

Estudio experimental de la formación de porosidad por ingestión de aire en la etapa lenta de procesos de fundición por inyección

DPI2001-1390-C02-01

Investigador principal:
Félix Faura Mateu

Investigadores:
Rosendo Zamora Pedreño
Manuel Estrems Amestoy
Juan José Hernández Ortega
Horacio Sánchez Reinoso
José Sanes Molina



Universidad Politécnica de Cartagena. 6 de mayo de 2004

DPI2001-1390-C02-01

FINANCIACIÓN

Plan Nacional de I+D+I (2000-2003)

Entidad Financiadora: CICYT - FEDER

Costes Directos Totales: 103.374,09 €

Duración: 28/12/2001 - 27/12/2004

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

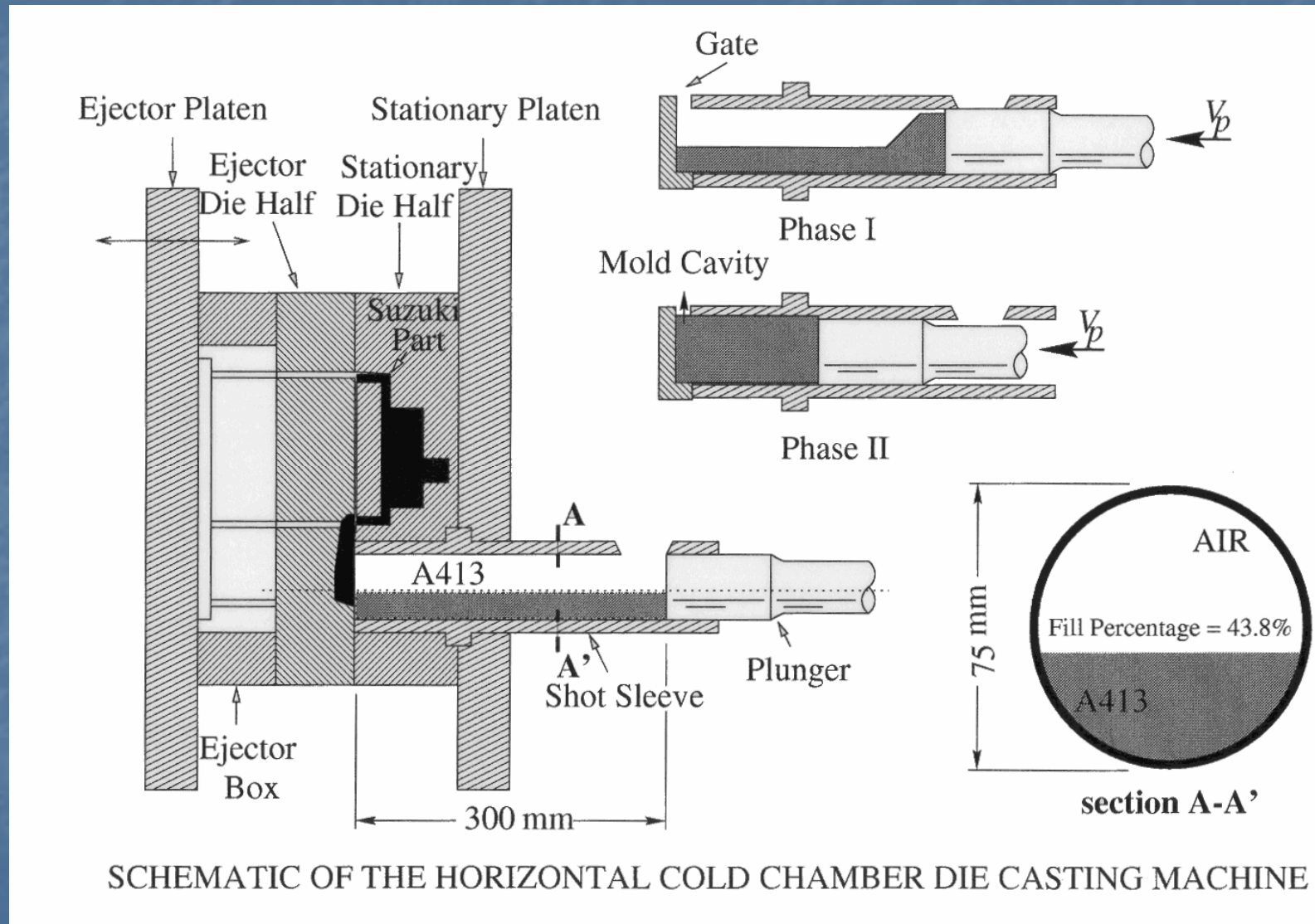
UPCT

UNED

EPO'S

- IZAR (Bazán)
- ROBERT BOSCH ESPAÑA
- TEDFUN
- FAGOR
- SANTANA-MOTOR
- RUFFINI
- TECFISA
- PRETRANSA

Proceso de inyección



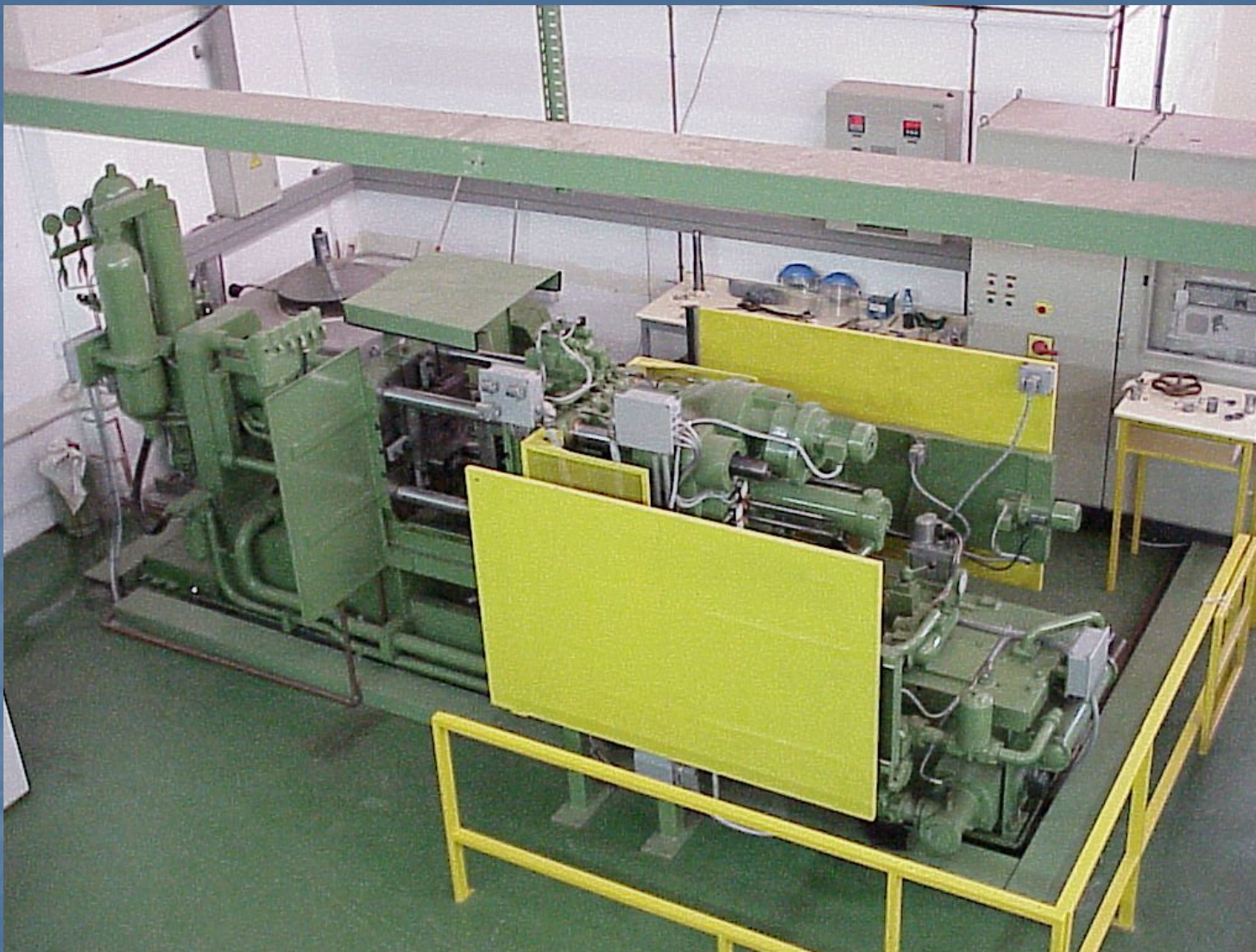
Objetivo principal del proyecto

Establecer experimentalmente, para diferentes condiciones de operación (fracción inicial de llenado, ley de movimiento del pistón, etc.), relaciones entre:

