

## **Estrategia de procesos virtuales para participar en los campeonatos mundiales de robótica escolar**

Virtual Strategy processes to participate at the world championships in school robotics

Hipólito Martín Rodríguez Casavilca<sup>1</sup>

Georgina Alexandra Guim León<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad del Perú, Decana de América. Lima, Perú. [hrodriguez1@unmsm.edu.pe](mailto:hrodriguez1@unmsm.edu.pe)*

<sup>2</sup>*Poder Judicial, Subgerencia de Capacitación. Lima, Perú. [gguim@pj.gob.pe](mailto:gguim@pj.gob.pe)*

**Resumen—** La presente ponencia tiene como objetivo comunicar la estrategia de procesos virtuales para desarrollar la capacidad de trabajo en equipo en campeonatos internacionales de ciencia y tecnología. La selección de robótica del Colegio Mayor Secundario Presidente del Perú se preparó para representar a nuestro país en la FLL Open European Championship en Delft, Holanda, y competir con 80 equipos ganadores a nivel mundial en una verdadera celebración global. El desarrollo de esta habilidad social se basó en las misiones de la ingeniería biomédica de la FIRST LEGO League FLL y permitió integrar nuevas competencias a la formación secundaria en ciencia y tecnología: computación e informática; biología, química y física; investigación, desarrollo e innovación. Habiendo ganado su derecho a nivel nacional, se fue al festival con un proyecto de investigación, el CPN 2807: “Las Manos de Dios sobre Ti”. Se trataba de una faja inteligente diseñada y construida íntegramente por el equipo con materiales comunes y de bajo costo. Es una contribución a nuestra comunidad: funciona con energía proporcionada por baterías triple A recargables y permite monitorear el embarazo de mujeres en gestación de riesgo, tanto en zonas urbanas como rurales, que no tienen posibilidades de acudir a sus controles regulares en centros asistenciales. Como resultado de esta estrategia el equipo Phi Kappa Psi utilizando los estándares globales de investigación y una eficaz estrategia, ocupó el primer puesto a nivel mundial en la categoría trabajo en equipo, y campeón de campeones a nivel nacional.

**Abstract—** This work aims to communicate the virtual strategy process to develop the ability to teamwork in championships in international science and electronic technology. The robotics school team from Colegio Mayor Secundario Presidente del Peru has prepared to represent our country in the FLL Open European Championship in Delft, The Netherlands, and compete with 80 winner teams from all over the world in a truly global celebration. Teamwork and robot competition based on the biomedical

missions of FIRST LEGO League FLL has allowed us to incorporate new skills to our education in science and technology: computer science and information technology; biology, chemistry and physics; investigation, development and innovation. We come to this festival with our research project CPN 2807, "God's Hands over You". It is an intelligent belt designed and built completely by the team, with common materials and low cost. It is a contribution to our community that operates with energy coming from AAA batteries and allows to monitor risk pregnancy women, in urban and rural zones, that don't have possibilities to attend regular controls in health centers. As a result of this strategy the team Phi Kappa Psi using the global standards of research and an effective strategy ranked first at the global level in the category team work and champion of champions at the national level.

**Palabras clave**— Estrategia de procesos, CPN-2807, cinturón, faja de control prenatal, equipo phi kappa psi, FLL OEC, ingeniería biomédica, trabajo en equipo.

**Key words**— Strategy process, CPN-2807, prenatal control belt, phi kappa psi team, FIRST LEGO League Open European Championship, biomedical engineering, teamwork.

