

# Rediseño e implementación de la máquina Bloquera variando la estructura del molde para reciclar el material de desecho en la empresa PANECONS

Pazmiño E. Guzmán M.

*Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE  
Latacunga, Ecuador*

**Abstract—** El presente proyecto se inicia con una recopilación teórica de conceptos básicos que servirán para el entendimiento del poliestireno expandido y su transformación, se verá el funcionamiento de las máquinas conformadoras de bloques de EPS (Máquina Bloquera) y con este conocimiento se determinará las limitantes del proceso y de la máquina, teniendo siempre en cuenta la seguridad y protección de sus elementos y del personal.

El diseño de la pared móvil ayudará a proporcionar la presión que le hacía falta a la máquina para poder trabajar con hasta el 50% de reciclado sin sacar el material de desecho o polvillo; por lo que se usa el programa comercial SolidWorks, que proporciona de forma visual, los elementos críticos y que zonas se deben reforzar, luego, se hace la modificación del programa original, en el Step 7-Micro/Win y se realiza la selección de los parámetros de tiempo y presión para la producción del nuevo tipo de bloque.

Finalmente se desarrolló la pared e implementó en el proceso productivo de la empresa obteniéndose resultados mejores de los previstos, se puede hacer bloques con más del 50% de reciclado, con lo que se logró obtener un beneficio económico mayor y se minimizará la contaminación ambiental producida por la empresa.

**Palabras claves—** Máquina Bloquera, Pared Móvil, Poliestireno Expandido, Reciclado

## I. INTRODUCCIÓN

EN la condición anterior de la máquina Bloquera, no permitía la fabricación de bloques de poliestireno expandido (EPS) con un porcentaje considerable de reciclado y principalmente cuando tienen partículas pequeñas, se ha realizado modificaciones mecánicas y de automatización para conseguir bloques con el 50% de reciclado. Se ha investigado si en el mercado nacional comercializan alguna máquina que trabaje en estas condiciones, pero no se ha encontrado, se optó por abrir la investigación a nivel internacional y se encontró alternativas, pero no se obtuvo información detallada de las máquinas y el costo es un poco elevado. Se comenzó a ser pruebas, para lo cual se hizo pequeñas modificaciones, aprovechando que la máquina tiene una unidad hidráulica y un cilindro para la expulsión del bloque, se planteó hacer

una pared móvil interna desmontable que permita la compactación del bloque en una mayor proporción que solo utilizando vapor de agua.

Estos bloques servirán para la construcción de alivianamientos de losas, como son casetones, planchas y paneles.

## II. DESARROLLO

### A. Qué es el poliestireno expandido

El poliestireno expandido (EPS) se define técnicamente como: "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre-expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire". [1].

En la siguiente tabla se muestra las propiedades del EPS para la construcción [2].

Tabla: Propiedades de espumas rígidas de Styropor para aplicaciones en la construcción					
Propiedades <sup>1)</sup>	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Tipos de protección de calidad	Especificaciones de calidad CSH		PS 15 SE	PS 20 SE	PS 30 SE
Tipos de aplicación	DIN 18164, parte 1	W	WD	WS + WD	
Densidad aparente mínima	EN ISO 845	kg/m <sup>3</sup>	15	20	30
Clase de material de construcción (tipo de producto Styropor 1)	DIN 4102		B1, difícilmente inflamable	B1, difícilmente inflamable	B1, difícilmente inflamable
Conductividad térmica Medida a +10 °C	DIN 52612	mW/(m · K)	36 – 38	33 – 35	31 – 34
Valor calculado	DIN 4108	mW/(m · K)	40	40	35
Tensión por compresión con 10 % de recalado	EN 826	kPa	65 – 100	110 – 140	200 – 250
Resistencia a la presión permanente con recalado < 2 % después de 50 años	ISO 785	kPa	20 – 30	35 – 50	70 – 90
Resistencia a la flexión (sin piel de espuma)	EN 12089	kPa	150 – 230	250 – 310	430 – 490
Resistencia al cizallamiento	DIN 53427	kPa	80 – 130	120 – 170	210 – 260
Resistencia a la tracción	DIN 53430	kPa	160 – 260	230 – 330	380 – 480
Módulo E (Ensayo de compresión)	EN 826	MPa	1,0 – 4,0	3,5 – 4,5	7,5 – 11,0
Estabilidad dimensional al calor, a largo plazo con 20 kPa	DIN 53424	°C	100	100	100
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K	75	80	80
Capacidad térmica específica	DIN 53765	J/(kg · K)	5 – 7 · 10 <sup>-3</sup>	5 – 7 · 10 <sup>-3</sup>	5 – 7 · 10 <sup>-3</sup>
Absorción de agua por inmersión después de 7 días	DIN 53 434	Vol. %	1210	1210	1210
de 28 días		Vol. %	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5
Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua Cálculo según DIN 4108 parte 4 (valor más y menos ventajoso)	DIN 52 615		1,0 – 3,0	1,0 – 3,0	1,0 – 3,0
		1	20/50	30/70	40/100

