



Ciencias  
*de la*  
Computación

---

Ingeniantes

# Análisis de esfuerzo y deformación en matriz de policarbonato con insertos de refuerzo sometida a compresión

**RESUMEN:** En este documento se presenta un análisis de esfuerzo y deformación de una matriz de distribución rectangular de policarbonato PSM-1 con tres y otra de cuatro agujeros, cada una de ellas sometida a fuerzas de compresión de 100 N en ambas caras frontales paralelas, además encontrará características comparativas que se presentan en dichas placas al ser colocados en ellas insertos de refuerzo de aluminio 6061 y acero inoxidable T-304. El análisis se llevó a cabo mediante el desarrollo del método de elemento finito y se utilizó un mallado tipo barrido en el software de simulación de ANSYS Workbench.

**PALABRAS CLAVES:** deformación, elemento finito, esfuerzo, mallado, matriz con insertos, simulación.

**ABSTRACT:** In this document an analysis of stress and deformation of a matrix of rectangular polycarbonate distribution PSM -1 with three and four- holes, each subjected to compressive forces 100 N in both parallel front faces has, in addition found comparative characteristics presented in said plates when placed therein reinforcing inserts 6061 and T-304 stainless steel. The analysis was carried out by the development of the finite element method and a swept-type mesh was used in the ANSYS Workbench simulation software.

**KEYWORDS:** simulation, die inserts, stress, strain, plain.



## Colaboración

Citalin Aurelia Ortiz Hermosillo, Instituto Tecnológico de Matamoros

## INTRODUCCION

Este documento presenta los resultados de una simulación que se llevó a cabo en un software que lleva por nombre ANSYS Workbench el cual se desarrolla bajo el método de elemento finito. Se analizaron dos matrices o también conocidas como placas, una de ellas presenta tres perforaciones y la otra cuatro, estas están hechas de un material que se introdujo al mercado en 1958 conocido como policarbonato.

Una vez dibujada la geometría se generó el sólido que fue sometido a un mallado tipo barrido, se le aplicaron dos fuerzas de compresión 100 N sobre las caras frontales paralelas, posteriormente se corrió el programa para determinar la deformación máxima a la que estará sometida la pieza así como el esfuerzo de von-Mises.

Además, se desarrolló la simulación con insertos de Aluminio 6061 y de Acero inoxidable T-304, posteriormente se compararon los resultados obtenidos.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Características de las piezas

Las piezas sometidas a análisis bajo el método de elemento finito son:

- Placa de policarbonato PMS-1 de tres agujeros.
- Placa de policarbonato PMS-1 de cuatro agujeros.
- Insertos de Aluminio 6061
- Insertos de Acero inoxidable T-304

En la Figura 1 y 2 se presentan las placas y los insertos antes mencionados.



Figura. 1 Matrices de policarbonato de tres y cuatro agujeros.



Figura. 2. Insertos de refuerzo de aluminio y acero inoxidable (lado derecho e izquierdo respectivamente).

**Policarbonato PMS-1**

El Policarbonato es un termoplástico con propiedades muy interesantes, presenta resistencia al impacto, resistencia al calor y transparencia óptica: gracias a sus características del material ha penetrado fuertemente al mercado en una variedad de funciones.

Las matrices son de policarbonato PMS-1 y poseen las siguientes características mecánicas.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de policarbonato PMS-1

Policarbonato PMS-1		
Módulo de elasticidad (E) GPa	Coefficiente de Poisson $\nu$	Límite de fluencia MPa
2.4	0.38	60-75.8

**Aluminio 6061**

Es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Originalmente denominado "aleación 61S" fue desarrollada en 1935. Tiene buenas propiedades mecánicas y se emplea para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones de aluminio más comunes para uso general. Se emplea comúnmente en formas pre templadas como el 6061-O y las templadas como el 6061-T6 y 6061-T651.

En la tabla 2 se muestran algunas de las características mecánicas del material.

