

## Electrónica rápida y equipos de medición. Entrevista con el Doctor Sergio Vergara Limón y la Dra. María Aurora Diozcora Vargas Treviño

Francisco Romero<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Oficina de Comercialización de Tecnología, Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. \*francisco.romero2@correo.buap.mx

El Dr. Sergio Vergara y la Dra. Aurora Vargas son investigadores de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la BUAP. Realizaron estudios de licenciatura en electrónica y posgrados en optoelectrónica en la misma universidad. Han realizado estancias de investigación en instituciones extranjeras y mexicanas; tales como el laboratorio de física de altas energías FERMILAB en Batavia, Illinois (Estados Unidos) y el Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ambos son miembros del Sistema Nacional de Investigadores de México desde el 2001, y responsables de numerosos proyectos de investigación financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la propia BUAP.

Sergio Vergara y Aurora Vargas son de los pocos investigadores mexicanos que colaboran con la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) con sede en Suiza. Como es sabido, el CERN es el laboratorio de física más prestigioso a nivel internacional, donde se llevan a cabo los experimentos más avanzados que ayudan a explicar las dudas más importantes de la ciencia a lo largo de la historia: ¿De qué está hecho el universo? ¿Cómo se conformó? Preguntas similares son abordadas por físicos e ingenieros del CERN en colaboración con otros científicos alrededor del mundo. Mediante el uso de los aceleradores de partículas más potentes que existen a nivel internacional, estos científicos proporcionan explicaciones y teorías sobre las leyes fundamentales de la naturaleza. Desde el año 2002, Sergio Vergara y Aurora Vargas han colaborado en el experimento internacional ALICE<sup>1</sup>, llevado a cabo en el CERN, desarrollando instrumentos para la adquisición de datos, y detección de rayos cósmicos. El experimento ALICE ha sido diseñado para medir, de la forma más completa posible, las partículas producidas en las colisiones. Cabe señalar que cuando se desarrolló el primer concepto del

experimento ALICE, muchas de las tecnologías necesarias para llevarlo a cabo no existían; por lo que investigadores como Sergio Vergara y Aurora Vargas han intervenido en su diseño e invención.

La especialidad de Sergio Vergara es lo que denominan electrónica rápida, electrónica de altas frecuencias o electrónica digital. Junto con la Dra. Aurora Vargas ha conformado un equipo de investigación especializado en ésta área. El Dr. Vergara explica que desde que eran estudiantes de posgrado, tuvieron la oportunidad de colaborar en proyectos similares a los que se llevan a cabo en el CERN, cuando ambos en 1998 realizaron una estancia de investigación en el laboratorio Nacional Enrico Fermi (FERMILAB) en Batavia, Illinois. Trabajando con la Dra. Marleigh Sheaff, tal experiencia les da la oportunidad de acceder a algunos de los equipos más avanzados que existen en materia de física. De modo que comienzan a participar en el experimento llamado BTeV. El propósito del proyecto era “leer” un detector muy sofisticado en ese tiempo, llamado detector de Pixel. Varios de los experimentos que se realizan en este tipo de laboratorios tiene que ver con el análisis de las colisiones (choques) de partículas para explicar su comportamiento en la naturaleza. En este caso, la intención era captar una especie de fotografía de los impactos de la colisión (del vértice). Para ello, le piden a Vergara realizar el sistema de adquisición de datos. Mientras a la Dra. Aurora le solicitan desarrollar un sistema automático para caracterizar los integrados llamados FPIX1 los cuales cuentan con 2880 celdas tipo pixel. Dado la gran cantidad de pixeles involucrados era necesario un sistema automático para analizarlos. Así, Vergara desarrolla un sistema de lectura y configuración para la adquisición de datos. Es decir, desarrolla el hardware, el sistema de transmisión y recepción de información electrónica; realizando el diseño de un enlace óptico completo (eligiendo desde la fibra hasta el tipo de laser a utilizar). Es así que comienzan a trabajar en la electrónica rápida, de altas frecuencias.