los niveles de porosidad de piezas fabricadas

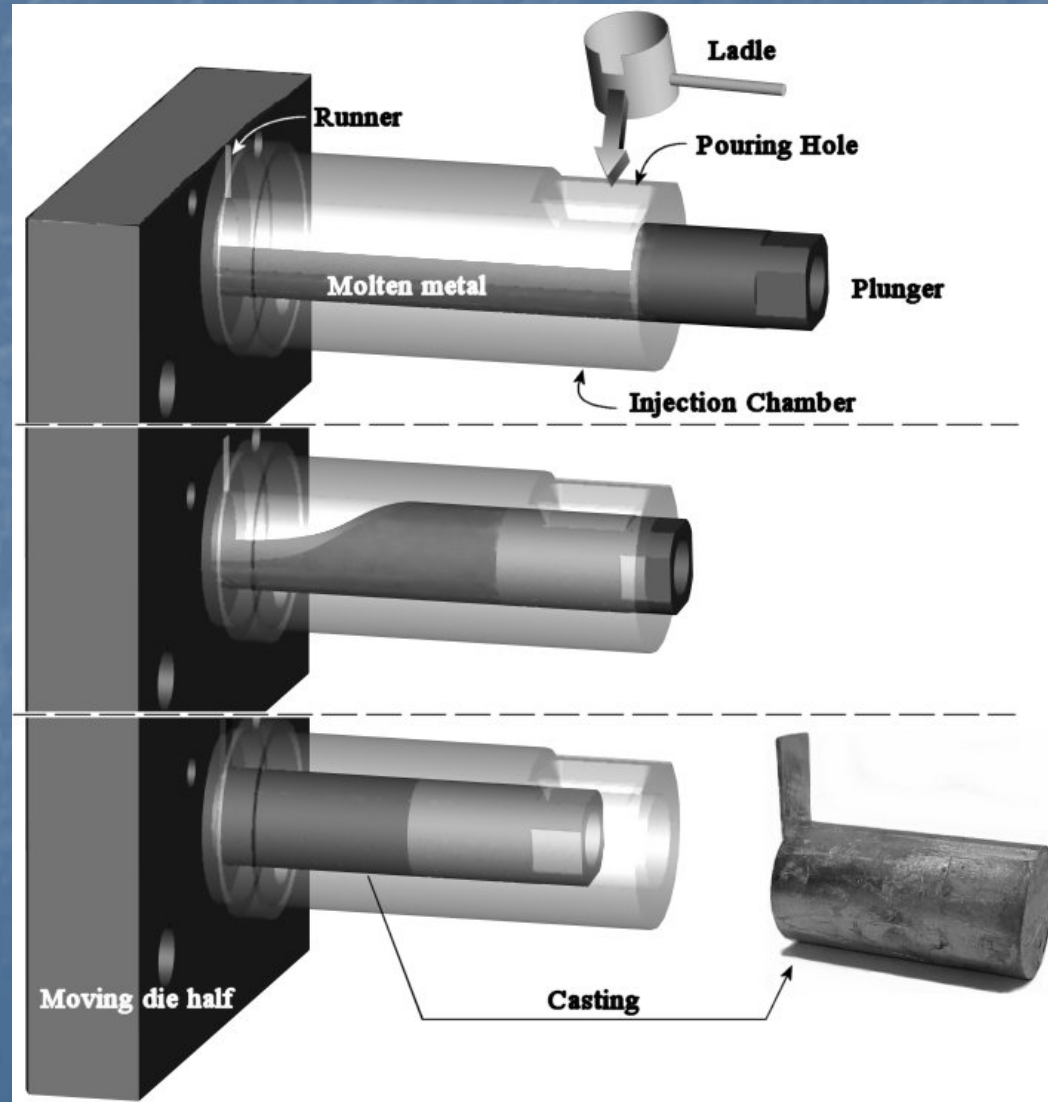
y características del flujo en la cámara de inyección

Instalación de fundición

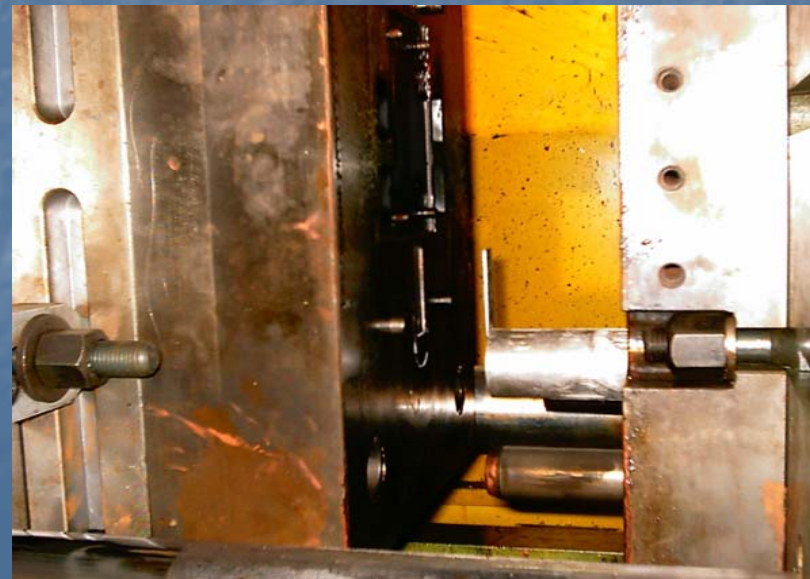
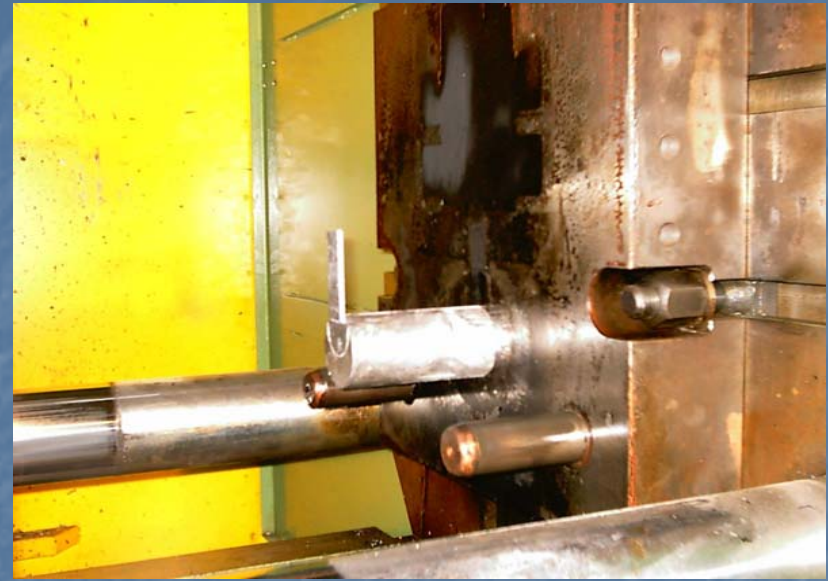
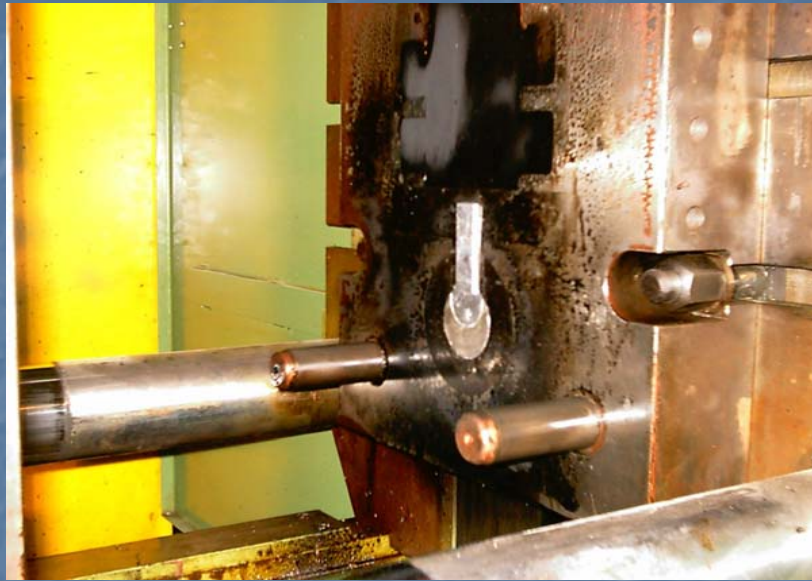


Máquina de inyección de 1.500 kN, adquirida en el año 2000
con cargo al proyecto 1FD97-2333

Configuración de la máquina para el estudio de la etapa lenta de inyección



Ejemplo de fabricación de piezas de ensayo



Condiciones de operación de los ensayos efectuados

		Volumetric initial filling fraction		
		25.2 %	37.4 %	50 %
Injection speed (m s ⁻¹)	<i>Min.</i>	0.190	0.174	0.347
	<i>Max.</i>	0.858	0.839	0.745
No. of castings	<i>Manuf.</i>	203	230	137
	<i>Analyzed</i>	121	107	82
	<i>Evaluated</i>	71	63	50
Casting weight (g)	<i>Min.</i>	330	491	660
	<i>Max.</i>	343	505	674

Rangos de condiciones experimentales



Piezas clasificadas en función de la velocidad máxima del pistón para una fracción de llenado de 25.2%, Ø 50

