

Gilberto Carrillo<sup>1</sup>, Carolina Nuila<sup>2</sup>, Carlos Orlando Azucena<sup>2</sup>, Douglas Aguilar<sup>2</sup>, Iván López<sup>2</sup>, Alejandro Laínez<sup>2</sup>, Carlos Campos<sup>2</sup>, Karla Pinto<sup>2</sup>, Mario Martínez<sup>2</sup>, Eugenia Martínez<sup>2</sup>, Lucía García<sup>3</sup>, Manuel Bonilla<sup>3</sup>, Fátima Larios<sup>3</sup>, Nuria Ardón<sup>3</sup> Ministerio de Economía de El Salvador (MINEC), Polietileno y Flexografía S. A. de C. V. (POLIFLEX), Australia Manufacturing Corporation (AMCOR), Fundación para el Desarrollo Integral de los trabajadores de la industria del plástico (FUNDEPLAST)

1. Contacto del director principal del proyecto: gilberto.carrillo@udb.edu.sv; tel. 2251-8200 ext. 1809 Campus Ciudadela; (503)7175-5346  
2. Investigador de Universidad Don Bosco; 3. Estudiante de Universidad Don Bosco

## 1 Introducción

En las industrias salvadoreñas es frecuente que se utilicen envases genéricos, ya que no cuentan con diseños estilizados que los diferencien de otras marcas y de distintos productos. Con esta realidad, muchos emprendedores de MiPymes no logran escalar a más segmentos de mercado y menos aún lograr ofrecerlos en el extranjero, dilatando la oportunidad de crecimiento, inclusive pierden oportunidades de negocio. Sin embargo, una de las alternativas es la fabricación de moldes de baja corrida, ya sea con resinas líquidas o con moldes impresos para que los productores cuenten con envases plásticos estilizados.

## 2 Objetivos

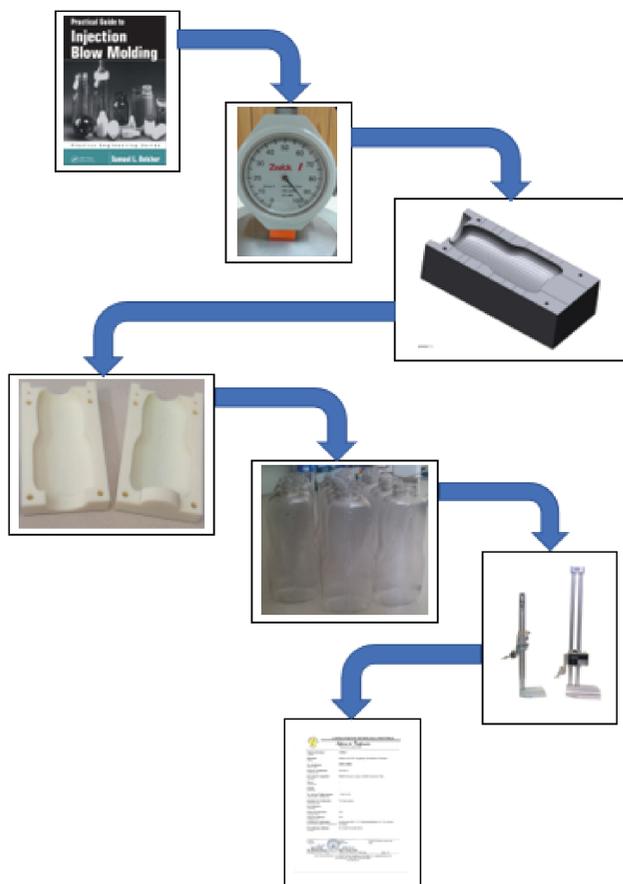
**Objetivo general:** Determinar el nivel de confiabilidad de los productos plásticos elaborados con moldes de baja corrida, a partir de análisis dimensionales, estructurales, de acabados, tanto de los moldes como de los productos.

### Objetivos específicos:

1. Determinar el nivel de exactitud de los moldes que se obtienen con técnicas de impresión 3D.
2. Determinar el nivel de confiabilidad de los diferentes productos plásticos obtenidos con moldes impresos. Caracterizar el ciclo de vida de un molde impreso bajo determinadas condiciones de operación. Establecer los tipos de polímeros y las condiciones de manufactura, que pueden procesarse con moldes de baja corrida.

## 3 Materiales y métodos

Se utilizan los equipos y materiales del laboratorio de prototipado rápido y de manufactura digital en el diseño y manufactura del molde. Además los equipos de metrología de la universidad para las verificaciones y ensayos de laboratorio.



## 4 Resultados actuales

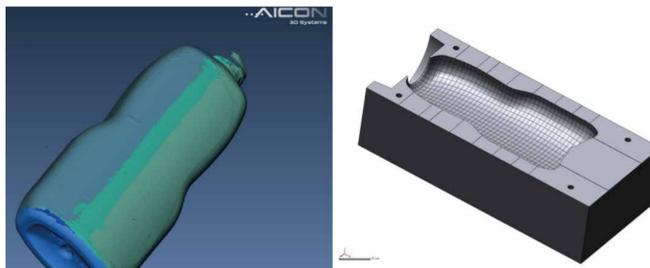


Figura 1: Escaneo de envase y digitalización de molde con el uso de tecnología de prototipado rápido: Scanner 3D SmartSCAN R2-C2 y el software especializado OptoCAT2015®.

Material	Dureza promedio
HIPS	92.40
PLA	92.30
ABS	92.70
ABS - Stratasys	92.90
PLA - Alta temperatura (HT)	90.50
PLA - Reforzado con madera (W)	92.00
t-glase Taulman	87.70
PLA - grado de ingeniería (EG)	92.80
PETG	90.40
PLA - reforzado con fibra de carbono (C)	91.00

Tabla 1: Resultados de ensayo de dureza Shore A bajo norma ASTM D 2240.

