

Fabricación de tabique ecológico CAS-PET

Recibido: 08/09/2016

Aceptado: 10/03/2017

Baldomero Ponce Medina¹

Abel López Márquez²

Gabriela López Murillo³

María Fernanda Ponce Guerra⁴

RESUMEN

La realización del proyecto CAS-PET pretende mejorar el área de construcción ofreciendo una alternativa innovadora en este ramo. Debido a problemas extremos de la excesiva contaminación, en la que participan la fabricación de materiales para la construcción, nuestro proyecto trata la forma de introducir este nuevo producto CAS-PET el cual permitirá mitigar la explotación de nuestro entorno ecológico, utilizando materias primas consideradas desecho o deterioro ecológico, la cascarilla de arroz y polietileno de tereftalato, mejor conocido como PET, en este trabajo de investigación que se realiza en el laboratorio se busca obtener una mezcla homogénea representada por una combinación de operaciones unitarias para lograr la condición óptima y obtener un producto innovador, que permita minimizar el impacto ambiental, sea accesible en costo, calidad, sustentable y de baja conductividad térmica que permita disminuir los climas extremos. Además de mitigar los procesos actuales que se realizan para la construcción.

Palabras clave: Tabique ecológico, cascarilla de arroz, polietileno de tereftalato

ABSTRACT

The CAS-PET project aims to improve the construction area offering an innovative alternative in this field. Due to extreme problems of excessive pollution, involving the manufacture of building materials, our project is the way to introduce this new product CAS. PET which will mitigate the exploitation of our ecological environment, using raw materials considered waste or ecological deterioration, the husk of rice and polyethylene terephthalate, better known as PET, in this work of research carried out in the laboratory seeks to obtain a homogeneous mixture that is represented by a combination of unit operations to achieve condition optimal and get an innovative product. It allows to minimize the environmental impact, it is accessible in cost, quality, sustainable and low thermal conductivity, allowing to reduce the extreme climates as well as mitigate the process current qu...

Keywords: Ecological partition, rice husks, polyethylene terephthalate.

Para Citar este artículo:

Ponce Medina, B., López Márquez, A., López Murillo, G., & Ponce Guerra, M. (mayo de 2017). Fabricación de tabique ecológico CAS-PET. Revista Tectzapic, Vol. 3 No. 1, pág. 29 - 40. En línea: <http://www.eumed.net/rev/tectzapic/2017/01/tabique-ecologico.html>

¹ Profesor de Tiempo Completo. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, baldo.ponce@hotmail.com

² Profesor de tiempo Completo. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Abel.lopez@tecvalles.mx

³ Alumna del 7° semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, gaby.lomu@hotmail.com

⁴ Alumna del 5° semestre de la carrera de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, mariifer_ponce@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En estos tiempos en los cuales la cultura por el aprovechamiento de los materiales reciclados ha crecido, han provocado que los materiales y métodos empleados para la construcción empiecen a cambiar surgiendo nuevos productos más resistentes y económicos.

Para abatir el calentamiento global el constructor ha buscado la forma de reciclar los materiales que se utilizan en la construcción, es decir, emplea materiales y sistemas que cumplen con los requerimientos técnicos para cada situación pero sin dejar atrás el aprovechamiento de materiales reciclados.

Un ejemplo de estos materiales es el tabique de Pet-cascarilla de arroz, que es un elemento prefabricado y que por sus características cumple con los requerimientos para la edificación; lamentablemente el alza en los precios de los materias primas tradicionales como el cemento, arcilla, grava, arena u otros componentes, elevan el precio provocando un impacto en su costo fabricación y venta, la finalidad de este proyecto de investigación es combinar materiales como el Pet y la cascarilla de arroz que puedan sustituir en forma parcial o total los materiales tradicionales (cemento, grava, arena, arcilla u otros) para la elaboración de tabiques, sin sacrificar sus características principales de resistencia.

Antecedentes

Los materiales compuestos se han conocido desde tiempos remotos, como ejemplo el uso de fibras vegetales en la antigüedad, como la paja, para incrementar la resistencia de los ladrillos del adobe (Abelardo Prada, 2014)

Los materiales combinados son diversos y existen materiales de uso común que pueden considerarse compuestos por ejemplo el ladrillo, concreto, madera y hueso, también están los modernos sintéticos que existen en el mercado, como son los plásticos reforzados.