Tabla 2. Propiedades mecánicas de aluminio 6061

Aluminio 6061		
Módulo de elasticidad (E) GPa	Coefficiente de Poisson $\nu$	Límite de fluencia MPa
69.5	0.33	276

**Acero inoxidable T-304**

Entre la familia de los aceros inoxidables, este es el más versátil y uno de los más usados, pertenece a la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302. Son aceros austeníticos no templables, fabricados con un alto contenido de cromo y níquel. Algunas de sus propiedades mecánicas de muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades mecánicas del Acero inoxidable T-304

Acero inoxidable T-304		
Módulo de elasticidad (E) GPa	Coefficiente de Poisson $\nu$	Límite de fluencia MPa
193	0.29	215

**El objetivo de la simulación**

Una vez identificadas las dos matrices de policarbonato, una de tres y la otra de cuatro agujeros, así como los insertos de aluminio 6061 y de acero inoxidable T-304, se procedió a dibujar la geometría de las piezas; en una segunda instancia se generó el sólido representativo. Posteriormente se realizó un mallado de barrido sobre las piezas con y sin inser-

tos, haciendo uso del software ANSYS Workbench, aplicando en ellas, una fuerza de compresión de 100 N en cada una de las caras frontales paralelas de la matriz. Por último se analizó, ¿Qué sucede con las piezas?, ¿Se presentó deformación en ellas?, ¿Es benéfica la combinación de materiales?

Se presenta las consideraciones del mallado utilizado a continuación.

### El mallado de las piezas

El mallado que se aplicó para los cuatro casos es el considerado por el software como mallado de barrido.

### La matriz de tres agujeros

Para esta pieza se consideraron 2374 nodos y 356 elementos.

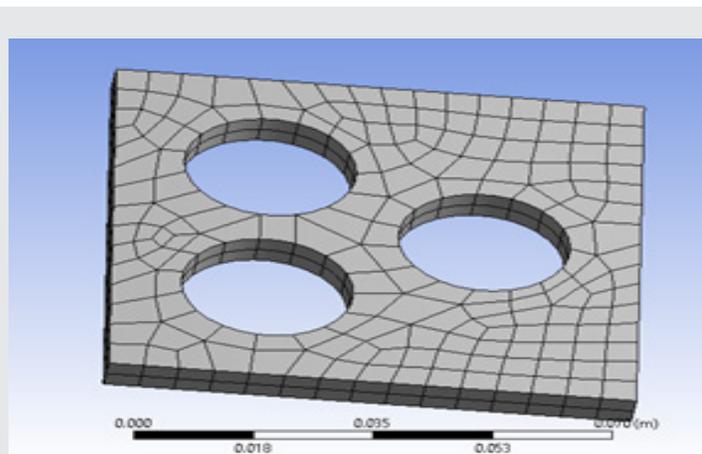


Figura. 3 Mallado de placa de policarbonato de tres agujeros.

### La matriz de tres agujeros con insertos de Aluminio.

En esta pieza se consideraron para la placa 2416 nodos y 364 elementos y para cada uno de los insertos un total de 1245 nodos y 219 elementos.

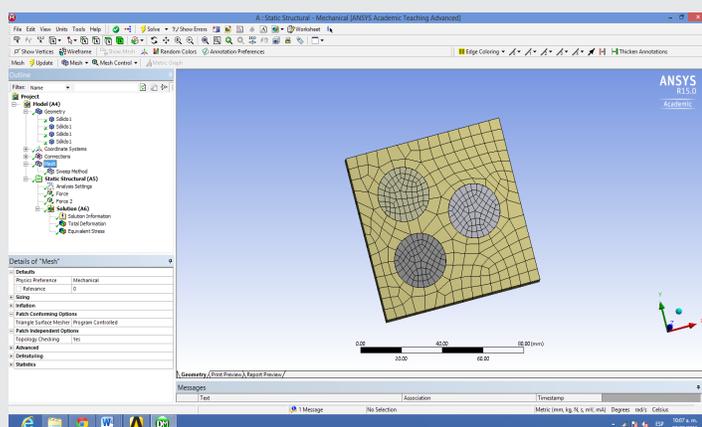


Figura. 4 Mallado de placa de policarbonato de tres agujeros con insertos de refuerzo de aluminio 6061.

### La matriz de cuatro agujeros.

Para esta pieza se consideraron 1975 nodos y 276 elementos analizados.

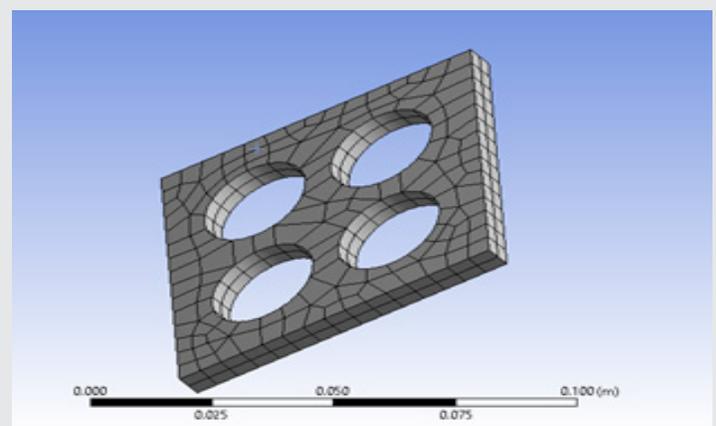


Figura. 5 Mallado de placa de policarbonato de cuatro agujeros.