Método clásico gravimétrico de Arquímedes

Balanza hidrostática



Medida en agua



Medida en aire



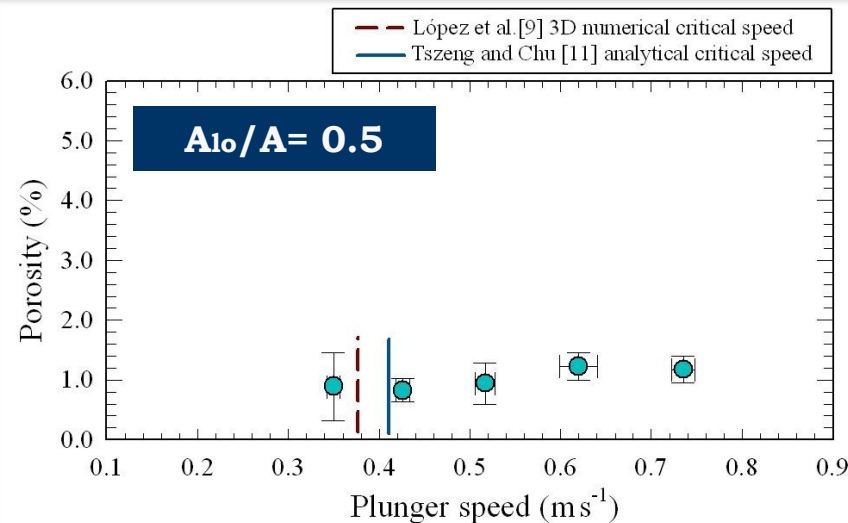
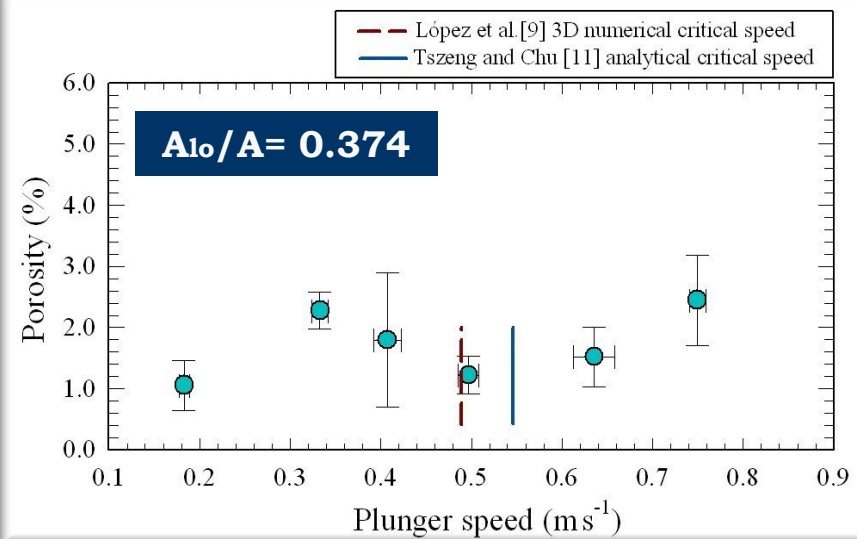
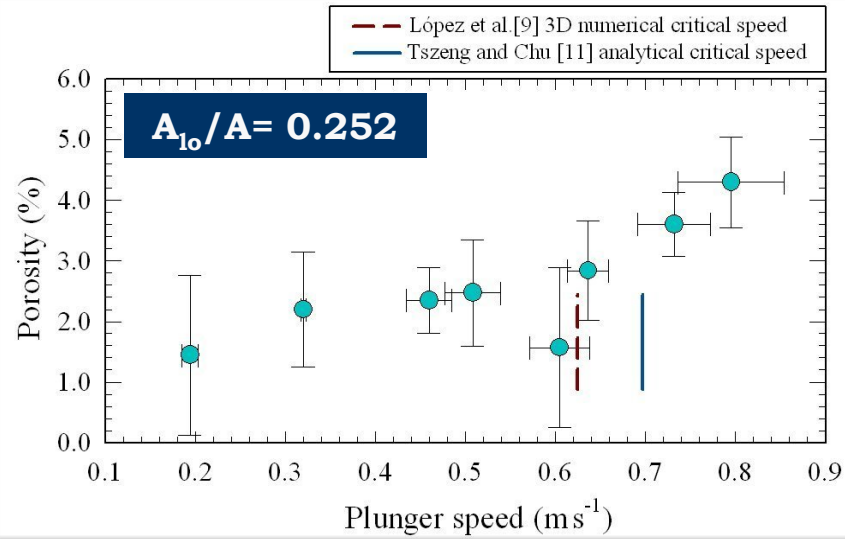
Densidad resultante, ρ_p



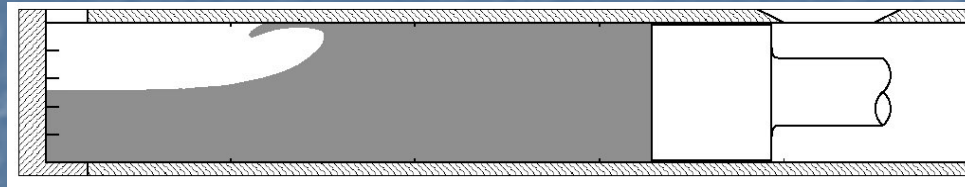
$$\text{Porosity}(\%) = \frac{\rho_0 - \rho_p}{\rho_0}$$

Determinación de la densidad de la pieza mediante una balanza hidrostática

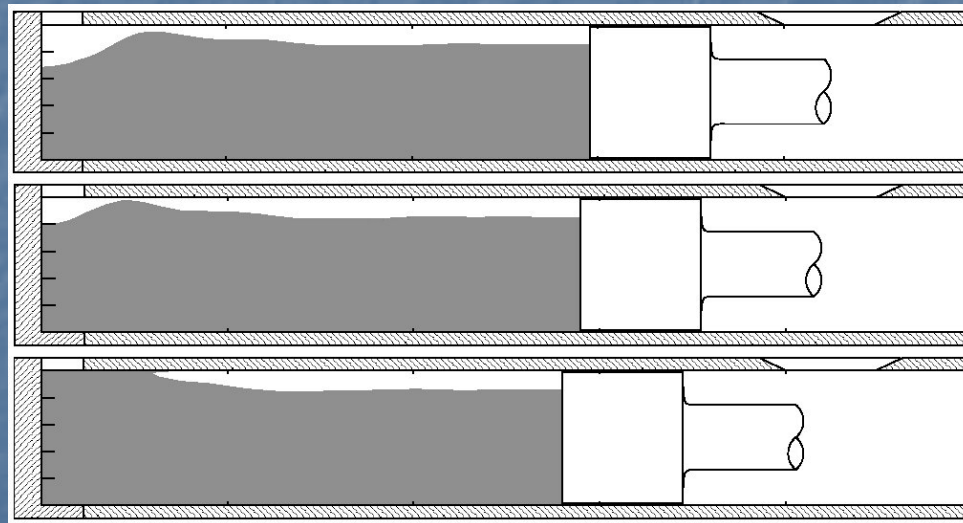
Comparación de la velocidad máxima óptima del pistón con predicciones teóricas previas



Mecanismos de atrapamiento de aire en la cámara de inyección



(a) Velocidad máxima del pistón excesivamente alta

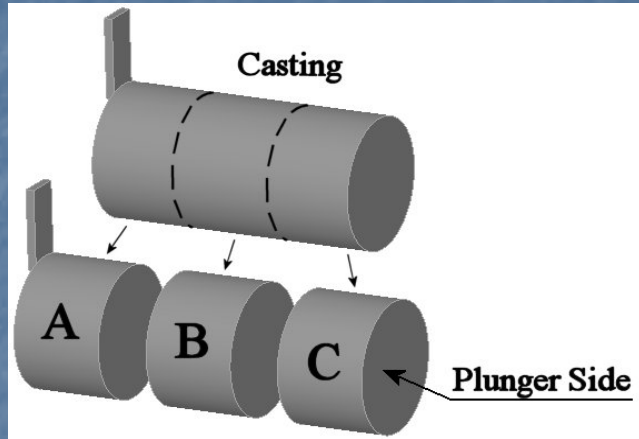


(b) Velocidad máxima del pistón excesivamente baja

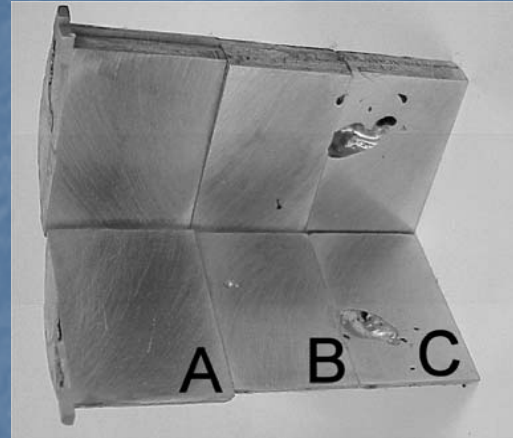


Ejemplo de piezas inyectadas en condiciones similares a las del caso (a)

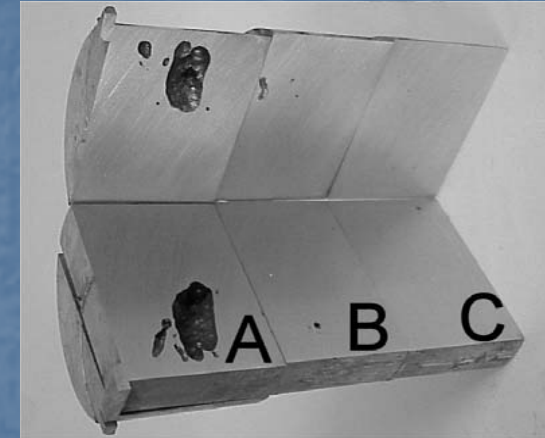
Identificación de las regiones de ingestión de aire para distintas condiciones de operación



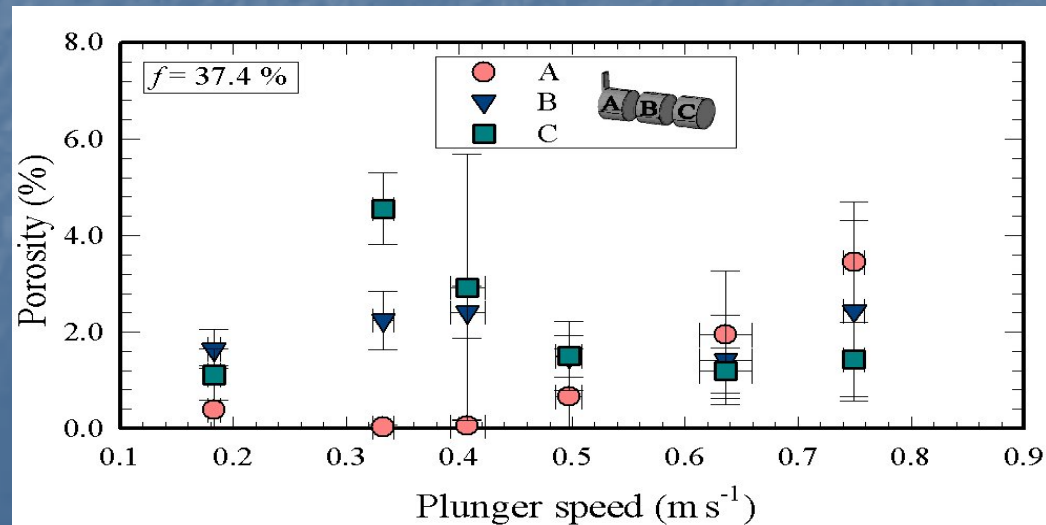
División de las piezas en diferentes regiones