Las características de ligereza, fuerza y rigidez son las que determinan el que sean elegidos para un uso en específico. Tales propiedades los sitúan dentro del grupo de materiales compuestos de alto desempeño, por lo general se componen de fibras de carbono y resinas epóxicas, entre otros

Las propiedades que se busca obtener de los materiales mezclados, son baja densidad, rigidez, y resistencia, entre otros. En la actualidad son muchos los usos de los materiales sintéticos, que se pueden encontrar en la vida diaria: automóviles, trenes, industria química, medicina, y en la construcción (Dr. Pino, s.f.)

Las propiedades mejoradas de los materiales compuestos son un hecho comprobado, sin embargo, existen limitaciones de tipo tecnológico y económico que detienen el desarrollo de estas técnicas.

Décadas atrás se inició la exploración en el uso de materias primas alternativas, diferentes a las que se usaban para producir los materiales. Tales materias alternativas son diversas, pero básicamente lo constituyen: Fibras vegetales, materias recicladas, y aglutinantes alternativos distintos a los de uso convencional.

Con dichos materiales realizan diversas pruebas de sustitución parcial o completa de los agregados para la elaboración de tabiques ecológicos, los que deberán cumplir con los requerimientos de resistencia, térmicos y económicos.

Por lo cual se detectó una oportunidad de darle un destino sustentable a un recurso considerado desecho que se transforma en materia prima, para su aplicación en materiales para construcción de viviendas. Las características del nuevo material están dadas en bajo peso y buenas capacidades de aislamiento térmico en consecuencia, aptitud para ser utilizado en paneles de cerramiento y acondicionamiento de viviendas. (BERRETTA Horacio)

Problema

La sobrepoblación en San Luís Potosí es cada vez más excesiva, pues existen alrededor de 2.585,518 habitantes (INEGI 2013), esta demanda tan grande genera la realización de viviendas, las cuales causan la contaminación ambiental y un deterioro ecológico por los materiales utilizados para su construcción, como lo es el tabique de arcilla y el block, además de su uso en la construcción no reducen el consumo de electricidad por no contar con propiedades térmicas aceptables. Es por eso que el tabique CAS-PET tiene consigo una propuesta alternativa de mejora y solución, primeramente por su fabricación ya que es elaborado con materiales de desecho, como la cascarilla de arroz y el PET, nuestro proyecto pretende aprovechar todas las características que ofrece un producto elaborado con un proceso sencillo el cual disminuirá la contaminación de los procesos actuales, mitigar la temperaturas extremas que van desde los 8° C a 50° C, a través de una baja conductividad térmica, reduzca los consumos de energía y no altere los ecosistemas.

En México se producen 263 028 toneladas de arroz por ser una de las gramíneas más consumidas (INEGI, 2009), cada tonelada de arroz genera 200 Kg. de cascarilla, la cascarilla es desperdiciada o utilizada para cama de pollos o como biocombustible lo que genera CO₂.

El PET es un material que tarda en degradarse 500 años, el principal problema del PET es su disposición, se estima que en México se consumen alrededor de 800 mil toneladas de PET al año, con un crecimiento anual de 13%, el principal uso de los envases de PET lo llevan las botellas de refresco, con más de 50%, seguido del agua embotellada (17%), del total de residuos que se reciclan, el plástico representa tan solo el 0.5% .(movimiento lubizha. (s.f.), s.f.)

Justificación

Las principales aportaciones que genera esta investigación es demostrar las bondades del reciclar materiales (PET- CASCARILLA DE ARROZ) que en combinación nos proporcionen una mezcla para el desarrollo de tabiques ecológicos para la construcción, lo cual nos proporcionará beneficios al medio ambiente y por lo consecuente con la población en general para poder abatir la marginación con empleos en la recolección de desechos sólidos para la elaboración de tabiques (Censo Nacional de Población, CONAPO 2010).

Polietileno de tereftalato

Para llevar a cabo nuestro producto es necesario que las materias primas tengan características que las hagan valiosas para la fabricación del tabique y que las mismas cuenten con posibilidades de ser rentables, todo esto para que el cliente se encuentre satisfecho con la adquisición del producto.

Como algunos de los aspectos positivos que hallamos para el uso de este material, principalmente empleado en envases de productos destinados a la venta, podemos destacar:

- Que actúa como barrera para los gases, como el CO₂, humedad y el O₂
- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes
- Irrompible
- Liviana
- Impermeable
- No tóxica, a cierto grado, ya que todos los plásticos tienen cierto grado de toxicidad
- Inerte (al contenido)
- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor
- Totalmente reciclable
- Estabilidad a la intemperie

Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.(movimiento lubizha. (s.f.).

Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un tejido vegetal constituido por Celulosa y Sílice. La composición inmediata de una sustancia es el contenido (porcentaje en masa) de carbono fijo, volátiles, humedad y cenizas, en la tabla 1 y 2 se muestra el análisis próximo de la cascarilla de arroz. Los volátiles tienen un papel importante durante la ignición en las etapas iniciales de la combustión de la biomasa. Tanto en el caso de la composición elemental como de la composición inmediata se debe determinar la humedad de la muestra.

Parámetros	Canadá				California		China
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₁	V ₁
Material Volátil	66,40	67,30	63,00	67,70	63,52	65,47	51,98
Carbono Fijo	13,60	13,90	12,40	14,20	16,22	45,86	25,10
Ceniza	20,00	18,80	24,60	18,20	20,26	48,67	16,92
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0	100,00

Tabla 1. Análisis próximo de la cascarilla de arroz en diferentes Variedades y por diferentes países.

Tabla 1. Se observa claramente que el porcentaje de carbono fijo se encuentra entre 12.40 – 25.10%, Las cenizas entre 16.92 – 24.6 % y el material volátil entre 51.98 – 67.7 % para

las diferentes variedades utilizadas. El análisis próximo de la cascarilla colombiana tabla 2, está dentro de los rangos encontrados a nivel mundial, teniendo mucha similitud con los resultados obtenidos por la Universidad de California.

Elemento	%
Carbono fijo	16.67
Cenizas	17.89
Volátiles	65.47

Tabla. 2 Análisis Próximo de la cascarilla de Arroz en Colombia

Tabla 2. Las siguientes composiciones elementales de la cascarilla de arroz se basan en los diferentes porcentajes de humedad analizadas en estudios previos. La composición elemental del combustible Tabla 2, expresa el por ciento en masa de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Cenizas y Humedad y se puede referir a:

- Masa de trabajo
- Masa analítica (Sin humedad externa)
- Masa seca (Sin humedad)
- Masa Combustible (Sin humedad y cenizas).

Marco teórico

Con el tiempo, el cuidado por el medio ambiente en el que habitamos así como la necesidad de vivienda digna y sustentable han adquirido mayor fuerza, generando una variedad de propuestas de materiales en el área de la construcción, con el propósito de cubrir las necesidades básicas del diseño bioclimático, permitiendo un aprovechamiento de recursos.

La dinámica de aprendizaje y utilización supera la naturaleza, las tendencias degeneración y regeneración de la naturaleza y las repercusiones de esto en la sociedad es lo que hoy conocemos como el problema ambiental. En la actualidad se cuenta con un sinnúmero de elementos que en su creación tuvieron sus ventajas y desventajas. Por lo que se pretende realizar procesos de manera más eficiente.

La tendencia de conservar el medio ambiente y ayudar a generar espacios dignos en el que todos los seres humanos podamos habitar es una de las prioridades para todo profesionista y ser humano de la actualidad que desean un mundo lleno de vida para todos.

Materiales

- Polietileno de tereftalato

Al realizar TABIQUE CAS-PET se estaría resolviendo una problemática muy fuerte que es la de la producción excesiva del tereftalato de polietileno, el cual es una de las 2 materias primas que se utilizan para la fabricación del tabique.

En la actualidad, nuestro país es el principal consumidor de bebidas embotelladas. Se estima que en México se consumen alrededor de 800 mil toneladas de PET al año, con un crecimiento anual de 13%.

En México, el principal uso de los envases de PET lo llevan las botellas de refresco, con más del 50%, seguido del agua embotellada (17%).

Una vez que son consumidos, la mayoría de los envases de PET son dispuestos en rellenos sanitarios, cauces, calles o tiraderos clandestinos. Los residuos de PET representan entre el 2-5% del peso y 7-10% del volumen en los rellenos sanitarios, y entre 25 y 30% de los residuos sólidos municipales generados en el país.

El principal problema ambiental del PET es su disposición, ya que una vez que se convierte en residuo, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales y en el drenaje provocando taponamiento y dificultades en los procesos de desazolve, facilitando inundaciones, así como en las calles bosques y selvas y el océano generando “basura”.

Se sabe que cada año se producen alrededor de 9 mil millones de botellas de PET, que representan casi una tercera parte de la basura doméstica generada en México. Anualmente 90 millones de botellas de refrescos y agua purificada son lanzadas a las vías públicas, bosques y playas. Una botella de PET tarda hasta 500 años en degradarse.