### La matriz de cuatro agujeros con insertos de Acero inoxidable.

En esta pieza se consideraron un total de 8180 nodos considerando placa e insertos y 1519 elementos.

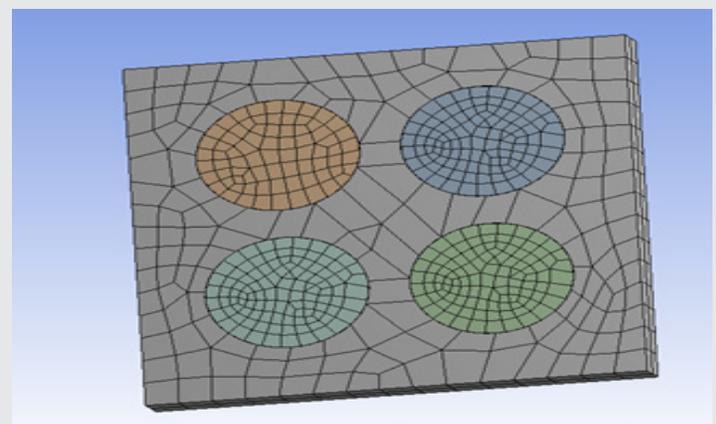


Figura. 6 Mallado de placa de policarbonato de cuatro agujeros con insertos de refuerzo de acero inoxidable T-304

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### La matriz de tres agujeros

De acuerdo a los resultados arrojados en la simulación, podemos observar que al ser sometida la placa de policarbonato a una fuerza de compresión de 100 N esta presentará mayor deformación en la zona de las dos perforaciones como se observa en la siguiente Figura, siendo el área de color rojo la más crítica.

La máxima concentración de esfuerzos se encontrara alrededor de las perforaciones, como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

La matriz de cuatro agujeros.

En la matriz de cuatro agujeros podemos observar que presenta varias zonas donde es crítico, como se observa en las las zonas rojas de la siguiente Figura.

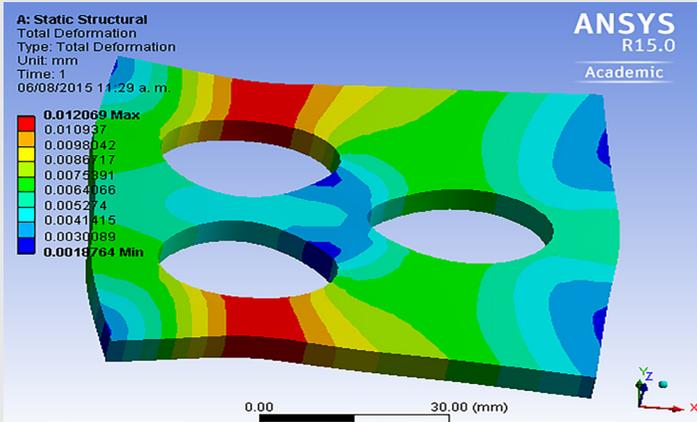


Figura. 7 Deformación total que presenta la pieza en simulación.

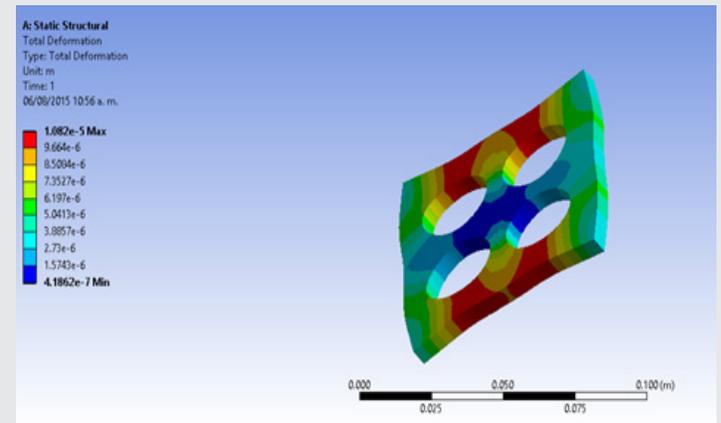


Figura. 10 Deformación total que presenta la pieza en simulación

La matriz de tres agujeros con insertos de Aluminio Ahora analizaremos a la matriz de policarbonato pero con los insertos de refuerzo de aluminio 6061, pode-

La matriz de cuatro agujeros con insertos de Acero inoxidable.