### B. Funcionamiento de la máquina

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlitas que contienen un agente expansor, como el pentano. Después de una pre-expansión, las perlitas se mantienen en silos grandes de reposo intermedio y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica vapor de agua (energía térmica) para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y éstas aumenten su

volumen, a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen [3].

Para que cumpla este proceso se debe primero, calentar el molde antes de llenarlo con las perlas pre- expandidas; segundo, llenar el molde completamente; tercero sacar el condensado de las paredes huecas, haciendo un barrido con vapor a baja presión; cuarto, se debe calentar las perlas para reblandecerlas y sacar el aire del molde; quinto, expandir las perlas, esto se consigue cerrando todas las válvulas excepto la de entrada de vapor, como el EPS se expande causa una subida de presión en el molde que puede llegar a 0.89 bar; sexto, estabilización y enfriamiento del bloque, que es importante para que el bloque cuando salga no se agriete o se deforme, cuidando que el tiempo no sea demasiado alto, ya que podría absorber condensados al interior del bloque. Y por último la expulsión y almacenamiento.

### C. Limitaciones de la máquina

Para el rediseño de la máquina, en primer lugar se deberá tener en cuenta las condiciones de trabajo normal y máximo de la máquina.

La máquina puede trabajar con densidades 9 a 50 (kg/m<sup>3</sup>), pero su trabajo normal es a 12(kg/m<sup>3</sup>).

La máxima presión de vapor es de acuerdo a la densidad y no debe sobrepasar los 0.89 (bar); para una densidad de 12 (kg/m<sup>3</sup>) es aproximado de 0.8 a 0.89 (bar); para una densidad de 20 es de aprox. 0.65 a 0.7 (bar).

Las medidas internas de la máquina antes de la pared móvil son: 1218 x 630 x 2550 (mm).

También hay que tener en cuenta los requerimientos de la empresa:

La pared debe ser desmontable.

Debe ocupar el menor volumen posible.

Su uso será para hacer bloques de EPS con densidades de 12 principalmente y máximo 15 (kg/m<sup>3</sup>).

Al tener los datos tanto de la máquina como los requerimientos de la empresa, se realiza los cálculos respectivos y se usa un programa que permita hacer las iteraciones en los diferentes modelos hasta obtener la mejor estructura para el rediseño que satisfaga todas las condiciones, en este caso se usó el programa comercial SolidWorks. La estructura final seleccionada se observa en la figura 1.

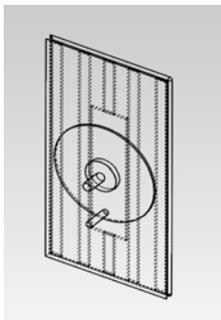


Figura 1. Estructura seleccionada para pared móvil.

Los datos que se necesita son los siguientes:

La presión de la unidad hidráulica es de 102 (Kg/cm<sup>2</sup>) y el área de la pared posterior es de 7673.4 (cm<sup>2</sup>).