## I. INTRODUCCIÓN

La estrategia implementada está basada en la herramienta del process management denominada Diagrama de Ishikawa, o diagrama de causa-efecto, concebida por el licenciado en química japonés Dr. Kaoru Ishikawa. Se abordan una a una, las cinco categorías de causas (5 M's) valoradas como tales por el equipo de competencias en el análisis del problema planteado: ¿En qué condiciones se puede participar con efectividad en concursos de ciencia y tecnología mundiales con apoyo de las TIC? Se muestran a continuación el desarrollo de la estrategia iniciada el año 2010 por los miembros del equipo Phi Kappa Psi del Grupo I+D+i en Robótica y Energías Renovables que se muestra en la Fig. 1 [1]. Los pasos específicos en la implementación de la estrategia fueron: 1º Crear con buenos **Materiales** el mejor diseño mecatrónico necesario para la *prueba del juego de robot* en la mesa de competencias, y la *prueba de calificación técnica de la construcción y programación del robot*. El uso de las redes sociales como Facebook y Twitter, y la comparación de los detalles convertidos en audiovisuales para YouTube permitieron lograr altas calificaciones en el cumplimiento de las misiones del desafío mundial 2010-"Body Forward: el encuentro de la ingeniería con la medicina". 2º Evaluar con **Mano de obra** talentosa la creación de un sistema integral de control prenatal que

prevenga los problemas que se presentan en la etapa de gestación para la *prueba de proyecto*, ese año basado en los avances de la medicina. Como producto se obtuvo un cinturón prenatal (CPN) con sensores de presión, temperatura y ultrasonido que debería

- 3º Sintetizar los **Métodos** y procedimientos adaptados e innovados de los controles industriales actuales.
- 4º Analizar diversas **Máquinas** y equipos cuya información sería procesada con un microcontrolador e inmediatamente enviada a una base hospitalaria donde un especialista examinaría en tiempo real y alertaría a la gestante acerca de su situación. Se utilizaron además secuencias de e-training desde la Internet, para compartir el uso de equipos y módulos de robótica. Debido al alto índice de mortalidad materno-infantil que afronta nuestro país, se contribuye de esta manera a que
- 5º La **Madre Naturaleza** en las comunidades rurales y campesinas de las zonas alejadas de nuestro territorio, tenga la posibilidad de utilizar esta innovación nacida de la necesidad del mercado (demand-pull) y con lo mejor de la tecnología biomédica y los conocimientos en Ciencias Experimentales del Programa del Diploma IB del Colegio Mayor Secundario (science-push). La asesoría técnica permanente de alumnos de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos resultó importante para completar el entrenamiento, tanto presencial, como virtual.



Fig. 1. Grupo I+D+i en Robótica y Energías Renovables.

Los miembros del equipo, Fig. 2, fueron los alumnos Ahmed Tarqui y Karol Méndez de la región Huancavelica; Marcia Mendoza, Maxwel Rubio y Diego Cotrina de la región La Libertad, Miguel Nizama y Benyhi Mantilla de Lima; Juan Acosta de la región Lambayeque; Cristhian Iquiapaza de la región Puno; y Ronny Mendoza de la región San Martín. Su mentor y entrenador es el profesor Hipólito Rodríguez.

El estado del arte muestra cinturones de apoyo a la maternidad, manuales o electrónicos, proporcionando beneficios a la prevención del dolor de espalda, la reducción de la presión en la vejiga, la disminución de las várices y la hinchazón, la mejora de la circulación en la región pélvica, la prevención del pre-término de las contracciones y mayor comodidad durante el ejercicio, siempre durante un tiempo limitado. Además, se ha documentado el monitoreo electrónico fetal (EFM) a partir del uso de la frecuencia electrónica cardíaca, con el monitor registrando el ritmo cardíaco del bebé. Comercialmente se utilizan cinturones elásticos para mantener los sensores contra el abdomen de la mujer embarazada. Los sensores están conectados al monitor detectando la tasa cardíaca del bebé, así como las contracciones uterinas. El monitor registra la frecuencia cardíaca fetal y las contracciones como un patrón en una tira de papel. No hemos registrado productos con monitoreo electrónico permanente basados en radio o comunicación celular.

Todo el proyecto ha sido difundido antes, durante y después del campeonato mundial en la página de la referencia [2].

## II. MATERIALES: DISEÑO DEL ROBOT

No habría estrategia de trabajo en equipo sino existiesen procesos por evaluar con los mejores materiales; procesos que demuestren que se cumplen las misiones del reto Body Forward propuestas con un robot LEGO, habiendo desarrollado esa habilidad en forma conjunta y sabiéndola comunicar a un jurado de expertos de la manera más sencilla y efectiva.



Fig. 2. Equipo Phi Kappa Psi con el tapete campo de juego FLL 2010 Body Forward.