Velocidad máxima del pistón baja



Velocidad máxima del pistón alta



Ejemplo de porosidad medida en las regiones a, b y c

Sistema de fusión al vacío para la medida de porosidad en piezas fabricadas de aluminio



Transductores de presión



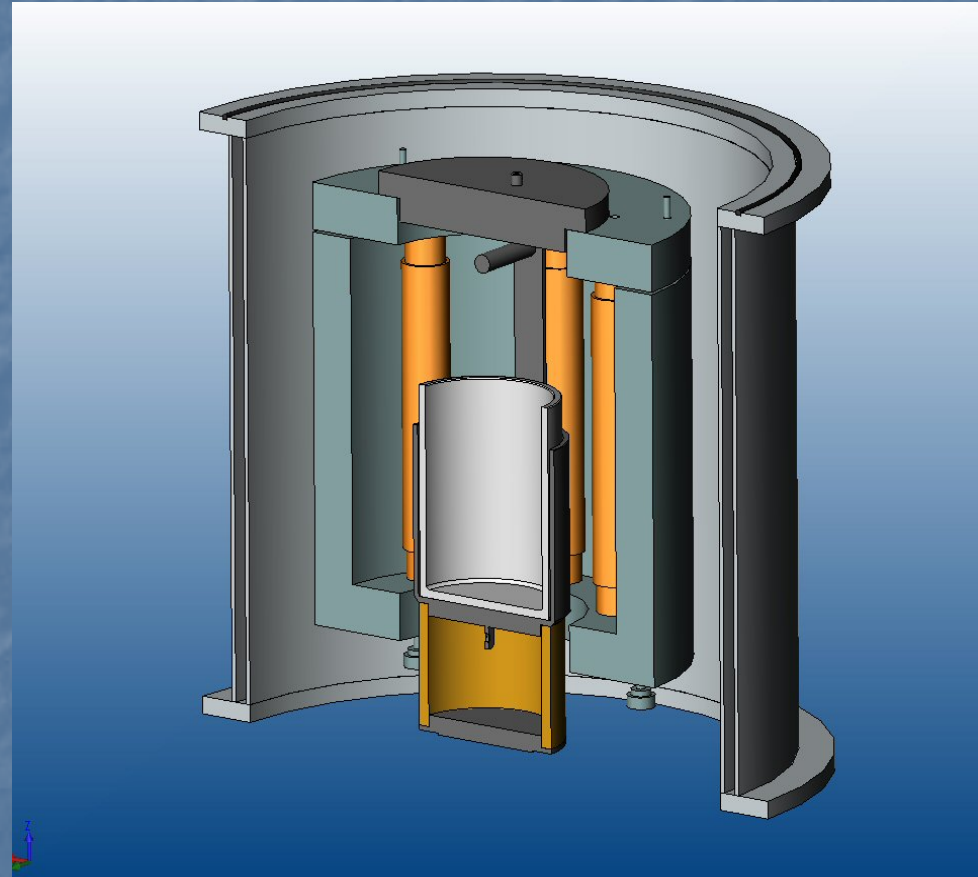
Bombas de vacío



Esquema del horno de fusión y de la cámara de vacío



Horno de fusión

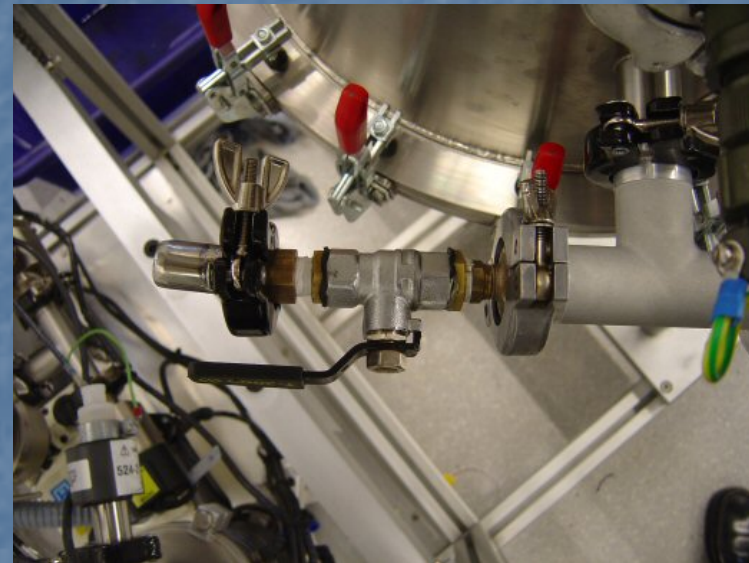


Sección del conjunto horno, crisol, cámara y elementos auxiliares

Construcción de patrones con diferentes volúmenes de gas para la calibración del sistema

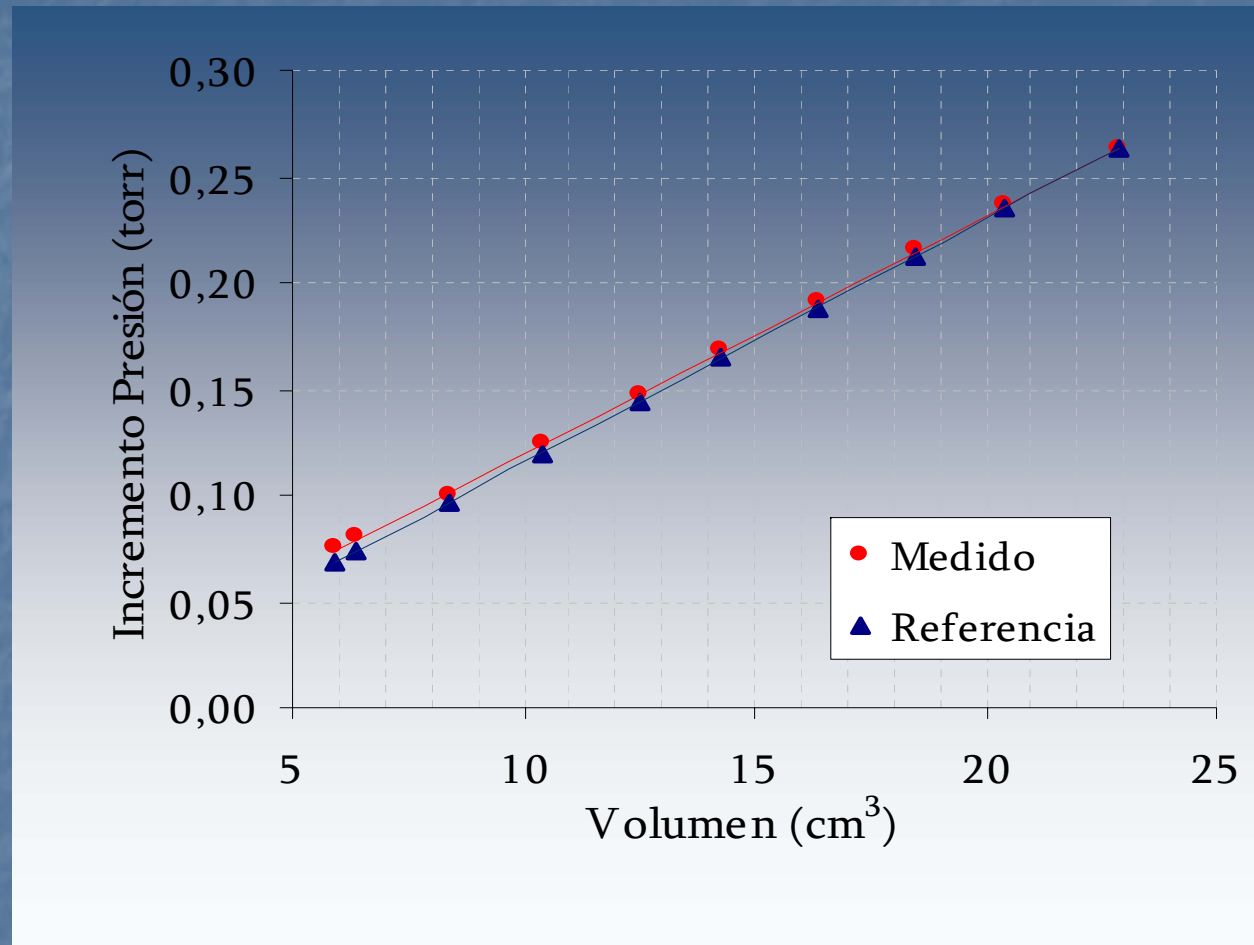


Patrones construidos



Conexión de una probeta a la cámara de vacío

Resultados de la calibración del sistema de vacío



Incremento de presión medido en función del volumen de gas liberado en la cámara de vacío

Problemas encontrados y soluciones aportadas

“Aislamiento térmico del horno en condiciones de vacío”

- Problemas para conseguir niveles de alto vacío con fibra aislante



- Problemas de temperatura (radiación) al sustituir la fibra por placas metálicas

- Problemas de aislamiento en la alimentación eléctrica del horno al aislar la fibra



