

DETERMINACIÓN DEL ÁNGULO DE SALIDA ÓPTIMO PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS DE LEGOS EN IMPRESORA DE INYECCIÓN PLÁSTICA

Flores Gasca Santiago¹, García Corral Fabián Alejandro², Mena Castillo Lilia Margarita³, Peralta Meza Ángel⁴

¹Maestría en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Departamento de Ingenierías, Correo electrónico: sflores@itsnecg.edu.mx, Teléfono: 636 694 9500. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México.

²Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Correo electrónico: 20cg0035@itsnecg.edu.mx, Teléfono: 636 694 9500. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México.

³Maestría en Gestión de las Tecnologías de la Información, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Correo electrónico: lmena@itsnecg.edu.mx, Teléfono: 636 694 9500. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México.

⁴Maestría en Ingeniería en Manufactura, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, Departamento de Ingenierías, Correo electrónico: aperalta@itsnecg.edu.mx, Teléfono: 636 694 9500. Avenida Tecnológico #7100 C.P. 31700, Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, México.

Resumen -- Esta investigación surge de la necesidad de determinar el ángulo de salida óptimo para la fabricación de moldes de Legos en el Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes (ITSNCG). La correcta elección de este ángulo es fundamental para garantizar la calidad y la durabilidad de las piezas; así como propiciar el correcto desmoldeo de las piezas, evitando deformidades, daños permanentes o fallos en su función estructural.

Para ello, se emplearon recomendaciones de fabricantes con experiencia en el mercado, análisis matemáticos y simulaciones mediante el software SolidWorks, en el cual se diseñaron las piezas de construcción. En el proceso, se aplicaron diferentes ángulos de salida a las piezas y se realizaron análisis detallados para evaluar su comportamiento durante el desmoldeo.

El estudio también hace referencia a antecedentes relevantes y destaca la importancia de contar con un ángulo de salida adecuado, ya que la ausencia de este puede afectar la integridad de las piezas, comprometiendo su funcionalidad y calidad. Los objetivos principales de la investigación fueron determinar el ángulo mínimo de salida necesario para un correcto desmoldeo en piezas de Lego, asegurando que las piezas puedan ser extraídas sin deformaciones ni daños.

El desarrollo del trabajo consistió en aplicar diversos ángulos de salida en las piezas de construcción, siguiendo los lineamientos establecidos en los objetivos. Los resultados obtenidos fueron positivos, logrando identificar un ángulo mínimo de 0.5 grados que es aplicable a todas las caras de las piezas que requieren un ángulo de desmoldeo. Este hallazgo

contribuye a optimizar los procesos de fabricación y garantiza la producción de piezas de Lego con mayor precisión y durabilidad, beneficiando tanto a los fabricantes como a los usuarios finales.

Palabras Clave: Ángulo de salida, Desmoldeo, Fabricación, Moldes, SolidWorks.

Abstract -- This study was conducted to identify the optimal draft angle for the LEGO molds production at the Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes (ITSNCG). It's essential to select this angle accurately, ensuring the quality and durability of the pieces, avoiding deformities, permanent damages or failures in their structural function.

To achieve this, recommendations from experienced manufacturers in the market were used, along with mathematical analyses and simulations carried out using SolidWorks software, in which the construction pieces were designed. During the process, different draft angles were applied to the pieces, and detailed analyses were conducted to evaluate their behavior during demolding.

The study also references relevant background information and highlights the importance of using an adequate draft angle, as its absence can affect the integrity of the parts, compromising their functionality and quality. The main objectives of the research were to determine the minimum draft angle required for the proper demolding of Lego parts, ensuring that each piece can be removed without deformation or structural damage.

The development of this study involved the application of various draft angles to the construction pieces,

following the guidelines established in the research objectives. The results were positive, identifying a minimum draft angle of 0.5 degrees, applicable to all surfaces of the parts that require demolding.

This finding contributes to optimizing manufacturing processes and guarantees the production of Lego pieces with greater precision and durability, benefiting both manufacturers and end users.

Keywords: Draft angle, Demoulding, Manufacturing, Molds, SolidWorks.