<sup>1</sup> <http://aliceinfo.cern.ch/Public/en/Chapter2/Chap2Experiment-en.html>

De esta forma, desde que eran estudiantes de doctorado supieron identificar que esta área era la tendencia que se seguiría en cuanto a la innovación tecnológica de la electrónica moderna.

Comienzan a utilizar varios instrumentos novedosos en aquel tiempo, como los FPGA (Field Programmable Gate Array); dispositivos programables de gran versatilidad que ofrecen la ventaja de reprogramarse de forma muy flexible adaptándose a las necesidades de cualquier sistema electrónico. Actualmente, los FPGA son la base de la interconexión y funcionalidad de televisores, teléfonos celulares, y diversos instrumentos de medición. De hecho, Vergara afirma que su equipo de trabajo ya tiene avances desarrollando los primeros microprocesadores dentro de un FPGA. La versatilidad de este instrumento es tal, que permite capturar señales de muy bajo voltaje como las señales bio-eléctricas. A manera de ejemplo, se puede decir que las señales bio-eléctricas provenientes de los músculos de una persona se pueden medir, procesar y adquirir por medio de un FPGA.

El uso de instrumentos de este tipo a la vez que diseñaban sus sistemas electrónicos, les permitió darse cuenta de su gran aplicación potencial.

Como tal, esta experiencia es la base que los lleva a desarrollar en los años posteriores a sus estudios de doctorado diversos instrumentos de medición, robots didácticos, así como profundizar en el estudio de algoritmos de control; al tiempo que se incorporan a la Facultad de Ciencias de la Electrónica como investigadores.

### ... y comienzan las Patentes

Hoy en día, Sergio Vergara y Aurora Vargas representan uno de los equipos de investigación de la BUAP, que más solicitudes de patente presenta ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

| Solicitudes de patente   |      |
|--|------|
| Título   | Año  |
| Plataforma robótica  | 2012 |
| Tarjeta electrónica de control para robots de tres grados de libertad      | 2012 |
| Tarjeta electrónica para la adquisición de señales bioeléctricas           | 2012 |
| Laboratorio portátil vía tarjetas de interfaz con comunicación programable | 2012 |
| Tarjeta electrónica para enseñanza de campos de compuertas lógicas         | 2012 |
| Tarjeta de adquisición de datos por usb                                    | 2012 |
| Tarjeta electrónica contadora de fotones                                   | 2013 |
| Sistema de recolección para uso en aguas grises                            | 2013 |

|  |      |
|--|------|
| Robot móvil para investigación   | 2013 |
| Sistema de adquisición para el análisis de la marcha del mexicano  | 2013 |
| Nota: La mayor parte de estas solicitudes de patente las han presentado con el Dr. José Fernando Reyes Cortés y el Dr. Jaime Julián Cid Monjaraz, investigadores de la Facultad de Ciencias de la Electrónica, así como con otros colaboradores. |      |

### Bioelectrónica y el sistema para la evaluación de la marcha

La mayor parte de los inventos que han desarrollado son instrumentos de medición. Uno de los más importantes es el sistema de adquisición de datos para el análisis de la marcha del mexicano. En colaboración con el Dr. Marciano Vargas Treviño de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, el Dr. José María Rodríguez Lelis del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET), así como con el Dr. Fermín Martínez Solís de la Universidad Autónoma de Tabasco, en 2006 comienzan a trabajar en el desarrollo de una prótesis para pierna. Estos investigadores cuentan con basta experiencia en el desarrollo de prótesis. En particular Rodríguez Lelis, experto en mecánica, ya había desarrollado dispositivos para ayudar a la rehabilitación de personas que sufren de afectaciones al sistema motriz debidas a accidentes o enfermedades. Se ha especializado en estudiar tribología: el desgaste debido a la fricción de varios materiales. La intención era desarrollar una prótesis que tuviera un movimiento "natural", o lo más cercano a lo natural. El problema de las prótesis es que si son muy rígidas, la persona tiene dificultades para realizar todas las actividades que implican el uso de sus piernas (caminar, sentarse, subir escaleras, andar en bicicleta, etc.), pero además les puede crear afectaciones de espalda, columna u otros. Analizando el problema, comienzan a estudiar el movimiento natural de las piernas y a diseñar un sistema que les permita aprender cómo funciona tal movimiento; cómo funcionan las piernas. Así, comienzan a involucrar a estudiantes de maestría para estudiar el ciclo de marcha, y diseñan un aparato para evaluar tal ciclo. Vergara señala que una estudiante de maestría se dedica a estudiar con mayor profundidad el funcionamiento de las señales electromiográficas<sup>2</sup>. Es decir, estudia cómo viajan las señales bioeléctricas en nuestro cuerpo. Analizando la literatura relacionada caen en la cuenta de que todo converge en el ciclo de