Problemas encontrados y soluciones aportadas

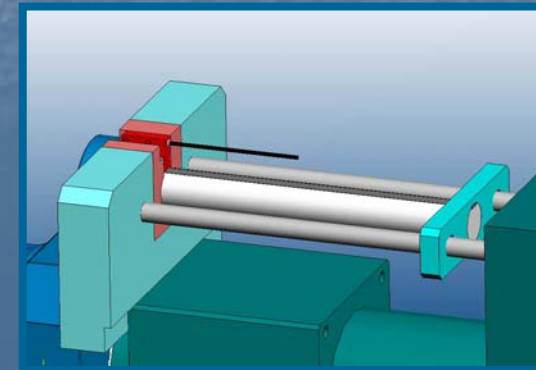
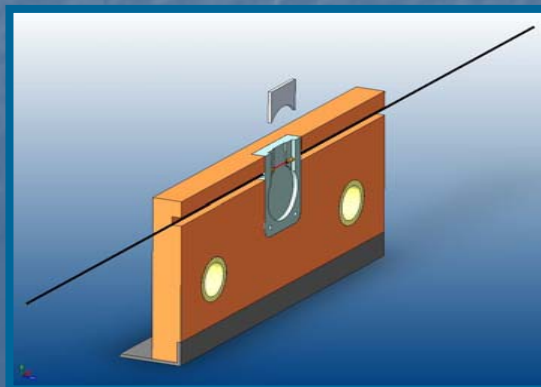
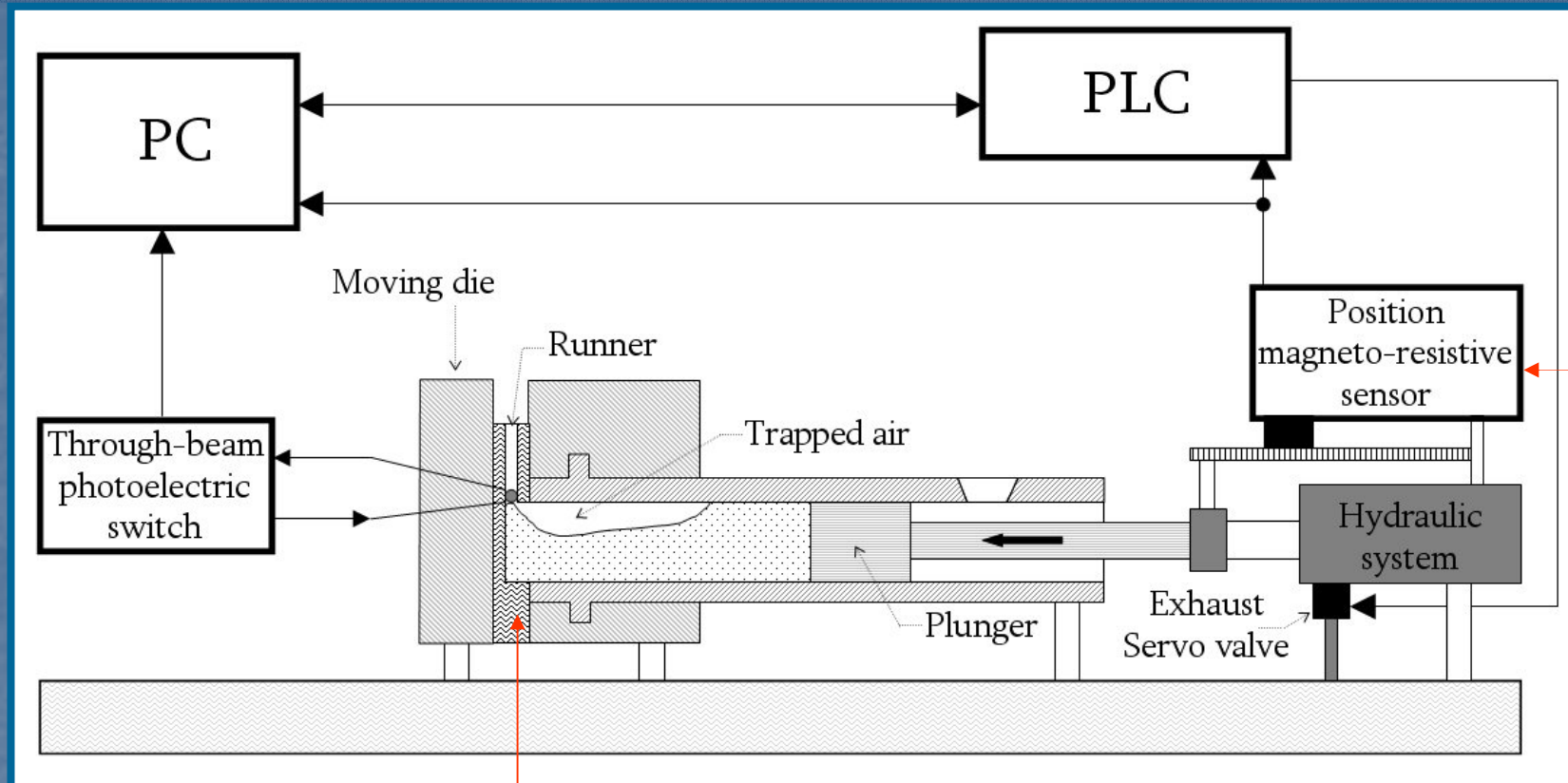
- Problemas de estanqueidad en uniones soldadas



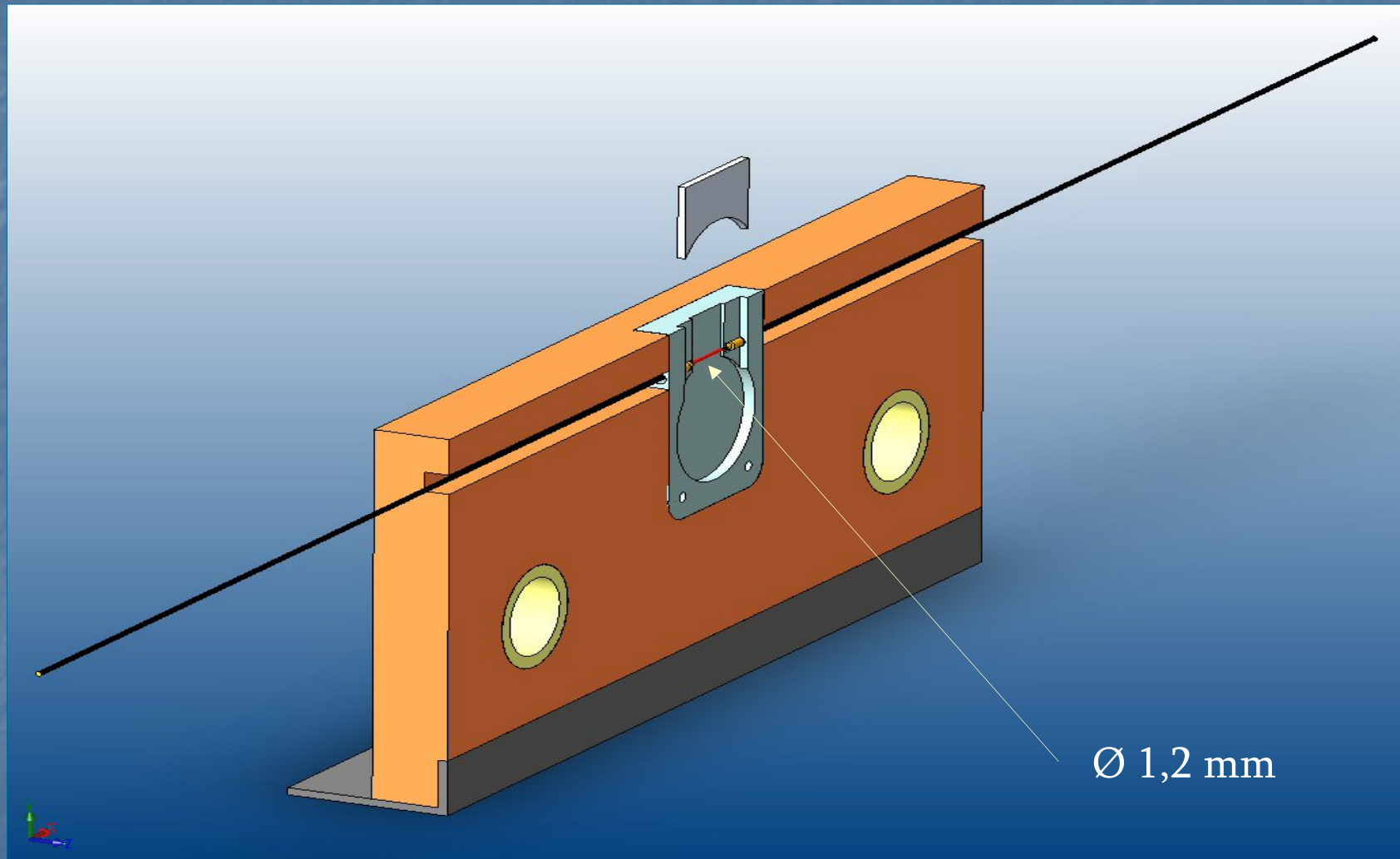
- Diseño actual del horno



Esquema del sistema construido para la determinación de cantidades de aire atrapado