INTRODUCCIÓN

La técnica del moldeo por inyección de plástico es un método fundamental en la fabricación de productos diversos, ya que sus raíces surgen aproximadamente en 1868 cuando James Watson Hendry patentó la primera máquina de moldeo por inyección [1]. A lo largo de los años, esta tecnología ha experimentado avances significativos, especialmente con la creación, en 1946, de la primera máquina de inyección de plástico con husillo por el mismo Hendry. Este avance permitió un mayor control sobre la velocidad y calidad del producto final, así como la posibilidad de mezclar materiales reciclados con vírgenes [2]. En la década de 1970, Hendry llevó la innovación un paso más allá al desarrollar el primer proceso de moldeo por inyección asistido por gas, revolucionando la producción de piezas complejas y huecas con tiempos de enfriamiento rápidos. Esta evolución no solo mejoró la flexibilidad de diseño, resistencia y acabado de las piezas, sino que también redujo el tiempo de producción, costos, peso y desperdicio [3].

La industria del moldeo por inyección de plástico ha experimentado una transformación significativa a lo largo de los años, pasando de la fabricación de productos simples como peines y botones a la producción de una amplia gama de artículos para diversas industrias, incluyendo automotriz, médica, aeroespacial, productos de consumo, juguetes, plomería, empaque y construcción [4]. Este proceso no solo se basa en la maquinaria avanzada, sino que también involucra consideraciones cruciales como el ángulo de salida. Este componente es esencial para facilitar la extracción de las piezas del molde y garantizar la integridad de la forma durante todo el proceso. La aplicación adecuada de ángulos de inclinación es crucial para mejorar la maleabilidad de las piezas, evitando problemas como curvaturas, roturas o alabeos debido a tensiones durante el enfriamiento del plástico. En este contexto [5], el análisis del ángulo de salida se vuelve esencial para identificar la factibilidad del desmoldeo y prevenir

posibles inconvenientes. La ausencia de ángulos de inclinación puede no solo comprometer la estética de las piezas, sino también obstaculizar su expulsión del molde, causando daños tanto a las piezas como al propio molde.

Hay que tener en cuenta que, la selección del proceso de fabricación de un componente es crucial en el diseño de una máquina, ya que puede impactar directamente en la eficiencia y el costo de producción. Elegir el método adecuado requiere un análisis detallado de las tecnologías disponibles, considerando aspectos como la rentabilidad, la calidad del producto final y la viabilidad en términos de recursos. Además, la elección del proceso de fabricación puede influir significativamente en la competitividad de la empresa en el mercado. El tamaño y la forma de la pieza son aspectos cruciales a considerar al seleccionar el proceso de fabricación adecuado. Factores como la complejidad geométrica, dimensiones específicas y requisitos de tolerancia influirán en la elección del método de producción más eficiente y preciso para obtener la pieza deseada. Es importante analizar detalladamente estas características para garantizar la viabilidad y calidad del componente final [6].

Además, los factores como la geometría de la pieza, la tolerancia dimensional requerida, la resistencia mecánica necesaria y la resistencia a agentes químicos determinan las decisiones clave. La elección del tipo de resina y el diseño del canal de inyección son fundamentales para garantizar la calidad y la eficiencia en la producción de piezas. La optimización de estos aspectos es crucial para lograr productos finales de alta precisión y durabilidad, cumpliendo con los estándares de calidad exigidos en la industria [7].

Otro punto de interés es el ángulo de desmoldeo (o ángulo de salida o draft) ya que es la ligera inclinación que se aplica a las paredes verticales de una pieza moldeada para facilitar su extracción del molde [8]. Su función principal es compensar la contracción térmica del plástico al enfriarse y reducir la fricción con las caras del molde durante el desmoldeo [9]. Si no se incorpora un draft adecuado, las piezas pueden presentar acabados superficiales defectuosos, deformaciones internas o incluso quedar encajadas en el molde, por lo que incluir un ángulo de salida mejora la calidad del producto y la vida útil del molde, porque minimiza daños en la pieza y desgaste en el utillaje [10]. Cada pieza y sus características específicas demandarán un ángulo de inclinación distinto, dependiendo de las prioridades del diseño. Es aconsejable siempre incorporar el mayor ángulo de desmoldeo posible en los diseños, ya que esto ayuda a disminuir la fricción entre la pieza y el molde. Sin

embargo, cuando la superficie de la pieza presenta una textura, la expulsión del molde se vuelve más complicada debido al incremento en la fricción. Por esta razón, las piezas con superficies texturizadas necesitan un ángulo de desmoldeo mayor para facilitar su liberación y lograr un acabado más suave [11].