<sup>2</sup> Las señales electromiográficas (EMG) son señales eléctricas producidas por un músculo durante el proceso de contracción y relajación.

marcha; pero comienzan a argumentar que cada persona tiene una forma particular de caminar y que incluso se pueden ver diferentes tipos de marcha en diferentes regiones del mundo. Como ejemplo Vergara señala que la gente de la costa camina diferente a la gente de la ciudad de México, o que los europeos caminan diferente de los mexicanos. Asimismo, señala que hasta antes de sus estudios sobre el ciclo de marcha, no existían publicaciones similares para el caso mexicano. A diferencia del caso europeo y norteamericano donde ya se habían realizado estudios similares.

De esta forma, diseñan el aparato en principio para aprender más acerca del funcionamiento de las piernas, y comienzan a probarlo con estudiantes voluntarios. Al ponerlo en operación, registran patrones de marcha similares en alrededor de quince voluntarios, pero en dos o tres resultan patrones de marcha diferentes. Después de muchas pruebas para verificar que no hubiera fallas en el equipo, comprobar la funcionalidad de los sensores, y verificar que no hubiese contaminación de factores ajenos al sistema, corroboran su información y resultan los mismos patrones. Es cuando, los propios voluntarios manifiestan que tienen una pierna más larga que la otra, padecimientos de cadera, o afectaciones que les hacen utilizar plantillas ortopédicas. Aunque referían que era muy leve el problema, aún con las plantillas se quejaba de dolores en la espalda. De hecho, este tipo de padecimiento genera gran dolor en la espalda, en forma de espasmos o dolores permanentes.

En tal sentido, encuentran una de las utilidades más importantes del sistema que habían inventado. **Su sistema sirve para ayudar al diagnóstico de padecimientos relacionados con el caminar de las personas. Y en su caso para evaluar y adaptar prótesis idóneas para cada persona.**

Posterior al primer diseño de su sistema para evaluar la marcha, sus colegas del CENIDET y de Oaxaca continúan utilizándolo para diseñar prótesis de pierna. Pero el mismo Vergara menciona que el sistema puede tener más aplicaciones si se continua el proyecto con otros estudios complementarios. Por ejemplo, es necesario realizar más pruebas clínicas involucrando médicos o especialistas en el área de la salud, de tal forma que al utilizar el sistema y detectar que hay una afectación en el patrón de marcha de una persona, los especialistas puedan interpretar a que se debe y

retroalimentar de mejor forma el diseño de las prótesis. De igual forma, la Dra. Aurora menciona que algo útil para el aparato que han diseñado, y poder desarrollar más el sistema de diagnóstico de la marcha, sería ideal construir bases de datos con patrones de marcha (de hombres, mujeres, por edad, etc.). De tal forma que a los médicos u ortopedistas les sirva para identificar diversos tipos de padecimiento relacionados con conjuntos de población y ello les ayude a elaborar su diagnóstico.

Por tanto, aquí hay una oportunidad para empresarios o cualquier persona interesada en realizar inversiones financieras para que se continúen desarrollando las investigaciones del grupo de Vergara, y poder contar con el sistema de evaluación de la marcha en clínicas y hospitales.

