

# Entrevista al doctor Juan Ángel Rodríguez Liñán

JESSICA BALDERAS

**E**l Laboratorio de Mecatrónica fue el escenario donde se llevara a cabo una estrategia para la sincronización de sistemas con diferente topología y dimensión, de los conocidos como sistemas caóticos; en este sentido, los resultados del Dr. Juan Ángel Rodríguez Liñán mostraron que se puede lograr la sincronización generalizada de orden reducido, mediante un algoritmo simple basado en control geométrico.

Pensado como un trabajo de maestría, este tipo de sistemas caóticos logró acaparar la atención del investigador y llevarlo hasta su tesis de doctorado, incluyendo implicaciones más tecnológicas y de uso diario.

## ¿De qué trata este proyecto con que resultara ganador del Premio de investigación UANL?

Es un estudio en el cual se presentan algunos sistemas que ocurren en la naturaleza y también en sistemas de ingeniería o de producción, los cuales tienen un adjetivo, ya que se les conoce como sistemas caóticos; particularmente, estos sistemas son muy sensibles en su comportamiento, sus variables se mueven y evolucionan de una manera muy sensible a las perturbaciones pequeñas o cambios muy mínimos en las condiciones



iniciales. Sin embargo, este tipo de sistemas, que pueden ser mecánicos, eléctricos o termodinámicos, tienen la particularidad de que aunque conozcamos la posición y velocidad iniciales, si hay un pequeño error o incertidumbre en esa medición, en el futuro no coinciden las predicciones o cálculos que se realizan con las mediciones reales del comportamiento que tendrá el sistema.

En este tipo de sistemas no es fácil predecir su dinámica o comportamiento, lo que se hace es tomar ese sistema y aplicar algunas estrategias de control, algoritmos de operaciones de control que nos permiten lograr que varios sistemas, ya sean idénticos o distintos, pero que son sistemas caóticos y sensibles, se comporten de la misma manera a pesar de que son tan sensibles, y lograr que sus variables evolucionen de la misma manera que tengan una correlación en el tiempo y que por lo tanto podamos realizar operaciones simultáneas entre ellos sin ninguna distorsión o afectarse entre sí.

## ¿Cómo se da el inicio de esta investigación?

Esta investigación inició desde mi trabajo de maestría, empezamos trabajando con este tipo de sistemas caóticos, pero buscábamos suprimir este tipo de dinámicas,

evitar que el sistema entrara en estas dificultades o imprevisiones, además de que no presentara ciertas oscilaciones muy irregulares, este tipo de sistemas, si vemos su medición y sus variables en el tiempo, se ven como si fuera ruido, como si fueran variables aleatorias muy irregulares; sin embargo, lo que buscábamos en maestría era delinear dichos comportamientos, volverlo regular; posteriormente, en el trabajo de doctorado, retomamos esa investigación y ahora buscamos realizar la sincronización, buscamos tomar varios sistemas y lograr que sus variables se comporten de la misma manera o al menos que correspondan de manera correlacionada en el tiempo.

Con estos trabajos pretendemos realizar algunas aplicaciones en el área de sistemas de robot, en sistemas de formación y evolución o trayectorias de navegación de vehículos de todo tipo; además resultan imperantes tales estudios para poder realizar aplicaciones de sistemas que interactúan entre sí, como sistemas de máquinas eléctricas en varios nodos, asimismo, dinámicas en sistemas biológicos que interactúan un tiempo, sistemas fisiológicos inclusive relacionados con el corazón, se dice que la epilepsia y las arritmias son formas de oscilaciones caóticas en el sistema circulatorio; entonces este tipo de estudios permiten entender cómo funcionan algunos de los sistemas naturales y además sintetizar o realizar control; algunos sistemas del área de ingeniería resultan muy útiles para este tipo de estudios.

### **¿De qué manera se fue desarrollando esta investigación?**

Lo primero que hicimos fue realizar un análisis matemático de los sistemas, lo que se hace es que cuando se tiene un sistemas mecánico, eléctrico o hidráulico, se realiza un análisis para buscar un modelo matemático con ciertas expresiones o ecuaciones que describen la dinámica o el comportamiento de las máquinas; ya que tenemos el modelo, se realiza un análisis matemático, se estudia si esos sistemas son estables, si van a tener oscilaciones o no, en qué valores de parámetros van a trabajar, tendrán un buen desempeño, vamos a decir con cierto tiempo de respuesta, cierta velocidad, etcétera; y cuando ya tenemos ese análisis, ya sabemos cómo se comporta, buscamos técnicas o algoritmos que permitan controlar esa dinámica; ya sé cómo se comporta esa dinámica, ahora lo que quiero es modificarla

para que realice alguna tarea específica, que sea útil para el humano o para la industria o para algún proceso específico.

Esa búsqueda de algoritmos o técnicas empieza a estudiar el desarrollo analítico matemático de esa aplicación en el sistema, posteriormente se realizan pruebas en simuladores computacionales para ver si efectivamente las técnicas o algoritmos que se aplican son válidos; cuando vemos que en simulación los resultados son adecuados, pasamos a la etapa de experimentación, se implementan estos sistemas ahora sí físicamente, se aplican las técnicas de control con dispositivos electrónicos microcontroladores y microprocesadores y se aplican las señales de control en el dispositivo físico, ya sea electrónico o mecánico, y entonces se toman mediciones, tablas, se compara, y si vemos que todos los resultados fueron adecuados, entonces concluimos algunas cosas acerca de la técnica aplicada, vemos si es válida o si es necesario aplicar una técnica más poderosa, además, al compararlas, vemos que unas tienen ventajas sobre otras y, finalmente, se da el veredicto de lo que se realizó y concluimos nuestras observaciones.