DESARROLLO

Metodología

Esta investigación es del tipo aplicada ya que "busca generar conocimientos con un fin práctico, que tenga un impacto directo en la resolución de problemas específicos" [12]. Por lo que se tuvo que abordar una problemática práctica relacionada con la determinación del ángulo de salida mínimo en piezas. También es de tipo experimental, la cual consiste en "probar hipótesis de causalidad, mediante la manipulación controlada de variables en un ambiente estructurado" [13], por lo que se llevó a cabo una serie de pruebas y experimentos con el fin de analizar cómo diversos aspectos del proceso de fabricación influyen en el ángulo de salida mínimo.

En esta etapa inicial, se establecieron las medidas de las piezas que se utilizaron en la investigación y se muestran a continuación:

Como referencia para poder aplicar los ángulos de salida en lo que respecta al desmante de piezas fueron las siguientes, como se muestra en la Figura 1a, 1b, 1c y 1d. Dichas piezas fueron elaboradas como parte de un proyecto más grande, pero se tomaron como objeto de prueba para este proyecto en específico.

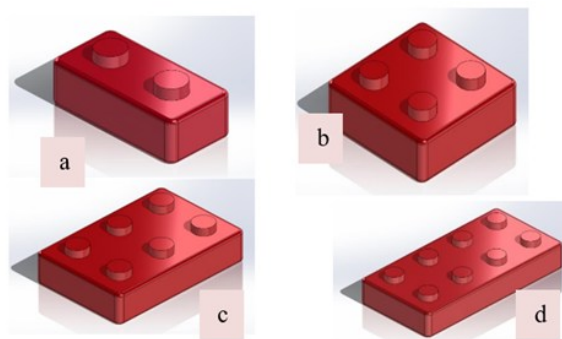


Figura 1. Bloques de construcción de diferentes dimensiones

Primeramente, se establece un ángulo de salida para estas piezas, entre 1° a 2° . Se aplicó un ángulo de salida de 1° como se muestra en la Figura 2b, donde se puede apreciar el cambio de las paredes en comparación de la Figura 2a.

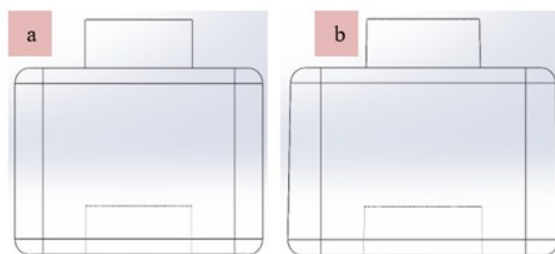


Figura 2. Aplicación del ángulo de salida de 1°

Nota: El ángulo de salida de 1° se aplicó a las piezas A-1 (2x1, 2x2, 3x2 y 4x2).

Ahora, para comprobar que dicho ángulo mencionado es el mínimo requerido para que las piezas de construcción hagan un correcto desmoldeo al momento de la expulsión de la inyectora de plástico, se realiza un análisis matemático. Usando de apoyo el cálculo de conos para torno, se puede determinar el ángulo de salida mínimo. La fórmula que propuso [11] fue la que se utilizó y se expresa así:

$$\tan(\alpha) = (D-d) / 2L \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

α = es el ángulo de salida

D = es el diámetro mayor

d = es el diámetro menor

L = es la longitud

La zona donde se aplicará este análisis es la siguiente, como se puede observar en la Figura 3.