Ahora presentamos el comportamiento de la placa de cuatro agujeros con insertos de acero inoxidable, al igual que en la matriz de tres la deformación y el esfuerzo son mucho menores que en la que no presentan los insertos.

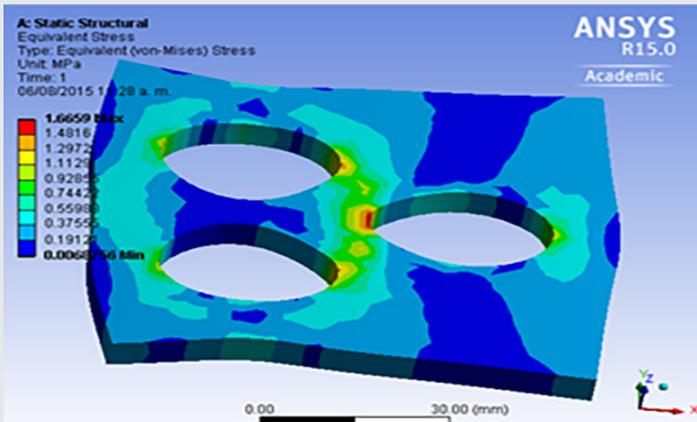


Figura. 8 Esfuerzo que presenta la pieza en simulación.

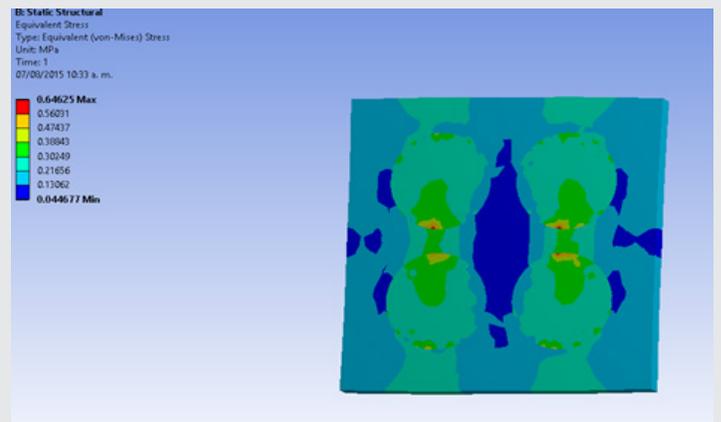


Figura. 11 Esfuerzo que presenta la pieza en simulación con los insertos de Acero inoxidable.

mos observar que es muy notorio los resultados comparándolos con la matriz sin insertos la deformación ahora es mínima como se observa en la Figura 9.

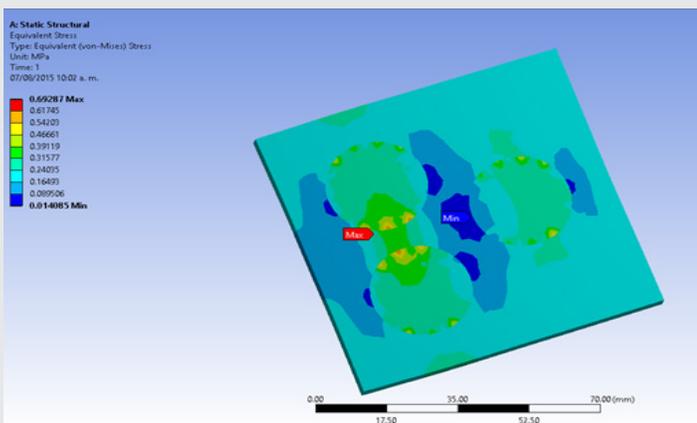


Figura. 9 Esfuerzo que presenta la pieza en simulación con los insertos de Aluminio.

Ecuaciones de esfuerzo y deformación.