Se sabe que el 54% del PET en México se encuentra en almacenes para su distribución y en cauces, calles o tiraderos clandestinos; el resto está en centro de acopio para su reciclaje o en rellenos sanitarios.

Esto representa un problema de disposición de residuos, considerando el potencial de reutilización que tiene el PET. Además, en México del total de residuos que se reciclan, el plástico representa tan solo el 0.5%.

Impulsar el reciclaje nacional del PET es una medida urgente, primero por lo que respecta a la limpieza pública y el manejo eficaz de la gestión integral de los residuos para evitar su acumulación en los rellenos sanitarios, sino también porque es preciso transitar hacia una economía sustentable que ahorre materia prima y recursos energéticos. (movimiento lubizha. (s.f.)

Por lo que al realizar este proyecto reduciríamos la problemática que causa este polímero, y lograríamos de él un producto rentable y de alta calidad.

Cascarilla de arroz

La otra materia prima a utilizar es la cascarilla de arroz la cual es el desecho de la producción de arroz, muchas vez es usada como biocombustible lo cual provoca contaminación como se mostró cuando Organizaciones ambientales y molineros de arroz examinaron los problemas que generan la quema de la cascarilla y llevaron a cabo el comprometieron de no entregar ese producto a personas particulares para su incineración. (ELTIEMPO, 2003)

La ingestión puede causar irritación, náuseas, vómitos y hemorragias en el tracto digestivo. La inhalación del gas que produce la quema de esta materia prima produce asfixia y la exposición puede ser peligrosa. (Wikipedia, 2010) Se incluye dentro del grupo de gases y sustancias que generan el efecto invernadero). (Margarita Caballero, 10 de octubre 2007). También la cascarilla de arroz es utilizada de camas para la producción porcícola o avícola. (Abelardo Prada, 2014))

Objetivos

El objetivo de esta investigación sigue la tendencia de los materiales ecológicos, que es encontrar un material de uso común en la vida diaria que pueda ser reciclado para sustituir parcial o totalmente los agregados utilizados en la elaboración de tabiques como el Pet y la cascarilla de arroz

Objetivo general

Determinar el material alternativo para la elaboración de un tabique ecológico utilizando materias primas como el PET (polietileno de tereftalato) y la cascarilla de arroz, que presente la condición optima de resistencia y permita minimizar el uso de recursos naturales el impacto ambiental que causan ambos desechos , y darle un uso sustentable.

Objetivos específicos

- Realizar operaciones unitarias eficientes para que TABIQUE CAS-PET tenga propiedades aceptables (permeables, ligero, no flamable y propiedades térmicas.)
- Producir un tabique que tenga un costo competitivo.
- Analizar a partir de la mezcla, la condición optima en el aprovechamiento máximo de los materiales reciclados para obtener un producto sustentable.

METODOLOGÍA

Para las fases de experimentación utilizamos materiales como:

- Balanza Granataria
- Parrilla Calentadora
- Pinzas para Crisol
- Agua fría
- Molde de (5 * 10 *5 cm)
- Estufa
- Olla de 5 lts
- Cascarilla de Arroz (Molido)
- PET (Triturado)

NOTA: los procesos que se realizaron son de tipo artesanal experimental, realizados en el laboratorio química y de máquinas convencionales, no se dispone de materiales y

herramientas industriales, sin embargo al establecer una empresa se pretenden bajar fondos de financiamiento a través de los programas INADEM y las PyME'S

La metodología aplicada es de experimentación para llegar a la mezcla ideal, mencionando el procedimiento aplicado.

Se realizaron diferentes pruebas experimentos, con diferentes características de la materia prima:

1.- Cascarilla de arroz entera (40 grs.) , mezclada con PET (170 grs.) (Trozos grandes de 5.* 5 cm) fundido a una temperatura de 200 ° C a 300 ° C.