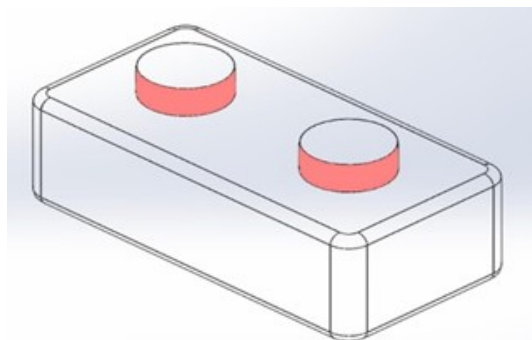


Figura 3. Islas de pieza de construcción

Tomando las siguientes medidas de las piezas, mostradas en la Figura 4.

Entonces, una vez establecida la fórmula, lo que se busca determinar es d (diámetro menor), esto para comprobar mediante la simulación en SolidWorks, que, al aplicar el ángulo, en este caso de 1° , la distancia

resultante del cálculo sea la misma que en la simulación.

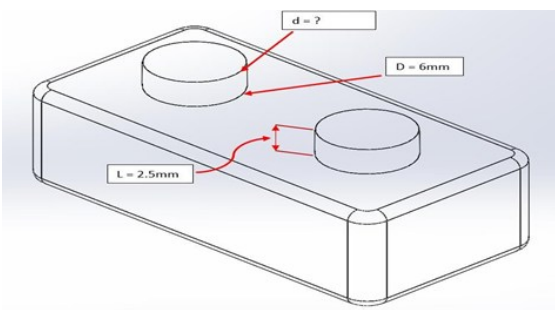


Figura 4. Medidas para el cálculo de conicidad

Para determinar d, se tiene que realizar un despeje, el cual se hace en la Ec. (1), luego:

$$2L \tan(\alpha) = D - d \quad \text{Ec. (2)}$$

$$2L \tan(\alpha) - D = -d \quad \text{Ec. (3)}$$

$$(2L \tan(\alpha) - D) (-1) = -d(-1) \quad \text{Ec. (4)}$$

$$d = -(2L \tan(\alpha) - D) \quad \text{Ec. (5)}$$

Una vez que ya se despejó la fórmula, se aplicó para el valor de $\alpha = 1$, y se generó el siguiente resultado:

$$d = 5.91mm \quad \text{Ec. (6)}$$

Ahora, se procede a comprobar que efectivamente el diámetro d calculado de 5.91mm sea el mismo al aplicar el valor del ángulo de salida en la pieza de SolidWorks, como se muestra en las Figuras 5 y 6.

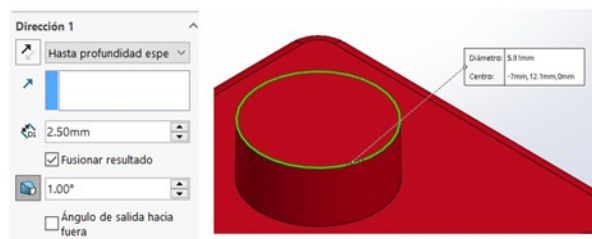


Figura 5. Comprobación de diámetro $d = 5.91mm$

Por otro lado, y siguiendo las recomendaciones sobre la profundidad característica y ángulo de inclinación (ángulo de salida) mínimo para moldeos por inyección, como lo menciona en la página de Rapid Direct en su artículo, “Ángulo de inclinación para moldeo por inyección: guía de diseño y mejores prácticas”, existen determinados ángulos de salida dependiendo la altura [14], como se muestra en la Tabla 1.