El robot se caracteriza por su funcionalidad, velocidad e innovadora estructura. Las pruebas realizadas nos han permitido modificar eficientemente las misiones FLL propuestas [3]. La dedicación diaria puesta en Robot-Picchu, visto en detalle en la Fig. 3, es de cada miembro del equipo Phi Kappa Psi. Hemos comunicado esa experiencia a los demás miembros de nuestra comunidad: alumnos, profesores, padres y opinión pública de nuestro país [4][5].



Fig. 3. Diseño del robot de competencias con piezas LEGO MINDSTORMS NXT 9797.

### III. MANO DE OBRA Y MÉTODOS: MISIONES DE LA COMPETENCIA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Las misiones del año de competencias FIRST LEGO League (FLL-2010) denominadas BODY FORWARD, estuvieron enfocadas al tema de la biomedicina. Por ello, los retos representaron ciertas circunstancias en la que se pueden presentar enfermedades que pueden afectar la salud del ser humano. Algunas de estas consistieron en curar una fractura de hueso, colocar un marcapaso y un parche en el corazón, representadas en la Fig. 4; e incluso poder destruir células malas, mapeo de nervios, filtro de sangre, activar un brazo mecánico, control de objetos a través del pensamiento, dispensador de medicinas, sensibilidad y otras más [6].



Fig. 4. Detalle de la construcción de algunos modelos con dual lock necesario.

CPN-2807, es una idea desarrollada que surgió de una problemática existente en nuestro país y en muchos lugares del mundo. En este tema influyen dos factores importantes: la mortalidad materna-infantil, y las malformaciones. Se quería innovar en la salud [7].

Estos problemas surgen por complicaciones y anomalías durante el periodo de embarazo; y al no ser atendidas o alertadas a tiempo, generan muchas situaciones de riesgo y, en la mayoría de los casos, lamentables muertes.

La arquitectura tanto del transmisor como del receptor, puede ser revisada en detalle en la referencia [2]. Sin embargo, es la estrategia adoptada en el concurso la que más interesa a esta investigación, y está descrita además en un video motivador on-line en la referencia [9].

La presentación del proyecto en Holanda fue plena en experiencias transversales de cooperación y colaboración con los equipos de todo el mundo. Durante los días previos a la competencia, el equipo peruano participó en una mesa de trabajo ligada a los problemas climáticos y las energías renovables. El diálogo con el embajador del Perú en el Reino de los Países Bajos, Allan Wagner Tizón, permitió intercambiar opiniones sobre el aporte del colegio mayor como ecocolegio en el tratamiento y cuidado de las aguas en forma sostenible. La presencia in-situ en la capital Real de La Haya permitió además tomar conocimiento de las actividades de la Corte Internacional de Justicia en materia de energías renovables.

Se visitó uno de los principales liceos holandeses, el colegio Liceo Cristiano de Delft, participando directamente en las clases de latín, historia, matemática por computador y dutch. A continuación realizaron una visita guiada con sus compañeros del gimnasio holandés al más grande centro tecnológico de esta parte de Europa, la Universidad Tecnológica de Delft y el Parque de Ciencias TUDelft. Al final, se revisaron en sus laboratorios los métodos y mejores procedimientos que empleaban sus equipos en el área de robótica.

Durante los siguientes tres días, en la verdadera competencia mundial de robótica, el Perú instaló en el área de pit #1 su posición ID #87 en lugar privilegiado. Todas las delegaciones e invitados de los países visitaron el stand del trabajo de investigación denominado “CPN 2807, Las Manos de Dios sobre ti” y diversas muestras de nuestro pasado histórico y cultural. El Cinturón PreNatal, visualizado en la Fig. 5 es un completo sistema de control con sensores de presión, temperatura y ultrasonido, similares a los sensores de Vernier utilizados por LEGO Mindstorms, RoboLab o NXT.

#### IV. MÁQUINA Y EQUIPO: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA CPN-2807

El objetivo fundamental de este equipo es identificar posibles complicaciones que alteren la normalidad del embarazo, así como alertar de estos problemas.



Fig. 5. Prototipo funcional del Cinturón Prenatal CPN-2807

El proceso de funcionamiento, mostrado en la Fig. 6, es el siguiente:

- Se obtiene los datos (temperatura en °C y otros parámetros) a través de los sensores.