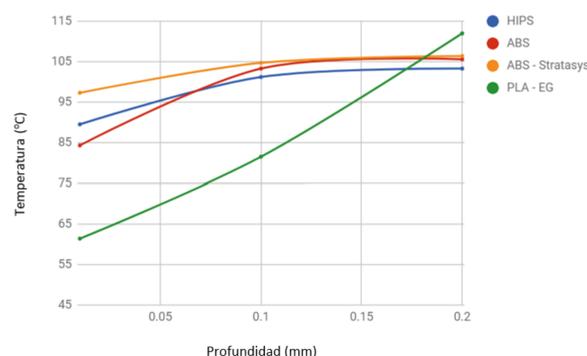


Figura 2: Extracto de los resultados de ensayo de reblandecimiento según norma ASTM D1525 High Deflection Temperature Hdt Vicat.



Figura 3: Moldes impresos en ABS con ayuda de la impresora Uprint SE Plus® con apoyo de software CatalystEx® (acrilonitrilo estireno butadieno)



Figura 4: Envases plásticos fabricados con moldes impresos en 3D, con apoyo de la empresa POLIFLEX.

Dimensión	A	B	C	D	E					
Vref	168.168	61.130	72.610	41.518	41.049					
ID de la botella	Valor Promedio Vm	Error Vm - Vref	Valor Promedio Vm	Error Vm - Vref	Valor Promedio Vm	Error Vm - Vref	Valor Promedio Vm	Error Vm - Vref	Valor Promedio Vm	Error Vm - Vref
1	168.160	0.008	61.073	0.057	73.038	-0.027	41.335	0.182	42.941	0.107
2	168.219	-0.051	61.075	0.056	73.003	0.007	41.250	0.267	42.907	0.142
3	168.148	0.020	61.098	0.032	72.966	0.024	41.167	0.351	42.979	0.069
4	168.173	-0.005	61.089	0.041	72.981	0.029	41.335	0.183	42.980	0.069
5	168.268	-0.100	61.082	0.049	72.993	0.017	41.315	0.203	42.978	0.070
12	168.162	0.006	61.137	-0.007	73.000	0.011	41.758	-0.240	42.990	0.059
15	168.148	0.020	61.131	-0.001	73.041	-0.030	41.527	-0.009	43.151	-0.103
18	168.139	0.029	61.173	-0.042	73.051	-0.041	41.604	-0.087	43.109	-0.060
24	168.044	0.124	61.182	-0.052	72.986	0.024	41.669	-0.152	43.120	-0.072

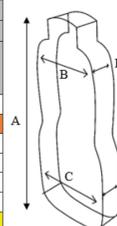


Tabla 2: Resultados de medición dimensional de los 25 envases, en naranja la desviación superior respecto al promedio y en amarillo la desviación inferior respecto al promedio, con las dimensiones A alto, B ancho superior, C ancho inferior, D profundidad superior, E profundidad inferior.

Valor de referencia		28.3538
ID de la botella	Valor Promedio Vm	Error Vm - Vref
1	28.3194	-0.0345
2	28.6626	0.3087
5	28.3559	0.0021
7	28.3558	0.0020
8	28.3555	0.0016
9	28.3557	0.0018
22	28.3289	-0.0249
23	28.3252	-0.0287
24	28.3236	-0.0302
25	28.3202	-0.0336

Tabla 3: Resultados de medición de peso de los 25 envases, los resultados en naranja son las mayores desviaciones arriba del promedio y en amarillo las mayores desviaciones abajo del promedio. Los valores en gramos.

## 5 Resultados esperados

- ✓ Verificar el rendimiento del molde impresos y que no existe cambio en la calidad de los envases producidos.
- ✓ Divulgar los resultados con empresas fabricantes de productos plásticos, micros y pequeños empresarios que desean soluciones de envases primarios.

## 6 Conclusiones actuales

- Los plásticos de impresión ABS disponibles localmente, poseen propiedades mecánicas aptas para moldes de manufactura por medio de soplado.
- Los envases producidos con moldes impresos en 3D poseen dimensiones y pesos uniformes, con diferencias menores a 0.1 mm y 0.03 gramos respectivamente.
- El tiempo de respuesta para la fabricación del molde impreso, desde el escaneo hasta la impresión 3D, se conservó en orden de 4 a 5 días.

## 7 Importancia para la industria

- La industria salvadoreña tiene a disposición los resultados del estudio.
- Se cuenta con la experiencia que vivió POLIFLEX, para implementar proyectos de producción de envases primarios estilizados empleando moldes impresos.
- El estudio en curso, propone una oportunidad para la incursión en nuevos segmentos de mercado en torno a la industria salvadoreña del plástico.
- Con el apoyo de FUNDEPLAST pueden incorporarse nuevos cursos de formación en torno a escaneo e impresión 3D, en camino de la industria 4.0

## 8 Agradecimientos

La investigación aplicada se desarrolla con el financiamiento parcial gracias al Proyecto de USAID de Educación Superior para el Crecimiento Económico.

## 9 Referencias

- [1] López, I. (2018) Análisis de resultados de ensayos de temperatura de reblandecimiento y dureza para seleccionar el material de impresión 3D FDM adecuado para moldes de soplado de baja corrida. CIDIM, UDB.
- [2] Fuentes, A., & Nuila, C. (2017). Ensayo Determinación Dureza Superficial Shore A en muestra plástica, ASTM D 2240. Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Don Bosco.
- [3] ASTM D2240. (18 de 12 de 2017). Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D2240.htm>
- [4] ASTM D1525. (18 de 12 de 2017). Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/D1525.htm>