y finaliza cuando concluye en la superficie un movimiento de los granos conocido como corcomidillo, (se utiliza un cronómetro para medir el tiempo)

El T/D se determina tocando las probetas hasta sentir que están duras, es decir, es el tiempo que transcurre para que endurezca la mezcla y pueda ser retirado la plantilla del molde, (se utiliza un cronómetro para medir el tiempo)

3. Resultados y discusión

En la tabla 4 se pueden apreciar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados, en el caso de la vida de banco y el tiempo de desmoldeo, la técnica utilizada





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

es la visual, con la ayuda de un cronometro; la determinación de la permeabilidad y de la resistencia requirió del uso de instrumentos de medición especializados.

Tabla 4. Resultados de las mediciones de las distintas variables a considerar en la mezcla autofraguante

	V.B.	T.D.	Perm.	Resist. 4h	Resist. 8h	Resist. 24h
	(min)	(min)	mm(H ₂ O)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
mezcla 1	17	27	130	1.9	2.2	2.7
mezcla 2	17	27	134	2.25	2.5	2.9
mezcla 3	17	27	134	2.45	2.9	3.3
mezcla 4	17	27	142	2.5	3	3.5
mezcla 5	17	27	140	2.8	3.3	3.4
mezcla 6	17	27	140	3.3	3.5	4
mezcla 7	17	27	138	3.5	3.7	4.4
mezcla 8	17	27	134	3.6	3.8	4.8
mezcla 9	17	27	134	2.6	3	3.8
mezcla 10	17	27	134	2.9	3.3	4
mezcla 11	17	27	142	3.1	3.3	4.6
mezcla 12	17	27	151	3.5	4.3	5.3

Los ensayos de permeabilidad se realizaron en mezclas con 2h de obtención, los resultados se pueden apreciar en la figura 4. Existe una gran dispersión de los resultados por tanto se puede concluir que no son concluyentes los mismos, no obstante, se puede destacar que existe una tenencia a una mayor permeabilidad en mezclas con un alto nivel de arena reciclada y componentes químicos (resina y catalizados), son los casos de la mezcla 4 con 85% de arena reutilizada y los máximos de resina y catalizador, también el caso de la mezcla 12 con 90% de arena y también los máximos de resina y catalizador.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

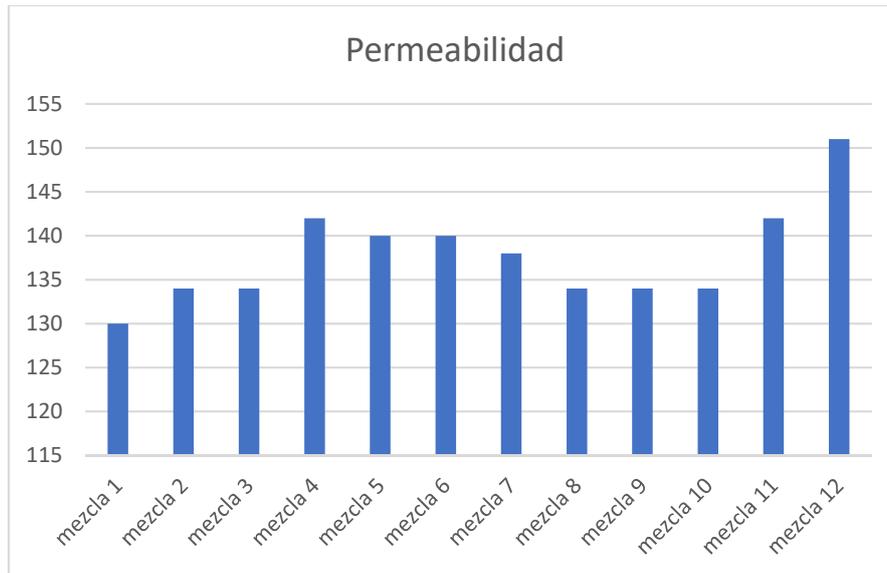


Figura 4. Resultados de la medición de la permeabilidad.

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó en la máquina de ensayos universal, la misma tiene un nivel de incertidumbre alto debido al desgaste y falta de mantenimiento. En la figura 5 se muestra el comportamiento de las mediciones tomadas en diferentes horarios, 4 horas, 8 horas y 24 horas. La resistencia aumenta en todos los casos con el paso del tiempo y se aprecia un patrón, las muestras con mayor por ciento de resina y catalizador tienen los mayores niveles de resistencia, esta condición tiene sus pros y sus contras, según (Sotomayor et al., 2022) el límite de resistencia adecuado sería 3kg/cm^2 por tanto si tomamos este criterio las mezclas aceptadas serían desde la mezcla 1 hasta la mezcla 5 y en el caso de las mezclas 9, 10 y 11 no deben llegar a las 24 horas porque su resistencia se incrementa demasiado al igual que la fragilidad del molde, provocando roturas del mismo y haciendo muy engorroso el proceso de desmoldeo.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