2.- Cascarilla de Arroz Triturada (35 grs) mezcla con PET Triturado (150 grs) (Trozos tamaño hojuelas de 0.5 *0.5 cm) fundido a 250 ° C , mezclado con un tiempo de 5 min., vaciado en moldes y llevado a un enfriamiento rápido de 20 ° C,

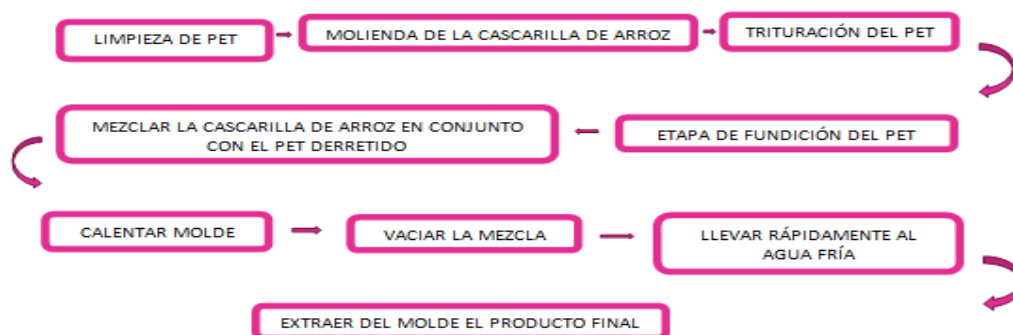


Fig.1: Muestra el Proceso para la elaboración del Tabique Ecológico CAS PET

Hipótesis:

Se espera que la mezclas combinadas de las materias primas, nos proporcionen las propiedades esperadas, textura, resistencia, conductividad térmica, permeabilidad, costo, y que en juntos formen las cualidades esperadas que hagan de este producto el tabique perfecto para la construcción...

- La reutilización del PET (polietileno de tereftalato) y la cascarilla de arroz, traerá consigo una disminución de residuos sólidos generados y que por consiguiente habrá un impacto ambiental positivo lo cual generará empleos y trabajo colaborativo. Además de que será una empresa con alta rentabilidad.
- Se generará aún más la conciencia ambiental al lanzar al mercado productos amigables con el medio ambiente.

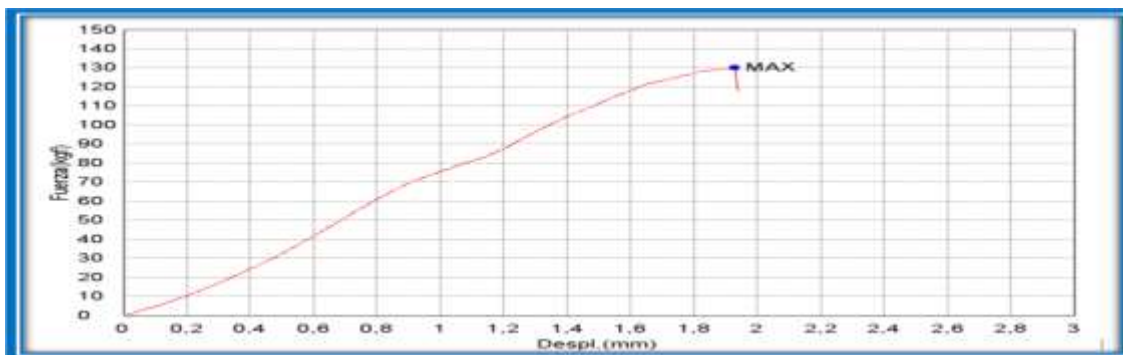
RESULTADOS

Prueba de resistencia a la compresión

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo		Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	26/05/2016	Fecha de ensayo	26/05/2016
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	10mm/min	Forma	Cilindrica
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Max._Fuerza Calc. at Entire	Max._Tension Calc. at Entire	Diametro	Altura
Parametros	Areas	Areas		
Unidad	kgf	kgf/mm2	mm	mm
1 1	130,090	0,06887	49,0400	20,0300

La grafica1 muestra la relación fuerza desplazamiento hasta llegar a curva de la fractura la revela que este material es sumamente resistente



Grafica 1: Curva de Fractura

$$0.06887 \text{ Kg} / \text{mm}^2 \times 100 \text{ mm}^2 / 1 \text{ cm}^2 = 6.887 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

El área de la probeta sometida a pruebas es de **68.6538001 cm²**

Entonces: Para 1 área de **68.63538001 cm²** existe una resistencia a la compresión de **6.887 kg/cm²**

La norma específica un área de **760 cm²** la resistencia por proporcionalidad es de **76.25**

La resistencia a la compresión es de 76.25 kg/cm² para un área de 760 cm² que es lo que marca la norma oficial mexicana NMX-C-404-ONNCCE- 2012

La siguiente tabla muestra la Velocidad de Transferencia de Calor y lo compara con un tabique de arcilla y CASPET