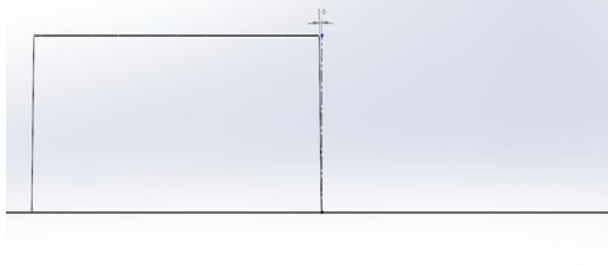


Figura 6. Acotamiento de 1 grado

Tabla 1. Ángulo en base a la profundidad característica

PROFUNDIDAD DE CARACTERÍSTICAS	ESPESOR MÍNIMO/CALADO			
0.25 pulg	0.040 pulg./0.5°			
0.5 pulg	0.040 pulg./1°	0.060 pulg./0.5°		
0.75 pulg	0.040 pulg./2°	0.060 pulg./1°	0.080 pulg./0.5°	
1 pulg		0.060 pulg./2°	0.080 pulg./1°	>0.100 pulg./0.5°
1.5 pulg			0.080 pulg./2°	>0.100 pulg./1°
2 pulg				>0.100 pulg./2°

La altura de las islas de las piezas de construcción es de 2.5mm siendo inferior al valor mínimo de 0.25pulg = 6.35mm, el ángulo mínimo recomendado es de 0.5 grados. Así que nuevamente se realiza un análisis, pero para el caso de 0.5 grados de ángulo de salida.

$$d = -(2(2.5mm) \tan(0.5) - 6mm) \quad \text{Ec. (7)}$$

$$d = 5.96mm \quad \text{Ec. (8)}$$

Se vuelve a comprobar que efectivamente el diámetro “d” calculado de 5.96mm sea igual al aplicar el valor del ángulo de salida en la pieza de SolidWorks, como se muestra en las Figuras 7 y 8.

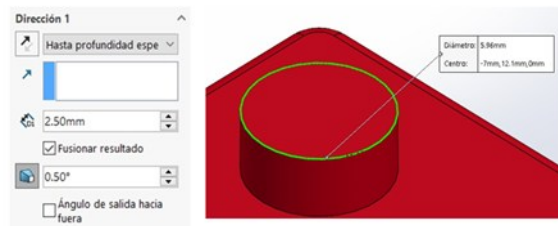


Figura 7. Comprobación de diámetro = 5.96mm

Una vez obtenido el ángulo mínimo de salida, que fue de 0.5 grados para la parte superior de las piezas de construcción, como se muestra en la Figura 9.



Figura 8. Acotamiento de 0.5 grados

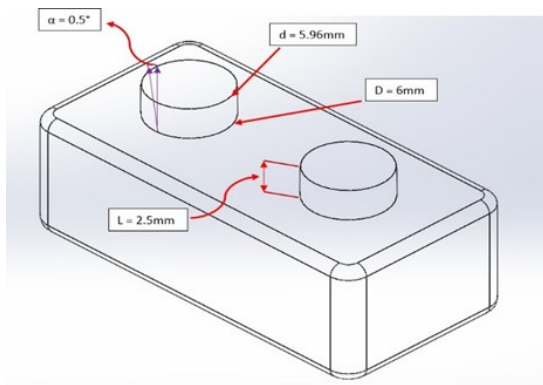


Figura 9. Medidas de parte superior

Ahora, faltan las caras laterales de la pieza, las cuáles también requieren de un ángulo de salida para la expulsión del molde, como se aprecia en la Figura 10.

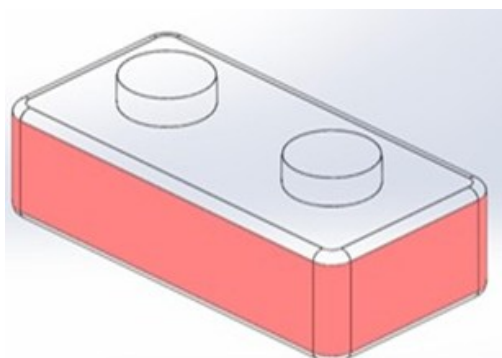


Figura 10. Caras laterales donde se aplicará el siguiente ángulo de salida

Según las normas de creación de ángulos de inclinación, tal cual lo menciona la página de PROTO LABS en su sitio web dónde brindan sugerencias de diseño para moldes de inyección de plásticos, en su artículo “Ángulos de Inclinación” dónde se mencionan 5 formas de utilizar el ángulo de inclinación para mejorar la maleabilidad de la pieza, se destaca en el segundo punto “Respetar Las Normas de Creación de Ángulos de Salida”, el cual indica que no existe tal cual un ángulo de inclinación estándar que sirva para cualquier diseño de piezas, debido a que se deben de tomar en cuenta ciertos factores como: grosores de las paredes, el tipo de material, el punto de

expulsión, entre otros, pero si menciona que se necesita 1 grado de ángulo de inclinación por cada 25 mm de profundidad de la cavidad, aunque esto puede variar debido a los factores mencionados anteriormente [8], como se observa en la Tabla 2. Señala también que:

Tabla 2. Ángulos de inclinación basados en la profundidad de la cavidad

Profundidad de la forma	Grosor/ ángulo de inclinación mínimo			
6,35mm	<1mm / 0,5°			
13mm	<1mm / 1°	1,5mm / 0,5°		
19mm	<1mm / 2°	1,5mm / 1°	2mm / 0,5°	
25mm		1,5mm / 2°	2mm / 1°	2,5mm / 0,5°
38mm			2mm / 2°	2,5mm / 1°
51mm				2,5mm / 2°

Una vez teniendo en cuenta las sugerencias anteriores, se va a aplicar el siguiente análisis a la Figura 11.

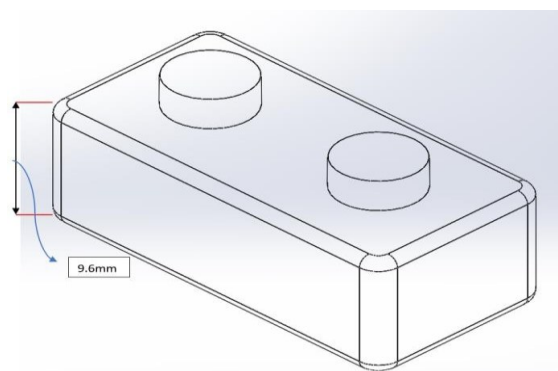


Figura 11. Altura de caras laterales

Para realizar este análisis habrá que suprimir los redondeos, esto por efectos de simulación, como se puede apreciar en la Figura 12.

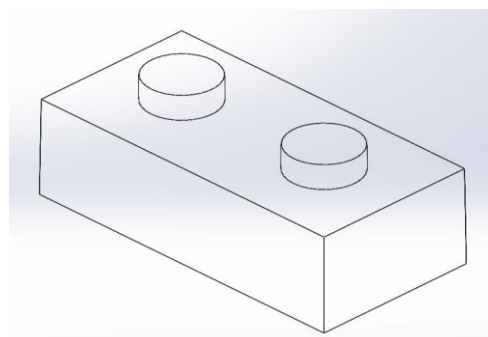


Figura 12. Redondeos suprimidos

Se aplica un ángulo en la extrusión de 0.5 grados, el cual es el mínimo recomendado por algunos fabricantes de moldes de inyección de plásticos. Esto es debido a que la altura de la pieza es de 9.6mm lo cual es muy

inferior a los 25mm y por ende el 1 grado que se debería de aplicar, esto para profundidades de cavidades del molde dónde se realizarían las piezas, tal y como se observa en la Figura 13.

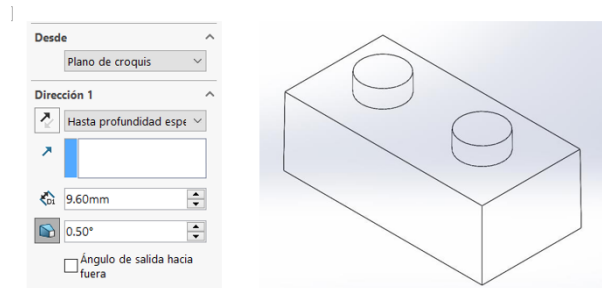


Figura 13. Aplicación de ángulo de 0.5 grados

De igual forma, el análisis para las islas superiores de las piezas de construcción se puede reutilizar para las cavidades donde se ensamblarán dichas islas, por la parte de abajo, como se aprecia en la Figura 14 y Figura 15.