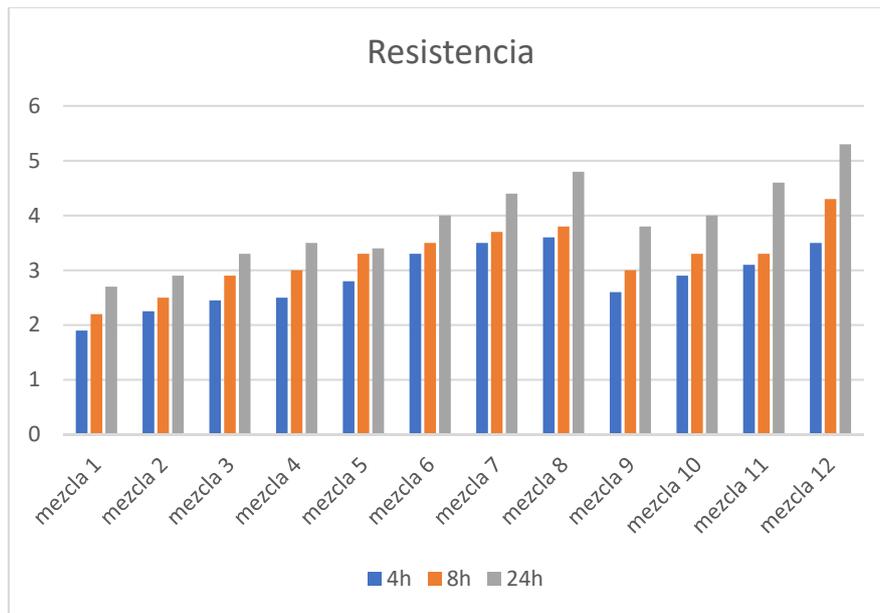


Figura 5. Resultados de las mediciones de resistencia a la compresión a diferentes horas

4. Conclusiones

(Las conclusiones se derivan del trabajo realizado. Toda conclusión debe estar fundamentada en lo expuesto y discutido en el trabajo y debe reflejar el cumplimiento de los objetivos. Deben indicar cómo el trabajo contribuye o es un avance en el campo y objeto de estudio. Además deben sugerir usos y trabajos futuros).

1. El análisis granulométrico realizado a la arena sílice muestra que existe una gran dispersión entre los granos, la distribución mayoritaria se encuentra en más de tres tamices, además se aprecia una gran cantidad de finos y contenido arcilloso, estas dos últimas características son las causas fundamentales del alto consumo de resinas y catalizadores.
2. Los ensayos de permeabilidad muestran que existe una gran dispersión de los resultados por tanto se puede concluir que no son concluyentes los mismos, no obstante, se puede destacar que existe una tenencia a una mayor permeabilidad en mezclas con un alto nivel de arena reciclada y componentes químicos (resina y catalizados), son los casos de la mezcla 4 con 85% de arena reutilizada y los máximos de resina y catalizador, también el caso de la mezcla 12 con 90% de arena y también los máximos de resina y catalizador.





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

3. La resistencia aumenta en todos los casos con el paso del tiempo y se aprecia un patrón, las muestras con mayor por ciento de resina y catalizador tienen los mayores niveles de resistencia, esta condición tiene sus pros y sus contras, según (Sotomayor et al., 2022) el límite de resistencia adecuado sería 3kg/cm^2 por tanto si tomamos este criterio las mezclas aceptadas serían desde la mezcla 1 hasta la mezcla 5 y en el caso de las mezclas 9, 10 y 11 no deben llegar a las 24 horas porque su resistencia se incrementa demasiado al igual que la fragilidad del molde, provocando roturas del mismo y haciendo muy engorroso el proceso de desmoldeo.
4. A partir de los resultados obtenidos se considera la mezcla 5 como la mezcla con las mejores propiedades, con 88% de arena reutilizada y 2,3% de resina y 47% de catalizador muestra una resistencia cercana a 3kg/cm^2 y una permeabilidad alta en comparación al resto.

5. Referencias bibliográficas

1. Acharya, S. G., Sheladiya, M. V., Pandya, J. G., & Acharya, G. D. (2019). Sensitivity Analysis of Furan-No-Bake Sand Mold System Parameters. *IUP Journal of Mechanical Engineering*, 12(4), 22-29.
2. Acharya, S. G., Vadher, J. A., & Sheladiya, M. (2016). A furan no-bake binder system analysis for improved casting quality. *International Journal of Metalcasting*, 10(4), 491-499.
3. Grey Medina, S. I. (2010). *Influencia de la granulometría de la arena sílice en el consumo de resina y catalizador en la mezcla de moldeo autofraguante en la Unidad Estatal Básica Fundición de la empresa Mecánica del Níquel*. Departamento Metalurgia-Química.
4. Jurado, C. D. V. (2021). Factores predominantes que afectan el medio ambiente por el uso de la resina furanica en moldes para la fundición de metales. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(48), 197-204.
5. Santiesteban Ruiz, J. M. (2009). *Evaluación de las mezclas de moldeo autofraguantes con diferentes proporciones de arena, catalizador y resina*. Departamento Metalurgia-Química.
6. Sheladiya, M. V., Acharya, S. G., & Acharya, G. D. (2021). Application of Artificial Neural Network and Genetic Algorithm to Evaluate the Quality of Furan No-Bake Casting. *IUP Journal of Mechanical Engineering*, 14(3), 18-29.
7. Sotomayor, O. E., Anrango, J., & Campoverde, C. D. (2022). Characterization of No-Bake Phenolic-Isocyanate and Furanic Binders in Different Base Metal Casting Sands. *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering (IJMMME)*, 12(1), 1-19. doi: 10.4018/IJMMME.299042





Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA

8. Villacís Tulcán, E. N. (2015). *Análisis de la conducta de mezclas de moldeo para fundición aglomeradas con resinas autofraguantes fenólico uretanas*. Quito: EPN, 2015.



Título Convención 2023
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
EVALUACIÓN DE UNA MEZCLA DE MOLDEO AUTOFRAGUANTE CON
DIFERENTES PROPORCIONES DE ARENA, CATALIZADOR Y RESINA