Fuerza del pistón = Presión x Área cilindro = 102 (Kg/cm<sup>2</sup>) x  $\pi \times (6.3 \text{ cm})^2 / 4$ . Entonces la fuerza pistón es

3180 (Kg<sub>f</sub>).

La fuerza máxima de expansión del EPS es de  $F_{\text{EPS}} = 0.9 \text{ (Kg/cm}^2) \times 7673.4 \text{ (cm}^2) = 6906.1 \text{ (Kg}_f)$

Presión añadida al bloque por el pistón =  $3180/7673.4 = 0.4144 \text{ (Kg/cm}^2) = 0.4 \text{ (bar)}$ .

Al 10 % de recalado del bloque, a 60 (°C) se tiene el 70 % de la resistencia a la compresión del EPS (0.50985 (Kg/cm<sup>2</sup>)) y con una densidad de 12 (Kg/m<sup>3</sup>); la fuerza máxima de resistencia a la compresión del bloque al 10% será:

$F_{\text{max. comp.}} = 0.7 \times 0.50985 \times 7673.4 = 2738.6 \text{ (Kg}_f)$

El EPS puede expandirse en el rango de 60 (°C) a 101.7 (°C), el reblandecimiento se da desde los 80 (°C) en adelante, el agente expansor N-pentano tiene un punto de ebullición de 36 (°C)

La longitud del bloque es de 2550 (mm). El 2% de esta longitud es 51 y el 10% es 255 (mm).

En las siguientes figuras se observa la tensión von Mises de la estructura y el factor de seguridad, que el mínimo es de 4 y cumple con la condición para una estructura que va a estar sometida a choque.

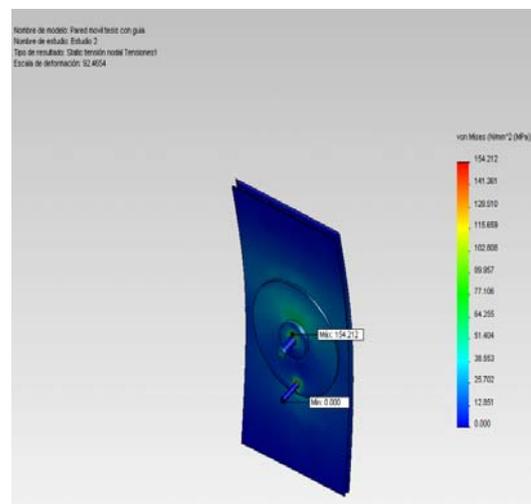


Figura 2. Tensión von Mises de la estructura

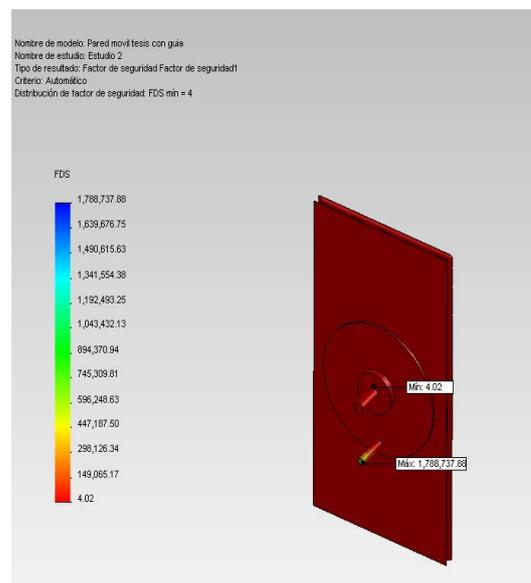


Figura 3. Factor de seguridad de la estructura

Las limitaciones de la máquina y pared son:

El cilindro hidráulico puede comprimir hasta el 10% de recalcado, si se tiene una densidad de 12 (Kg/m<sup>3</sup>) y una temperatura mínima de 60 (°C).