### ¿De qué manera benefician este tipo de investigaciones a la sociedad?

Este tipo de investigaciones, específicamente este trabajo, es útil para la comunidad en general porque puede ser aplicado a ciertos sistemas donde tenemos múltiples máquinas por lo que interactúan entre sí y resulta importante conocer cómo se comportan y poder mantener una cierta estabilidad o desempeño adecuado en el sistema; así como esto también hay otros sistemas que se están desarrollando y que en el futuro veremos, sistemas de transferencia de energía inalámbrica, es decir, así como ahorita transferimos señales de comunicación de información vía radiofrecuencia, de la misma manera existirán baterías, dispositivos, los cuales pueden recargarse al estar cerca de un campo magnético o electromagnético, pero son sistemas de múltiples aparatos que están conectados, la transferencia de energía debe tener cierta forma de ser si no puede transferirse unilateralmente, tiene que haber envío y reciprocidad de energía para que el sistema se mantenga en cierta estabilidad energética, haya un balance energético.

Este tipo de estudios nos permiten entender cómo tenemos que hacer esa transferencia de energía para

poder hacerlos eficientes; asimismo, en la Universidad, dentro del CIDIT, ubicado en Apodaca, se están desarrollando aplicaciones de este trabajo junto con lo que conocemos como teleoperación y telecontrol, es decir, tener diversos robots manipuladores o robots móviles que puedan comunicarse entre sí y que realicen tareas simultáneas sincronizadas, coordinadas, pero esa transmisión de información ya no es local, ahora es remota, ya sea con radio de frecuencia, con comunicación bluetooth, mediante internet, vía celular, etcétera; lo que buscamos con este tipo de trabajos es poder aplicar nuestros algoritmos, que en esa parte de ciencias exactas son algoritmos matemáticos, para poder aplicarlos en sistemas físicos, robots que puedan ser útiles tanto para navegación, para monitoreo de tráfico, para aplicaciones industriales, transporte de materiales, etcétera.

### ¿Dónde se lleva a cabo esta investigación?

Esta investigación fue desarrollada en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, donde realicé mi doctorado y éste fue el trabajo derivado de todo ese tiempo, sin embargo, ya estoy trabajando en el CIDIT en la Universidad y ahí estamos llevando las siguientes etapas



de este trabajo, es decir, la parte de experimentación y la parte de vinculación con otros grupos, otros colegas para poder aplicarlo en robots, en biomecatrónica o en sistemas de vehículos autónomos, etcétera.

### ¿Cuáles fueron los resultados de esta investigación?

Es algo bastante técnico lo que voy a mencionar: se obtuvieron algunas conclusiones de estos estudios, estos sistemas caóticos son sistemas dinámicos no lineales y se tienen algunos índices de análisis que se conocen, algunos de ellos, como índice de perturbación e índice de verdad o relativo, nosotros concluimos con este estudio hasta ciertas demostraciones matemáticas, donde era necesario guardar cierta relación entre el índice de verdad o relativo y el índice de perturbación para asegurar o garantizar que la sincronización sea posible

Nosotros determinamos que el índice de perturbación tenía que ser igual o mayor al grado de verdad o relativo para poder asegurar que al menos una parte del sistema pueda ser sincronizado, también determinamos, bajo ciertos estudios analíticos, la demostración de condiciones suficientes que garantizan algunos algoritmos de control por vía; modos deslizantes permiten asegurar la sincronización en tiempo finito de esos sistemas, es decir, después de un tiempo determinado o finito era posible garantizar que los dos sistemas o las variables de los sistemas se sincronicen y funcionen al mismo tiempo.

Asimismo, entre estos sistemas, en el caso que los sistemas sean distintos, imaginemos sistemas mecánicos, sistemas eléctricos que no sean idénticos, enton-

ces se puede analizar la sincronización vía una función matemática, de hecho teníamos que determinar cuál era esa función matemática que permitía tener una relación entre las variables de un sistema y de otro, entonces tuvimos que desarrollar un algoritmo para calcular esa función, además, parte del estudio o de las conclusiones es que fue posible llevarlo a un plano experimental, experimentamos o implementamos estos sistemas y tuvimos que desarrollar ciertos problemas técnicos para poder resolverla, que experimentalmente sea posible sincronizarlos.

Se aprendió bastante en este proceso, pero aún nos faltan algunas cosas que hacer para ligarlo con otras disciplinas y poder tener aplicaciones bastante aterrizadas.

### ¿Qué significó el obtener el Premio de Investigación con este trabajo?

Pues es una satisfacción muy grande y un honor, tanto para mí como para mi asesor de tesis, quien fue colaborador en este trabajo de investigación; que bueno, nosotros lo hicimos en un principio con toda la intención científica o curiosidad de conocer algunos detalles de este tipo de sistemas, y que sea posible controlarlos y ahora, después de años de trabajo, de esfuerzo, desvelos, malpasadas, ver que se obtienen los resultados, ver que ese trabajo es reconocido por evaluadores internacionales y que la Universidad apoya a sus estudiantes como investigadores, es muy satisfactoria porque da la motivación para seguir trabajando y colaborando con otros grupos de investigación y poder regresarle algo a esta comunidad; es una satisfacción muy grande.