INDICADOR	FORMA DE MEDIRLO	PARAMETROS
<p>Ecuación de Fourier</p> <p>Determinación de transferencia de calor por conducción. (tabique de Arcilla)</p>	$Q = \frac{KA}{d}(T^{\circ}int - T^{\circ}ext)$ <p>Q = 128 Watt</p>	<p>K = 0.8 W/ m² °K T_{externa} = 311.15° K T_{interna} = 295.15 °K A = 0.5 m² d = 0.05 m</p>

Tabique CAS-PET	Q = 40.7 Watt	$K = 0.185 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$ $T_{\text{externa}} = 311.15^{\circ} \text{ K}$ $T_{\text{interna}} = 289.15^{\circ} \text{ K}$ $A = 0.5 \text{ m}^2$ $d = 0.05 \text{ m}$
------------------------	----------------------	---

Costos:

El precio de venta de cada tabique con las medidas establecidas es de \$6.53. La siguiente tabla muestra como resultado de la tasa interna de retorno, que por cada peso invertido se tiene un retorno de inversión de 0.33 centavos

	TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)		
INFLUJOS	VALOR FUTURO	F.I.V.P.	VALOR PRESENTE
UTILIDAD 2016	337,020	0.76265748	257,031
UTILIDAD 2017	347,395	0.58164644	202,061
UTILIDAD 2018	358,082	0.33831258	121,144
UTILIDAD 2019	369,089	0.30755689	113,516
UTILIDAD 2020	380,426	0.25801662	98,156
VALOR PRESENTE TOTAL	1,792,012		791,908
INVERSION INICIAL			791,909
VALOR PRESENTE NETO (VAN)			- 1

Tabla que muestra el cálculo del valor presente del proyecto hasta el día de hoy

	CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE		
INFLUJOS	VALOR FUTURO	F.I.V.P. 10%	VALOR PRESENTE
UTILIDAD 2016	337,020	0.90909091	306,382
UTILIDAD 2017	347,395	0.82644628	287,103
UTILIDAD 2018	358,082	0.7513148	269,032
UTILIDAD 2019	369,089	0.68301346	252,093
UTILIDAD 2020	380,426	0.62092132	236,215
VALOR PRESENTE TOTAL	1,792,012		1,350,824
INVERSION INICIAL			791,909
VALOR PRESENTE NETO (VAN)			558,915

CONCLUSIONES

La realización de este proyecto tiene un fin, que nuestro producto pueda ser utilizado como una alternativa para la construcción logrando mantenerlo bajo condiciones de seguridad y calidad y de: Alta Resistencia a la compresión, ligero Someterlo a más pruebas, bajo costo, Permeables, térmico, con un acabado estético aceptable, .Disminución en el consumo de energía (en el proceso), Ser amigable con el medio, proceso sencillo. Nuestro resultado será ingresarlo en el mercado y competir con los materiales convencionales en el ramo de la construcción

BIBLIOGRAFÍA:

., P. A. (1986). Tesis de Doctorado. *Elaboración de métodos para la eliminación de sustancias de hierro y manganeso del agua*. Moscú. Rusia 1986.

Abelardo Prada, C. E. (2014). LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DE LA CASCARILLA DE ARROZ: UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL. *Orinoquia*.

BERRETTA Horacio, A. R. (s.f.). *NUEVOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN: LOS PLÁSTICOS RECICLADOS*. Obtenido de Centro Experimental de la Vivienda Económica: <http://www.arpet.org/docs/Nuevos-materiales-para-la-construccion-los-pasticos-recicladados-Conicet.pdf>

ELTIEMPO, R. (11 de febrero de 2003). *Control de quema de cascarilla de arroz*. Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-972709>,

Gotor, P. B. (1997). Ingeniería de las reacciones químicas, sistemas heterogéneos,. Dirección General de Universidades e Investigación.

<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-972709>, e. t. (s.f.).

Margarita Caballero, S. L. (10 de octubre 2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de. *Revista Digital Universitaria*.

movimiento lubizha. (s.f.). (s.f.). Obtenido de http://www.lubizha.org/index.php?option=com_content&view=article&id=257:el-problema-ambiental-del-pet&catid=17:noticias&Itemid=38

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C (2004). Norma (NMX-C-36-ONNCCE-2004), Método de Prueba, Resistencia a la Compresión, Bloques, Tabiques o ladrillos, Tabicones y Adoquines. Documento recuperado en Septiembre del 2013.

Pérez Báez Sebastián y Antonio Gómez Gotor, Ingeniería de las reacciones químicas, sistemas heterogéneos, editor Dirección General de Universidades e Investigación, 1997

C.J. Geankoplis, Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias, 3ª Ed., Editorial CECSA, México, 1998.