La importancia de este sistema recae en que comúnmente el diagnóstico relacionado a afectaciones del caminar lo realizan médicos u ortopedistas sin un aparato que mida los patrones de marcha. Y en tal caso, se implementan prótesis, plantillas u otros instrumentos que corrijan el modo de caminar sin tener mucha precisión al elegirla. Como popularmente se dice en México: se hace a “ojo de buen cubero”. El problema para el paciente es que si la prótesis no es la adecuada, los problemas de espalda u otras afectaciones relacionadas pueden perdurar y agravarse con el pasar de los años. En tal sentido, el sistema de Vergara y compañía, ofrece la precisión que se requiere para el diagnóstico y la adaptación de las prótesis, y por tanto aminorar los padecimientos relacionados.

### Otros proyectos

Al igual que el sistema para la evaluación de la marcha, el equipo de investigación ha elaborado otras herramientas electrónicas relacionadas con el área de la salud. Vergara menciona que recientemente han trabajado en la motorización y automatización de mesas de inclinación (o camas de inclinación). Particularmente, llama la atención el diseño de una mesa de inclinación que ahorra más energía en comparación con las que actualmente existen. Es una mesa que sirve para diagnosticar enfermedades y tiene aplicaciones biomédicas.

Por otra parte, también han desarrollado un sistema [detector] de señales electromiográficas, que se realizó a petición de sus mismos colegas expertos en prótesis y rehabilitación motora. La idea fue desarrollar un instrumento que les permitiera evaluar la

rehabilitación motriz de forma cuantitativa, y poder ver, por ejemplo, el momento en que una persona en rehabilitación comienza a mover nuevamente la mano o el dedo. Actualmente, desarrollan una tarjeta de adquisición de datos que integre diversos sistemas, de tal forma que sea posible contar con: electromiógrafo, electrocardiógrafo, medidor de temperatura, medidor de pulso y otros. Tal sistema podrá ser utilizado en el área de cuidados intensivos. Para ello, también han involucrado a estudiantes y asesoría de médicos especialistas.

### Más sobre la colaboración con el CERN

Decir que se colabora con el CERN no es poca cosa, basta referir que hablamos del laboratorio donde nació propiamente la Internet y en donde se dio tal vez el descubrimiento científico más importante del último siglo: la existencia de la partícula elemental, el bosón de Higgs. Como es sabido, entre 1989 y 1990 Tim Berners-Lee y Robert Cailliau desarrollaron la World Wide Web (WWW) o red informática mundial mientras trabajaban en el CERN. Mientras que en 2012 el CERN anunció la observación de una nueva partícula, que corresponde a las características del bosón de Higgs; Higgs en 1964 desarrolló un modelo teórico para explicar el origen de la masa de las partículas elementales. Mediante el uso del Colisionador de Hadrones del CERN en años posteriores al 2012 se ha confirmado con mayor certeza la existencia de la llamada partícula elemental. Por tanto, Peter Higgs y François Englert recibieron en 2013 el premio nobel de física como reconocimiento a la aportación que han realizado a favor de la comprensión sobre el origen de la masa de las partículas subatómicas. Sin duda, la experiencia de trabajar en proyectos internacionales como en el laboratorio FERMILAB y el CERN han marcado la carrera de los Doctores Sergio e Aurora. Se trata de experiencias que los han hecho aprender a desarrollar tecnología de alta precisión. Profundizando más en sus colaboraciones con el CERN, Vergara refiere que su equipo de investigación ha sido el primer equipo mexicano en aportar sistemas electrónicos al CERN, en el pasado investigadores del Instituto Politécnico Nacional y la UNAM ya habían aportado el desarrollo de detectores. Sin embargo, al aportar un sistema electrónico, el equipo mexicano es responsable de un detector completamente. Como hemos mencionado, desde el año 2002 han desarrollado sistemas para la adquisición de datos para el proyecto ALICE. El cuál ha sido diseñado para medir, de la forma

más completa posible, las partículas producidas en las colisiones. De tal forma, que su sistema lleva más de diez años de haber sido instalado en el CERN y funciona de forma estable.