Esfuerzo es la resistencia que ofrece un área unitaria (A) del material del que está hecho un miembro para una carga aplicada externa (fuerza, F):

$$\text{Esfuerzo} = \text{fuerza} / \text{área} = F / A \quad \text{Ec. (1)}$$

Los esfuerzos normales, son aquellos debidos a fuerzas perpendiculares a la sección transversal. Los esfuerzos axiales, son aquellos debidos a fuerzas que actúan a lo

largo del eje del elemento. Los esfuerzos normales axiales por lo general ocurren en elementos como cables, barras o columnas sometidos a fuerzas axiales (que actúan a lo largo de su propio eje), las cuales pueden ser de tensión o de compresión. Además de tener resistencia, los materiales deben tener rigidez, es decir tener capacidad de oponerse a las deformaciones (d) puesto que una estructura demasiado deformable puede llegar a ver comprometida su funcionalidad y obviamente su estética. En el caso de fuerzas axiales (de tensión o compresión), se producirán en el elemento alargamientos o acortamientos, respectivamente, como se muestra en la Figura 12.

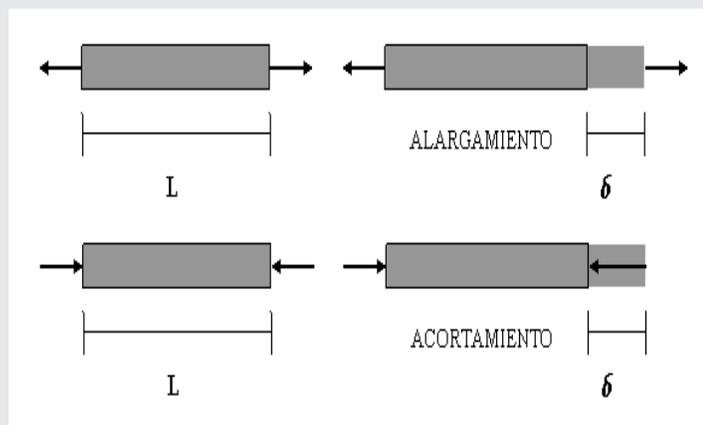


Figura. 12 Deformación debida a esfuerzos de tensión y de compresión, respectivamente

### Ecuaciones bajo el método de elemento finito.

Las ecuaciones que gobiernan el esfuerzo y la deformación son:

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x - \nu\sigma_y - \nu\sigma_z}{E} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y - \nu\sigma_x - \nu\sigma_z}{E} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\epsilon_z = \frac{\sigma_z - \nu\sigma_x - \nu\sigma_y}{E} \quad \text{Ec. (4)}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G} \quad \text{Ec. (6)}$$

$$\gamma_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{G} \quad \text{Ec. (7)}$$

Podemos apreciar que los insertos de refuerzo ayudan considerablemente a amortiguar la fuerza de compresión a la que es sometida las piezas de policarbonato y que por tratarse de piezas con diferentes materiales pueden tener diferentes usos y diversas aplicaciones.

Tabla 4. Resultados obtenidos en matriz de 3 agujeros.

	Matriz de policarbonato perforada con tres agujeros	Matriz perforada con insertos de refuerzo en Aluminio 6061
Esfuerzo mínimo	6.8756e-003 MPa	1.4085e-002 MPa
Esfuerzo máximo	1.6659 MPa	0.69287 MPa

Tabla 5. Deformación total en matriz de 3 agujeros.

Tiempo 1 seg	Matriz de policarbonato perforada con tres agujeros	Matriz perforada con insertos de refuerzo en Aluminio 6061
mínima	1.8764e-003	4.3803e-004
máxima	1.2069e-002	2.4872e-002

Tabla 6. Resultados Obtenidos en matriz de 4 agujeros.

	Matriz de policarbonato perforada con cuatro agujeros	Matriz perforada con insertos de refuerzo en Acero inoxidable T-304
Esfuerzo mínimo	12720 Pa	4.4677e-002 MPa
Esfuerzo máximo	1.1661e+006 Pa	0.64625 MPa

Tabla 7. Deformación total en matriz de 4 agujeros.

Tiempo 1 seg	Matriz de policarbonato perforada con cuatro agujeros	Matriz perforada con insertos de refuerzo en Acero inoxidable T-304
mínima	4.1862e-007	5.1402e-004
máxima	1.082e-005	3.0242e-002

### BIBLIOGRAFIA

[1] Beer Ferdinand P., Russell Johnston, *mecánica de materiales*, 6ª edición, 2013.

[2] H. Lee -finite element simulations with ANSYS workbench 12, 14 -2012.

[3] Calderón G., Gallo R. *Introducción al método de elemento finito: un enfoque práctico*.

[4] Saeed Moaveni, *finite element analysis theory and applications with ANSYS*.

[5] Zienkiewicz Taylor, *método de los elementos finitos*.