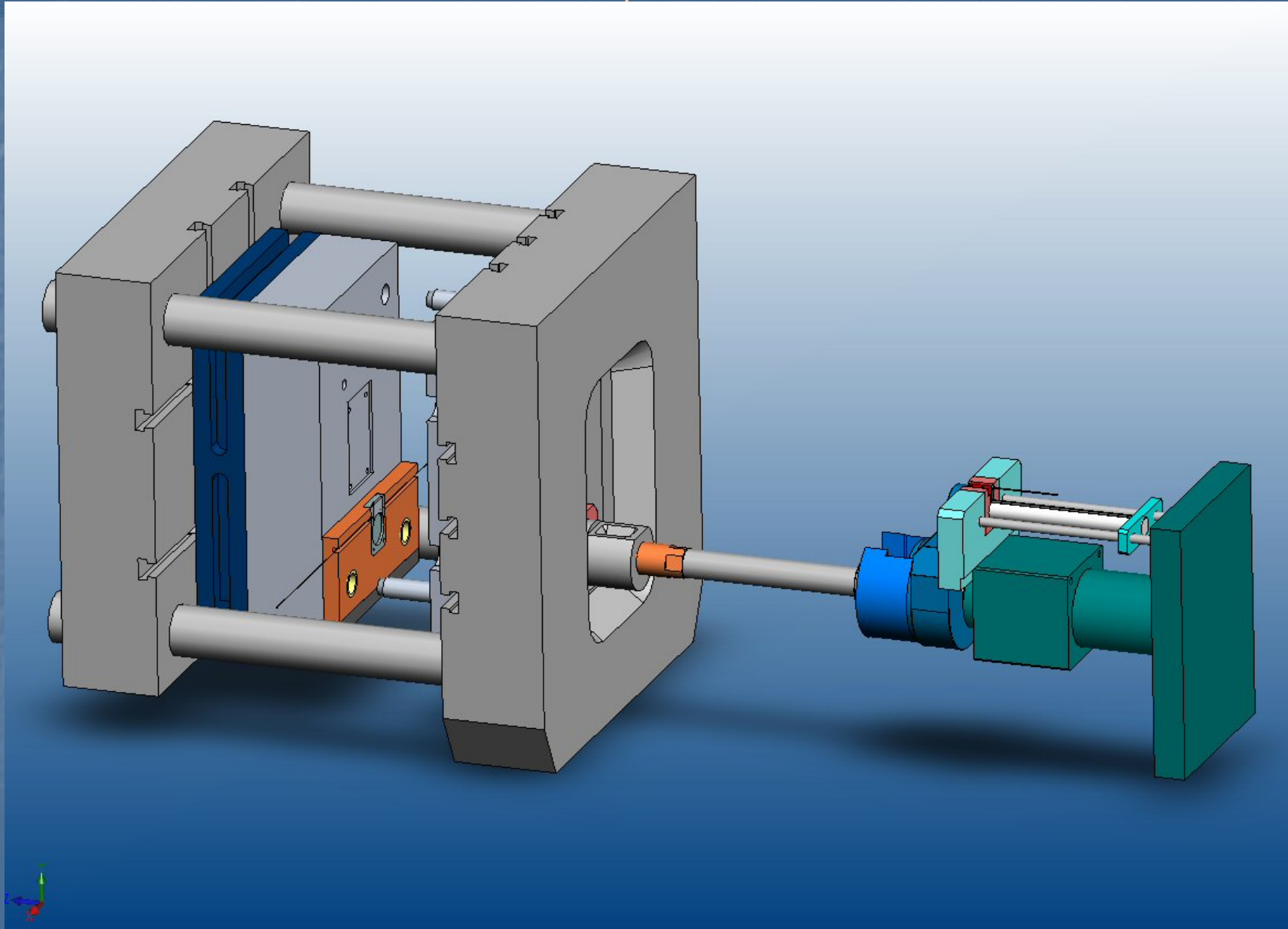


Dispositivo con sensor óptico para determinar el instante de cierre de la cámara de inyección



Dispositivo para alojamiento de la barrera de fibra óptica

Esquema general del dispositivo instalado en la máquina de inyección



Vistas detalladas del sistema instalado



Encoder lineal
Resolución 0,1 mm



Dispositivo

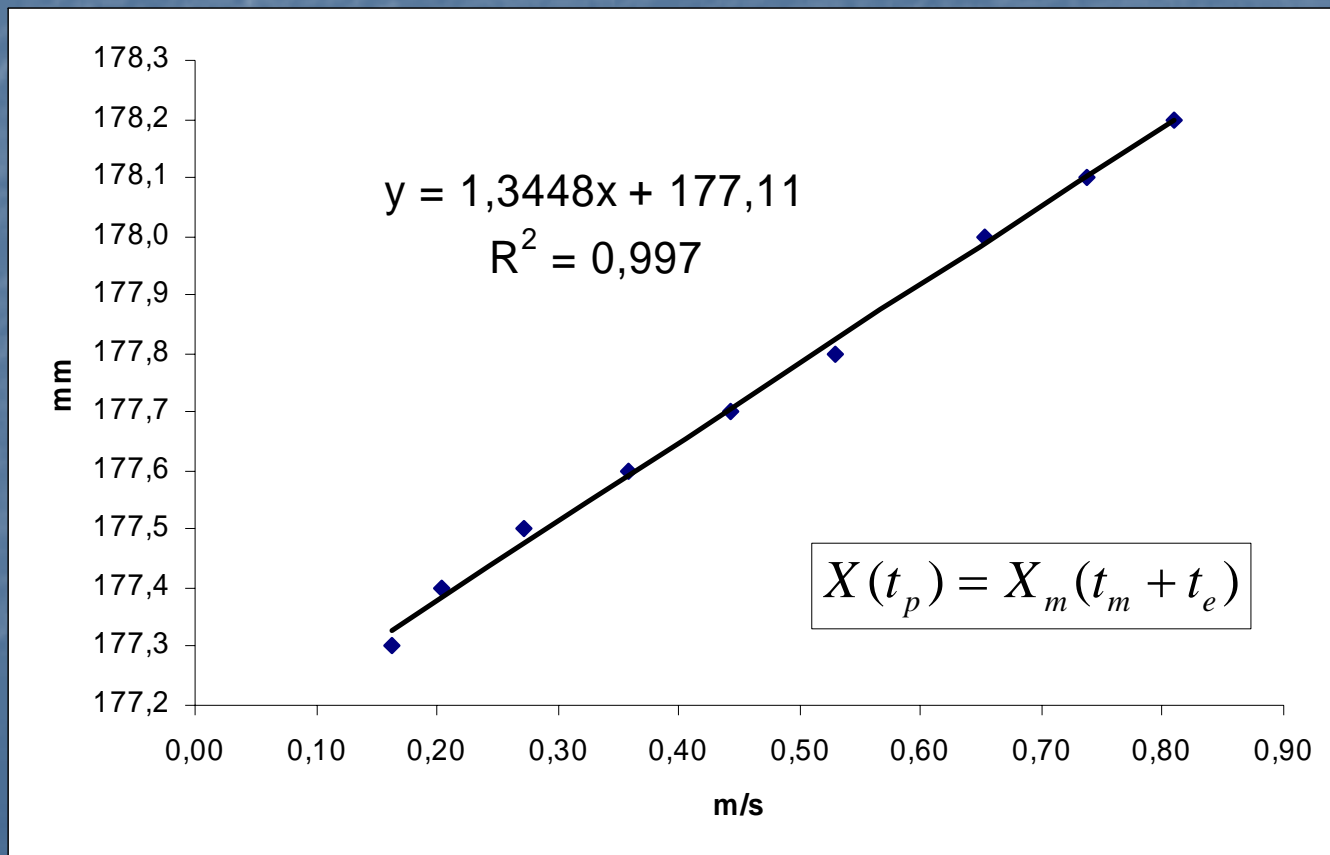
Sensor Fotoeléctrico
Switching time 0,5 ms



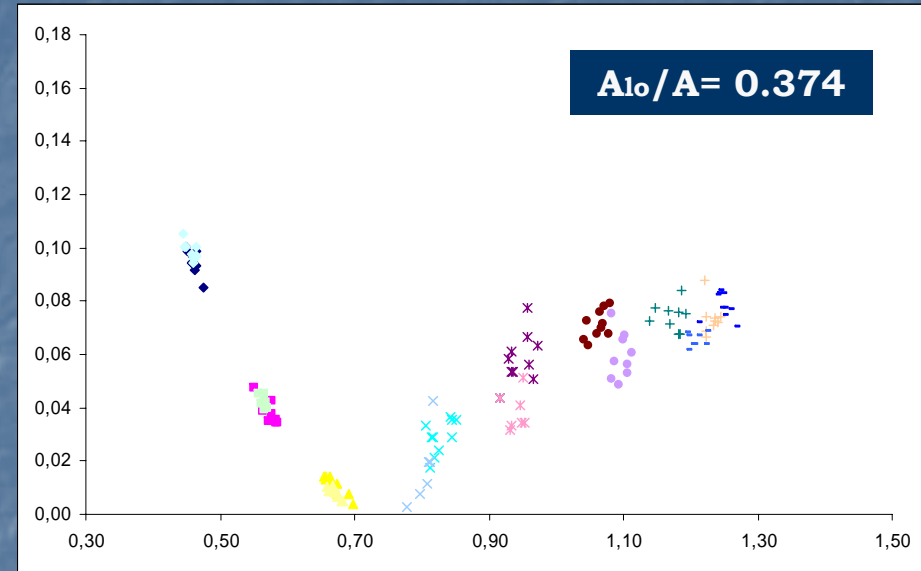
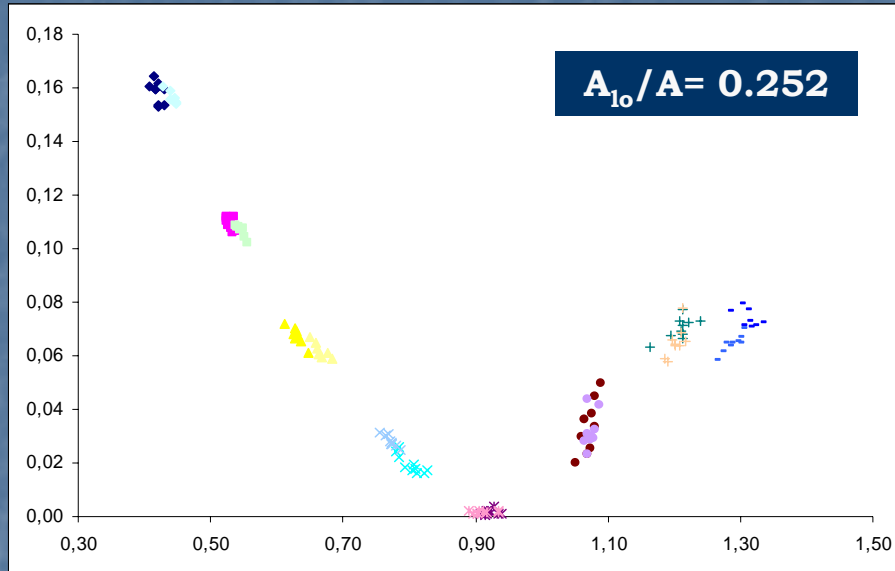
Cálculo de la cantidad de aire atrapado