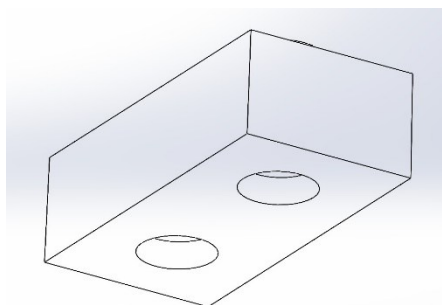


Figura 14. Cavidades inferiores

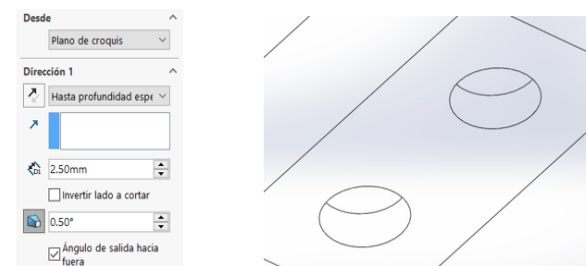


Figura 15. Aplicación de ángulo de 0.5 grados

Estas medidas sirvieron como base para el análisis posterior del ángulo de salida mínimo, además de investigar y evaluar las metodologías existentes relacionadas con la determinación del ángulo mínimo en piezas. Esto incluyó, la revisión de artículos de investigación y la adaptación de métodos adecuados a las necesidades específicas del proyecto.

Utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD) como SolidWorks, se llevó a cabo la simulación

y modelado de los bloques de construcción, incorporando la metodología desarrollada para calcular el ángulo mínimo de salida. Esto permitió la visualización y análisis virtual de las piezas. Se procedió a la impresión de modelos físicos, utilizando una impresora 3D. Estos modelos físicos serán replicados según las especificaciones obtenidas del modelado en SolidWorks. Los modelos generados físicamente se utilizaron para realizar pruebas físicas y experimentos prácticos [15].

Por último, se realizaron ajustes y correcciones en la metodología o en el diseño de las piezas según sea necesario para mejorar la precisión de los resultados.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En primer lugar, el análisis de ángulo de salida realizado mediante el software SolidWorks, específicamente en la pieza de construcción 2x1, reveló que un ángulo de 0.5 grados es suficiente para garantizar un correcto desmoldeo en condiciones ideales. Este hallazgo es relevante, ya que confirma que, en piezas con geometrías similares y sin texturización, ángulos mínimos pueden ser utilizados para facilitar la extracción sin comprometer la integridad de la pieza. Además, dado que las piezas 2x2, 3x2 y 4x2 comparten características similares, se aplicó el mismo análisis y se asumió que los ángulos de salida determinados serían igualmente efectivos, lo cual fue corroborado en las pruebas físicas.

Las pruebas físicas realizadas con las piezas impresas en 3D permitieron validar los resultados del análisis computacional. La utilización de la impresora 3D facilitó la creación de las cuatro piezas con las mismas medidas y características, permitiendo una comparación práctica del comportamiento de cada una durante el proceso de desmoldeo. Los ensambles realizados demostraron que, con los ángulos establecidos, las piezas pudieron ser extraídas sin daños ni deformaciones, cumpliendo así con el objetivo de facilitar el proceso de desmoldeo y reducir la fricción.

Un aspecto importante observado fue que, en las piezas con superficies texturizadas, la dificultad para su expulsión aumentó, requiriendo un ángulo de desmoldeo adicional para facilitar su liberación. Esto confirma la hipótesis de que superficies texturizadas incrementan la fricción, lo que puede dificultar el proceso de desmoldeo si no se ajustan los ángulos de salida en consecuencia. Se recomienda considerar un aumento en el ángulo de desmoldeo en piezas con superficies texturizadas para evitar problemas durante la fabricación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos responden satisfactoriamente a los objetivos planteados, demostrando que el análisis computacional puede ser una herramienta efectiva para determinar el ángulo de salida mínimo en diferentes piezas. Además, las pruebas físicas validaron estos hallazgos, evidenciando que los ángulos determinados permiten un desmoldeo eficiente en condiciones controladas. Sin embargo, se destaca la importancia de ajustar estos ángulos en función de las características superficiales de las piezas, especialmente en casos de superficies texturizadas, para garantizar un proceso de fabricación óptimo y sin daños.