Cuando se use una densidad de 15 (Kg/m<sup>3</sup>) y una temperatura de 60 (°C), se puede comprimir alrededor de la mitad de lo que se puede hacer con densidad 12.

La compresión mínima de la pared para producir bloques con el 30% de reciclado es del 2%.

Al tener la parte mecánica diseñada, se modifica la programación de la máquina, aquí también se debe hacer que cumpla ciertas condiciones:

Primero, que no ingrese la pared hasta que no haya pasado el tiempo de calentamiento de las perlas.

Segundo que la pared, tenga un recorrido controlado, si alcanzó el recorrido señalado, o alcanzó la presión del molde, o se terminó el tiempo de vapor, ya no debe comprimir más.

Tercero, que regrese la pared, cuando termine el tiempo de vapor.

Cuarto, que expulse al bloque por medio del vapor y la pared móvil.

### III. RESULTADOS

La pared móvil desmontable desarrollada, tiene un espesor de solo 36 (mm), y se necesita 100 de los 255 (mm) de recorrido para obtener bloques con el 50% de reciclado con polvo.

Con la reprogramación del PLC, la nueva selección de los parámetros de tiempo y presión y el rediseño mecánico de la máquina, se obtiene bloques en promedio de 2514 x 1218 x 630 (mm), con lo que solo se ha reducido el espesor de la pared móvil en la longitud del bloque producido con el 50% de material de desecho (reciclado con polvo), por lo tanto se ha cumplido con todos los requerimientos planteados.

Ahora se verá el beneficio económico

El EPS cuesta alrededor de 2.5 dólares por Kg, el precio de venta procesado es de 4 (USD/Kg). El costo por procesar es de 1.125 (USD/Kg), entonces el precio del EPS procesado es de 3.625 (USD/Kg) y el precio del reciclado con el procesamiento es de 1.30 (USD/Kg).

Hay una diferencia de 2.325 (USD/Kg) entre la materia virgen y el reciclado reprocesado. Al fabricar bloques con el 50% de reciclado se tiene un ahorro semanal de 1845 (USD) y se recuperará la inversión de 3553.5 en 2 semanas de producción.

La empresa ya no necesita tener una bodega dedicada a almacenar el reciclado y se ha minimizado la generación de desperdicios de EPS.

### IV. CONCLUSIONES

Se ha diseñado la pared móvil de compresión para trabajar con densidades 12 (Kg/m<sup>3</sup>), que es la densidad de material más usado en la construcción en el Ecuador.

Se rediseñó los diferentes elementos eléctricos y automatismos que forman parte de la máquina bloquera, tomando en cuenta factores de seguridad, eficiencia y manufactura práctica.

Se diseñó los diferentes elementos que forman la pared

móvil para compactar el bloque y mejorar la adhesión del EPS.

La empresa dejará de producir anualmente los 1500 Kg de desperdicio de EPS con un ahorro en materia prima de 3750 dólares.

Con los resultados obtenidos en el proyecto la empresa estará en capacidad de adquirir reciclado o de recolectarlo de las diferentes obras, para introducirlo al proceso productivo de bloques.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Textos científicos,» 22 10 2005. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido.> [15 09 2014].
- [2] Basf aktiengesellschaft, «“Informaciones técnicas styropor”».
- [3] Wikipedia, disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/poliestireno\\_expandido.](http://es.wikipedia.org/wiki/poliestireno_expandido.) [15 09 2014].

**Pazmiño E. Author.** Nació en Sto. Dgo. de los Colorados en 1978. Bachiller técnico en Electricidad del colegio técnico “Ramón Barba Naranjo” de Latacunga en el año 1996. Egresado en ing. Ejecución en Electromecánica en la ESPE Latacunga en 2000. Egresado en ingeniería Electromecánica en 2008.

Responsable del departamento de mantenimiento de la empresa PANECONS desde el 2004.

Email: [edinauta@hotmail.com](mailto:edinauta@hotmail.com), [epazmino@hormi2.com](mailto:epazmino@hormi2.com).