Ensayos con agua

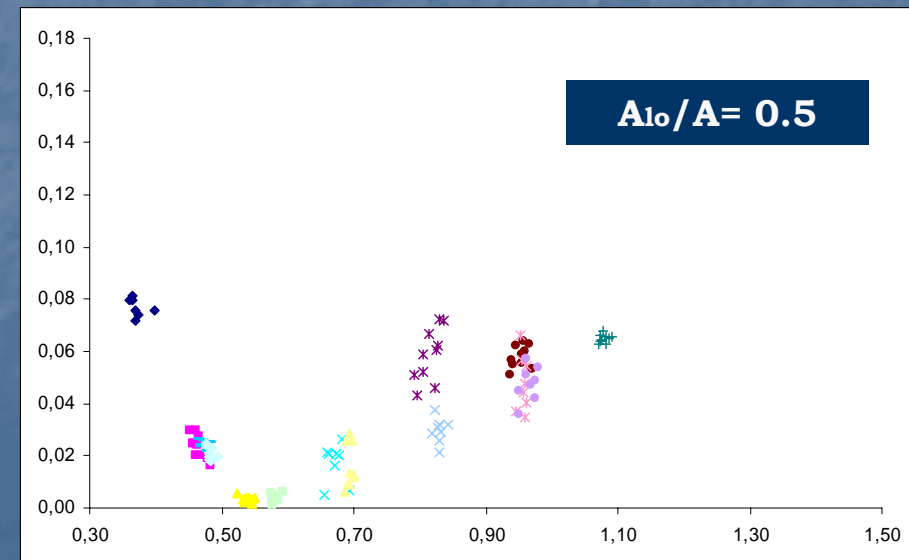
$$\frac{V}{AL} = 1 - \frac{X(t_p)}{L} - \frac{A_{l0}}{A}$$



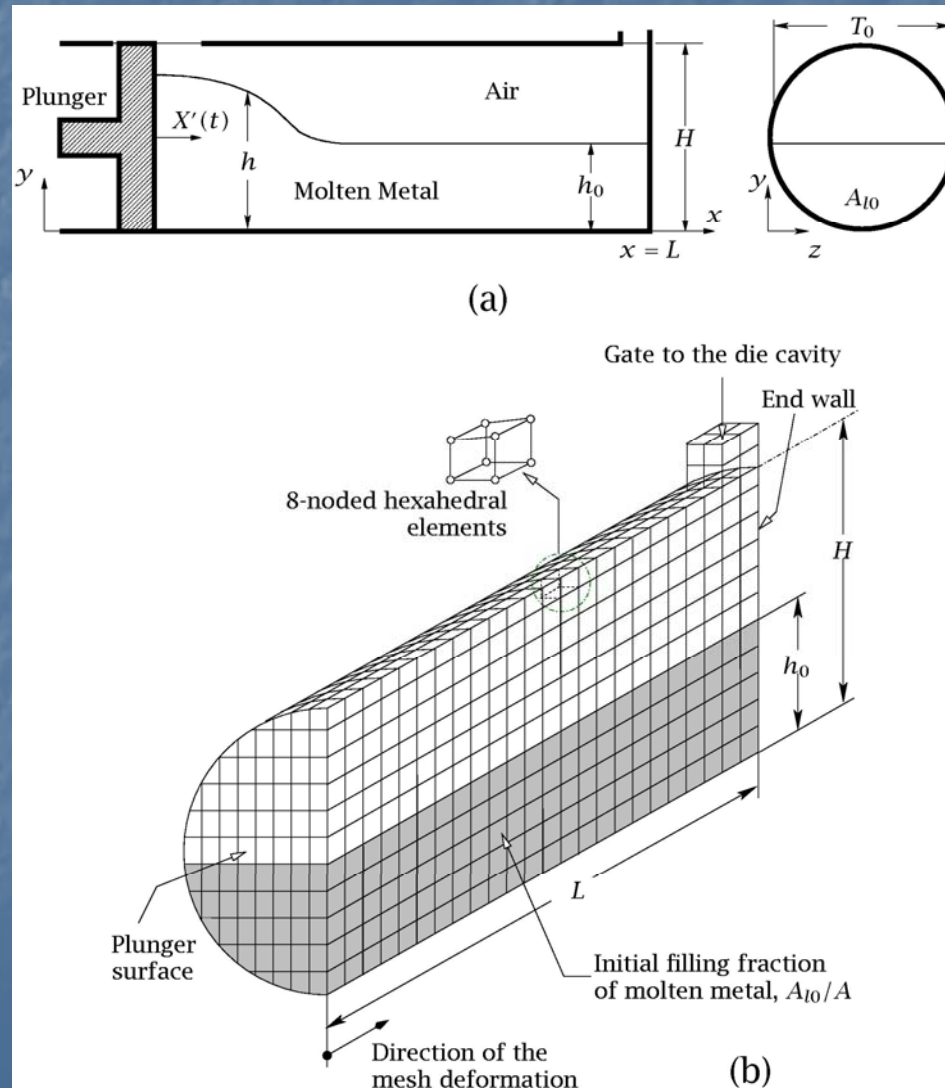
Resultados del volumen de aire atrapado obtenidos con agua como material de trabajo



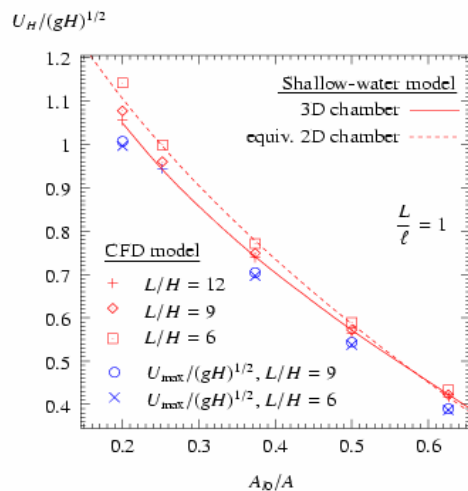
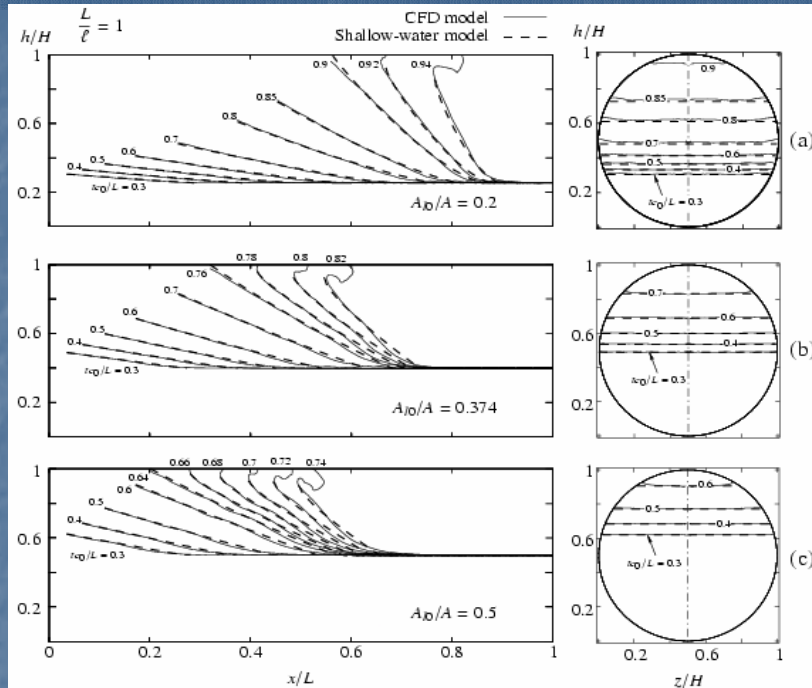
Excelente grado de agrupamiento experimental



Modelos desarrollados para el estudio de los efectos tridimensionales del flujo en la cámara



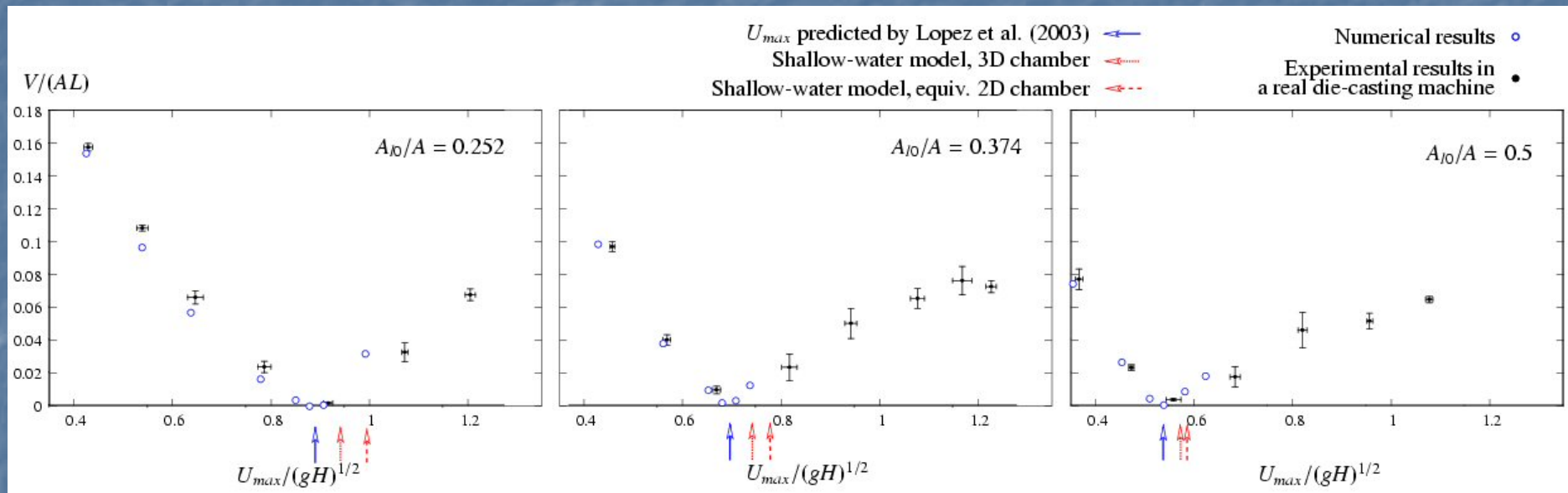
Algunos resultados obtenidos con modelos analíticos y numéricos desarrollados por el grupo



