

José Federico Hernández Sánchez

Por Verónica Benítez Escudero

José Federico Hernández Sánchez impartió la conferencia “Coalescencia, esparcimiento y desmojado” el pasado 25 de junio en el salón de seminarios Emilio Rosenblueth, por invitación del doctor Enrique Guzmán, investigador del IIUNAM.

Hernández realizó sus estudios doctorales con el grupo de Física de Fluidos de la Universidad de Twente en los Países Bajos, y a partir de agosto iniciará una estancia postdoctoral en la KAUST (King Abdullah University of Science and Technology), Arabia Saudita.

Al término de la conferencia Hernández concedió una entrevista a la *Gaceta del II*, donde comentó que a partir de la Revolución Industrial cada país se ha ido especializando en temas diferentes, dependiendo de los recursos naturales y tecnológicos que tienen a su disposición y de las necesidades y facultades de su población. Estos factores han influido en la forma como cada país desarrolla ciencia en general e ingeniería en lo particular. “Por ejemplo –dijo–, Alemania es el mayor desarrollador de autos en el mundo, ya que ha enfocado sus investigaciones en temas relacionados con la industria automotriz. México, que tiene una geografía extensa, rica geología y sobre todo abundantes reservas de petróleo, se ha especializado en plantas termoeléctricas e hidroeléctricas, así como en las imponentes instalaciones de PEMEX para la extracción de crudo”.

“De manera similar, Holanda es el principal proveedor de equipo para fabricar microprocesadores, dispositivos que hacen funcionar nuestras computadoras, tabletas y teléfonos celulares. Por ello, una

parte de su investigación está enfocada en entender y mejorar los procesos involucrados en la manufactura de obleas de silicio (discos planos de un material semiconductor), materia prima para la impresión de microprocesadores. Tener la superficie de la oblea limpia durante la manufactura es de crucial importancia, ya que cualquier imperfección en ella, por pequeña que sea, provocará la falla del microprocesador. Por eso, durante el proceso de fabricación, las obleas son bañadas con diferentes sustancias químicas para limpiar su superficie, acción que se lleva a cabo en los llamados cuartos limpios, espacios donde la cantidad y el tamaño de partículas suspendidas están bajo control. Para estas industrias, las pérdidas por fallas en la manufactura representan miles de millones de euros al año”.

“Uno de estos problemas dio origen a mi proyecto de doctorado: en una de las etapas de limpieza las sustancias químicas peligrosas para el ser humano (como H_2SO_4 o HF) son removidas de las obleas de silicio con un chorro de agua ultralimpia, haciéndolas seguras para su manejo manual. Después, el agua es remplazada por alcohol isopropílico, para favorecer la evaporación y así incrementar la velocidad del proceso, y finalmente se seca con un chorro de gas al mismo tiempo que gira a alta velocidad”.

“Es importante mencionar que las fuerzas capilares magnifican su importancia al reducirse el tamaño, de manera que los microprocesadores más pequeños son más vulnerables. Entender minuciosamente las fuerzas dominantes durante dichos procesos puede permitir mejorar la eficiencia de producción, así como el desarrollo de nuevas metodologías para manufacturar microprocesadores aún más pequeños”.

“La investigación llevada a cabo durante mi doctorado está dirigida a los fenómenos capilares, específicamente en la dinámica de fluidos con superficies libres en microescala. La idea era replicar de manera controlada e independiente algunos de los procesos que ocurrían en la industria para encontrar los mecanismos subyacentes que los gobiernan. En concreto, gran parte de mi investigación se enfocó en conocer detalladamente las fuerzas involucradas durante el proceso de secado de obleas. Para ello, diseñamos un experimento en el que observamos lo que ocurre durante el intercambio de un líquido (agua) por otro de una tensión superficial menor (alcohol), tal como ocurre en el proceso industrial antes descrito. Al tener una descripción teórica y experimental de las fuerzas sobre la superficie de la oblea, es posible reducirlas a modo de evitar los defectos generados por estas fuerzas. De la misma manera, observamos con minuciosidad el proceso de desmojado de una



capa de agua sobre una oblea hidrofóbica, tal como ocurre en un sartén de teflón que originalmente está cubierto de agua y es perturbado para formar una pequeña región seca”.

“La hipótesis era que las fuerzas de la línea de contacto sobre la superficie de la oblea también son responsables de defectos en ellas, de manera que, si podemos describir detalladamente lo que ocurre en la línea de contacto, es posible evitar defectos en la superficie. En esta parte del proyecto nos dedicamos a medir el ángulo dinámico del anillo de desmojado, debido a que hay una discrepancia entre la teoría de De Gennes y la de Snoeijer y Eggers. La teoría de De Gennes¹ (1994) sobre el anillo de desmojado involucra dos fuerzas con componentes logarítmicas independientes. En esta teoría una de las fuerzas se introduce dejando de lado la influencia de algunos parámetros que hoy en día conocemos más a detalle, como por ejemplo la longitud de deslizamiento. Al hacer esto, De Gennes termina subestimando el ángulo de contacto dinámico. En la última parte de mi tesis diseñamos un arreglo experimental en donde pudimos medir el ángulo de contacto dinámico

1 De Gennes, Pierre-Gilles, Françoise Brochard-Wyart y David Quéré (2013). *Capillarity and wetting phenomena: drops, bubbles, pearls, waves*, Springer Science & Business Media.

del anillo de desmojado y así comprobar que la teoría más reciente de Snoeijer y Eggers (2010)² predice mejor los resultados que obtuvimos (hasta un 70 % u 80 %)”.

“Otro fenómeno que también estudiamos es la coalescencia de gotas sésiles, o sea, la forma como se unen dos gotas que están posadas sobre una superficie. Sobre este tema escribimos un artículo donde usamos conceptos matemáticos abstractos (a veces difíciles de explicar a los alumnos) que se emplean en un proceso físico muy común; ocurre cuando las gotas generadas durante el proceso de pintura en aerosol se unen, forman una capa uniforme y protegen las superficies expuestas al medioambiente. Para mí fue muy satisfactorio que una vez publicado el artículo de coalescencia varias universidades holandesas lo adoptaron para explicar la autosimilaridad en sus clases de maestría”.

Al final de la entrevista el doctor Hernández Sánchez comentó su interés por estar en contacto con el doctor Guzmán o con cualquier investigador interesado en trabajar en temas de esta área u otras de mecánica de fluidos para seguir intercambiando experiencias académicas. |

2 Snoeijer, Jacco H. y Jens Eggers (2010). Asymptotic analysis of the dewetting rim, *Physical Review*, E 82.5: 056314.