Actualmente, trabajan en el diseño de una cámara de proyección de tiempo que da una proyección en 3D de las partículas que pasan por ella; se trata de un instrumento desarrollado para el detector [de partículas] más importante del experimento ALICE. El equipo de Sergio Vergara y Aurora Vargas no es el único que está trabajando en el diseño de esta cámara, existen otros equipos europeos que también se ocupan de ello. Vergara explica que el problema que enfrentan es desarrollar un circuito electrónico que opere sin perturbar el funcionamiento del detector. Como tal, el circuito que desarrollan se adaptará al nuevo detector llamado GEM, que sirve para detectar partículas de alta energía. El detector se compone por placas de cobre en paralelo con una placa intermedia de fibra de vidrio. Comúnmente se usa en circuitos impresos, sin embargo, ahora se le están haciendo perforaciones milimétricas, de tal forma que cuando se sumerge en gas y pasa una partícula, por medio de ionización y campos electrónicos muy intensos (generados por alto voltaje), se da la descarga y se puede detectar la partícula. El tipo de detectores GEM están tratando de monitorear su corriente, pero ésta es muy pequeña, su sensibilidad a cualquier perturbación es muy alta. De manera que cualquier circuito electrónico que se coloque para medir la corriente perturba el funcionamiento del detector. Hasta hace algunos meses el equipo de investigación no había logrado hacer un dispositivo para medir la corriente del detector y evaluar su desempeño, sin embargo lo han logrado. Con lo cual se convierten en el primer equipo de investigación capaces de desarrollar un circuito electrónico de tal magnitud.

De esta forma, Vergara concluye que la experiencia con el CERN y saber que están compitiendo con otros equipos con tales capacidades a nivel internacional es muy motivante y alentador.

### Perspectivas de la industria

El equipo de Sergio Vergara y Aurora Vargas es uno de los grupos de investigación que tienen en perspectiva una creciente colaboración con la industria. En opinión de Vergara, en la industria mexicana comienza a haber un cambio de mentalidad, los empresarios se están dando cuenta de la importancia que tiene la producción de tecnología propia, en lugar de importarla. En tal

sentido, tiene en claro que la colaboración más importante que realizan para la industria se da en la formación de sus estudiantes, quienes se incorporan rápidamente a empresas en todo México. Además de que han realizado consultorías con algunas empresas para desarrollar equipos de medición. Esta es tal vez la modalidad que le interesa al equipo seguir fomentando. Están abiertos a apoyar a las empresas en forma de asesorías para el desarrollo de tecnologías como los equipos de medición. Resolviendo problemas concretos. Al mismo tiempo que se abra en la universidad la posibilidad de incorporar mayor financiamiento privado para proyectos de investigación colaborativa o comisionada. Como ejemplo, se puede mencionar que es necesario mayor financiamiento para continuar con los estudios y pruebas del sistema para la evaluación de la marcha; lo que a su vez es una oportunidad para cualquier inversionista.

### **¿Qué podemos aprender para el diseño de políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación?**

Instituciones públicas como la BUAP y el CONACYT pueden aprender mucho de la experiencia que nos presenta el equipo de Sergio Vergara y Aurora Vargas. Su forma de trabajo es uno de los ejemplos de cómo el diseño de tecnología que se realiza para laboratorios dedicados a la investigación básica, es la base para el diseño posterior de instrumentos que sirven a fines más prácticos y tangibles: instrumentos de medición con usos médicos, para adaptación de prótesis, medición de frecuencias cardíacas, etcétera. O, dicho de otra forma, aquí se puede observar como la ciencia y la tecnología se retroalimentan. Es aquí donde recae la importancia del financiamiento público a la investigación básica y aplicada, que actualmente presenta recortes inexplicables y lamentables.