Formación de un chorro de líquido en el techo de la cámara

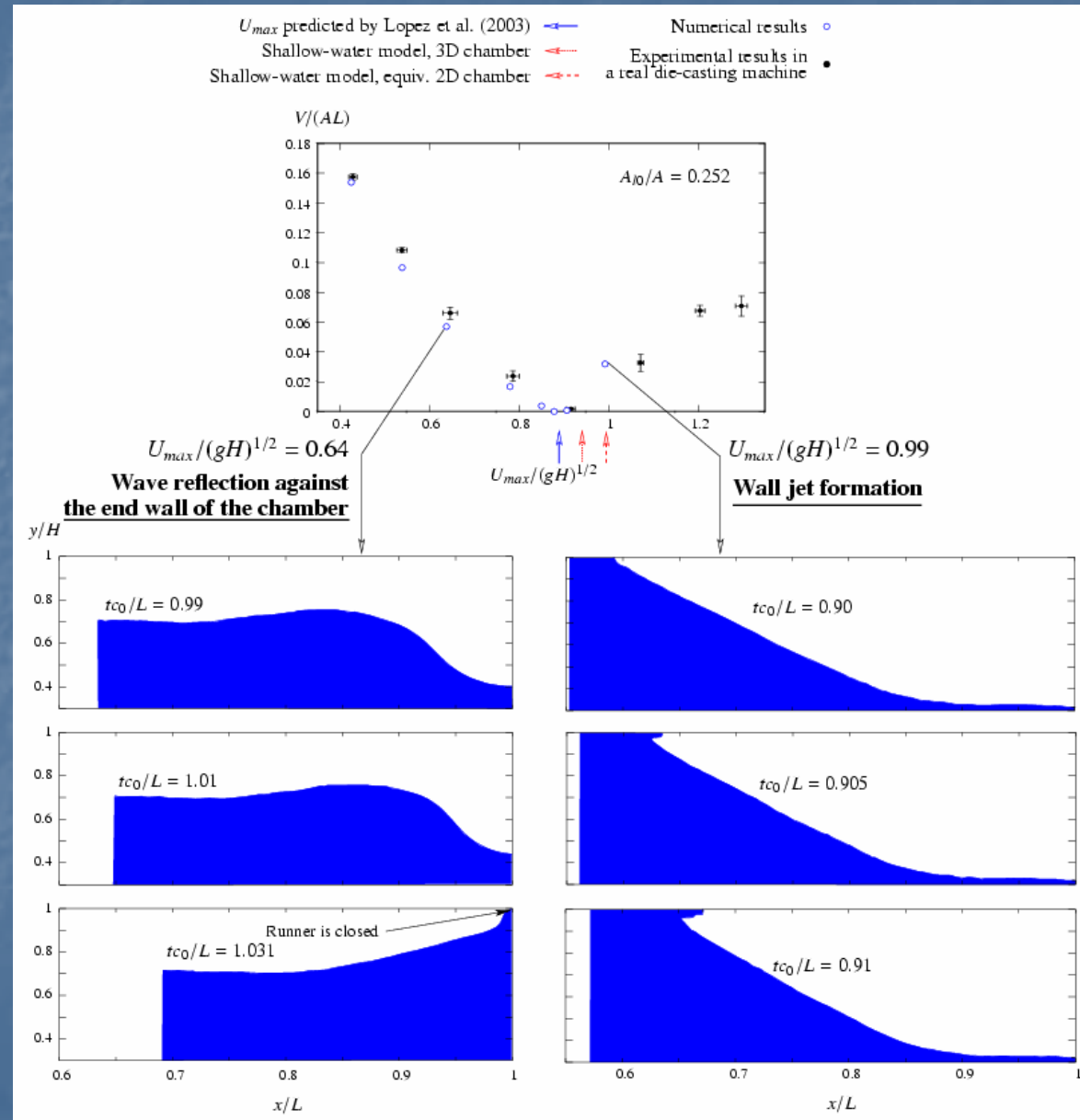
Predicciones analíticas y numéricas de la velocidad máxima óptima del pistón

Comparación entre resultados teóricos y experimentales



“Se observa una excelente concordancia cuantitativa”

Comparación entre resultados teóricos y experimentales



Continuidad de la investigación

- ✓ Desarrollo de un nuevo sistema óptico que permita cuantificar, usando metales fundidos, las cantidades de aire que queden atrapadas dentro de la cámara de inyección en el instante en el que el líquido alcance la entrada a la cavidad del molde
- ✓ Estudio de la influencia de los efectos de la tensión superficial del metal fundido en la cantidad de aire atrapado. Se empleará agua y, posiblemente, otros materiales de bajo punto de fusión junto con distintas aleaciones metálicas
- ✓ Estudio de diseños alternativos de la cámara de inyección que optimicen el rendimiento del proceso de inyección y reduzcan los niveles de porosidad por atrapamiento de aire

Conclusiones finales

1. A pesar de las dificultades técnicas encontradas durante la construcción del sistema de fusión al vacío, su fabricación ha concluido satisfactoriamente. Actualmente se está llevando a cabo la calibración del equipo así como las primeras mediciones de porosidad en piezas fabricadas.

2. Las mediciones de los niveles de porosidad realizadas hasta el momento usando el método clásico gravimétrico de Arquímedes así como los resultados del volumen de aire atrapado obtenidos mediante el dispositivo óptico instalado en la cámara de inyección, han permitido establecer experimentalmente valores óptimos de las condiciones de operación que minimicen los niveles de porosidad en las piezas fabricadas

Conclusiones finales

3. Se ha obtenido una excelente concordancia cuantitativa entre los resultados numéricos y experimentales para condiciones en las que no se producen roturas de olas o chorros de pared en la cámara de inyección.

Se ha verificado la reducción a cero de la cantidad de aire atrapado predicha por López et al. (2000) cuando se usa la ley de aceleración óptima propuesta por el grupo investigador en anteriores trabajos.

Asimismo se han establecido rangos de validez de modelos más sencillos que, por su simplicidad, son de gran utilidad para la selección de condiciones adecuadas de operación. También se han desarrollado nuevos modelos para la simulación de flujos interfaciales que tienen lugar en procesos de fundición.

Conclusiones finales

4. Se ha obtenido experimentalmente, para una cámara real de sección transversal circular y distintos valores de la fracción inicial de llenado, el valor óptimo de la velocidad máxima del pistón que minimiza la cantidad de aire atrapado .

Resultados. Publicaciones

Artículos científicos publicados * (actualizado ene-06)

J. Hernández, J. López, F. Faura, y P. Gómez, “Analysis of the Flow in a High-Pressure Die Casting Injection Chamber”, ASME J. Fluids Eng. 125 (2003), pp. 315-324.

J. López, F. Faura, J. Hernández y P. Gómez, "On the Critical Plunger Speed and Three-Dimensional Effects in High-Pressure Die Casting Injection Chambers“, ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, 125(3), pp. 529-537 (2003).

J. López, J. Hernández, P. Gómez y F. Faura, “A Volume of Fluid Method Based on Multidimensional Advection and Spline Interface Reconstruction“, Journal of Computational Physics, 195, pp. 718-742 (2004)

J. Hernández, J. López, P. Gómez y F. Faura, “An Improved PLIC-VOF Method for Tracking Thin Fluid Structures in Incompressible Two-Phase Flows” Journal of Computational Physics, Vol. 208, No. 1, pp. 51-74, 2005, Elsevier Science, Switzerland (ISSN: 0021-9991) DOI j.jcp.2005.01.031

Artículos científicos pendientes de publicación * (actualizado ene-06)

R. Zamora, F. Faura, J. López y J. Hernández,
“Experimental Verification of Numerical Predictions for the Optimum Plunger Speed in the Slow-phase of a High-pressure Die Casting Machine,” International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Aceptado (Paper Ref: 05062)

Resultados. Publicaciones

Ponencias presentadas en Congresos * (actualizado ene-06)

R. Zamora, J. Sanes, F. Faura, J. López y J. Hernández,
"An Experimental Study of the Critical Plunger Speed in Die Casting Injection Chambers,"
The 6th International ESAFORM Conference on Material Forming
Salerno, Italia (2003), pp. 39-42.

R. Zamora, J. Sanes, F. Faura, J. López y J. Hernández,
"Experimental Investigation of Air Entrapment Effects in Die Casting Injection Chambers,"
The 6th International ESAFORM Conference on Material Forming
Salerno, Italia (2003), pp. 71-74.

J. López, J. Hernández y F. Faura,
"Comparison of 1D and 3D Models for Flow Analysis in Die Casting Injection Chambers,"
The 6th International ESAFORM Conference on Material Forming
Salerno, Italia (2003), pp. 635-638.

R. Zamora, J. Hernández, J. López, F. Faura, P. Gómez,, "Numerical and experimental study of interface dynamics and air entrapment in diecasting injection chambers", Proceedings of the 8th International ESAFORM Conference on Material Forming, Cluj Napoca, Rumania, (2005) Vol I, pp. 145-148.



Universidad Politécnica de Cartagena