Este análisis no solamente se puede aplicar para este tipo de piezas en particular, sino que, al tener una base redonda (las islas de las piezas) el análisis que se utilizó se puede aplicar perfectamente, siempre y cuando se contemplen las medidas ya que, si la pieza es más grande o pequeña, el ángulo variará con respecto a estas, además de asegurar un correcto desmoldeo al momento de ser fabricadas con una máquina de inyección plástica.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro profundo agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes por su valioso respaldo en el desarrollo de este proyecto. En especial, reconocemos la importante colaboración del área de laboratorios de la Institución, cuyo apoyo fue fundamental para realizar los análisis y pruebas que permitieron obtener los resultados presentados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Chao, E. (2022). Ambiente Plástico. “James Watson Hendry: el genio al que no le faltaba ningún tornillo”. Disponible en: <https://www.ambienteplastico.com/james-watson-hendry-el-genio-al-que-no-le-faltaba-ningun-tornillo/>.
- [2] Privarsa. (2017). “La Inyección de Plástico: Una Historia De Éxito”. Disponible en: <https://www.privarsa.com.mx/la-inyeccion-plastico-una-historia-exito/>.
- [3] ABIS. (2018). Historia de moldeo por inyección. Disponible en: <https://www.abismoldengineering.com/info/injection-moulding-history-26446991.html>.
- [4] Delta Engineering. (2016). Inyección. Delta Engineering. Disponible en: <https://www.es.delta-engineering.be/inyecci%C3%B3n>.

- [5] S.A.S, A. (2020). SOLIDWORKS LATAM y España. “Conozca cómo evitar el atasco en las paredes de su molde por medio del análisis de ángulos de salida”. Disponible en: <https://blogs.solidworks.com/solidworkslatamyesp/solidworks-blog/solidworks/conozca-como-evitar-el-atasco-en-las-paredes-de-su-molde-por-medio-del-analisis-de-angulos-de-salida/>.
- [6] Jensen (1990). Dibujo y diseño de Ingeniería. ISBN 968-6046-77-1, Editorial Mc GRAW HILL.
- [7] Keyence Corporation (2024). Aprenda acerca del maquinado. ¿Qué es el moldeo por inyección? Disponible en: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp>.
- [8] Protolabs. (2020). Ángulo de desmoldeo. Disponible en: <https://www.protolabs.com/es-es/recursos/insight/angulo-de-desmoldeo/>.
- [9] RevPart, Inc. (s.f.). Draft angles for injection molding: Best practices. RevPart. Disponible en: <https://revpart.com/draft-angles-for-injection-molding/>.
- [10] RevPart, Inc. (s.f.). Profundidad característica y ángulo de inclinación mínimo en moldeo por inyección. Disponible en: <https://www.rapiddirect.com/es/blog/injection-molding-draft-angle/#:~:text=El%20objetivo%20de%20esta%20gu%C3%ADa,en%20el%20moldeo%20por%20inyecci%C3%B3n>.
- [11] Childerstone, J. (2024). Get It Made. Características principales de los ángulos de inclinación. Disponible en: <https://get-it-made.co.uk/resources/draft-angles-for-injection-moulding>.
- [12] Hernández-Sampieri, R., Mendoza-Torres, C. P., & Baptista-Lucio, P. (2022). Metodología de la investigación (7.ª ed.). McGraw-Hill Education. pág. 15.
- [13] Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2022). Fundamentos de investigación (3.ª ed.). McGraw-Hill Education. pág. 208.
- [14] Bennett, Lucas (2024). Rapid Direct. Ángulo de inclinación para moldeo por inyección: guía de diseño y mejores prácticas. Disponible en: <https://www.rapiddirect.com/es/blog/injection-molding-draft-angle/>.
- [15] SOLIDWORKS (2025). La solución CAD 3D para el diseño y desarrollo de productos. Disponible en: <https://www.solidworks.com/es>.