- Se envía la información captada hacia el microcontrolador con la ayuda de un amplificador de señales.
- Los datos se procesan con la programación que contiene el PIC (con hardware y software).
- Se emite señales hacia el teléfono móvil a través de los puertos de salida del microcontrolador.
- El teléfono móvil realiza una llamada y transfiere la codificación.
- En el sistema de recepción, se calculan los datos y son mostrados en la pantalla LCD.
- En caso de que se presenten anomalías, se hará una llamada a un centro médico o a un familiar cercano.

Una completa presentación interactiva y narración de las diapositivas que presentan los procesos electrónicos de hardware y software, pueden revisarse en detalle en la referencia [2].

En la figura 7 puede verse la hoja de información del equipo Phi Kappa Psi con la que se participó en este evento mundial.



Fig. 6. Diseño y programación del emisor y receptor.

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En las ligas mayores de la robótica mundial el equipo Phi Kappa Psi ocupó el sábado 4 de junio de 2011 en la ciudad de Delft, Holanda, el PRIMER LUGAR en la categoría TRABAJO EN EQUIPO. Comparten esta satisfacción para sus países los equipos de Arabia Saudita en segundo lugar de la categoría; India y Singapur en la categoría Proyecto “Body Forward”; Taiwán e Israel en la categoría “desempeño del robot”. Alemania, Holanda y Tailandia respectivamente en las posiciones generales.

Ha sido evidente la sólida formación integral del equipo Phi Kappa Psi, quienes haciendo gala de su nombre, phi por su racionalidad, kappa por la constante de equilibrio y psi por su conducta, unificaron el conocimiento, la ciencia y los valores F.I.R.S.T. (For Inspiration and Recognition of Science and Technology), puestos en competencia luego de ganar la etapa nacional el sábado 27 de noviembre del 2010 [8].



| Team introduction sheet |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| Team ID                 | 87                         |
| Team Name               | Phi Kappa Psi              |
| Country                 | Peru                       |
| Number of team members  | 11                         |
| Number of coaches       | 1                          |
| Your team in 5 words    | Reward is found in effort. |

|  |   |
|--|---|
| Tell us about your research project<br>(max 100 words) | Due to high death rate among mothers and babies that our country has, we are contributing with rural and peasant communities in far regions, using an innovative design based on biomedical technology and knowledge acquired in biology and physics in our school. We have created a total control system that helps prevent problems during gestation. Using appropriate technology, we present our prenatal control belt with pressure, temperature and ultrasound sensors, similar to robot controls. Information is processed by a microcontroller and immediately sent to a hospital, where a specialist can examine in real time and give alert about the situation. |
|--|---|

|  |   |
|--|---|
| <p>Tell us about your robot<br/>(max 50 words)</p>   | <p>The robot's main features are functionality, speed and innovative structure. The tests performed made possible efficient modifications of the FLL missions proposed. Daily dedication in "Robot-Picchu", comes from every member of Phi-Kappa-Psi team. We have transmitted this experience to other members of our community: students, teachers, parents and public opinion.</p> |
| <p>Robot photo</p>  | <p>Team Photo</p>   |

Fig. 7. Hoja de presentación del equipo.

La evidencia de este premio demuestra que los peruanos somos capaces de trabajar en equipo e involucrarnos en un trabajo colaborativo entre alumnos de la educación superior y la educación secundaria, siempre desde un enfoque de procesos.

## VI. CONCLUSIONES

Mejorando la estrategia de la espina de pez de Ishikawa, se logró el efecto o solución al problema, al ganar el campeonato nacional e internacional Body Forward-2010, ubicando PRIMERO, sus verdaderas causas: la revisión de los **Materiales** de hardware y software más avanzados que resolvieran los problemas del mundo real usando la robótica y el control de procesos (sensores integrados de precisión, microcontroladores de gama media, control GSM, decodificadores DTMF). Buscando las compatibilidades entre los países para hacer una contribución a las comunidades rurales peruanas, sobre todo usando nuestra **Mano** de obra con ciencia y tecnología (trabajo conjunto entre alumnos de la educación secundaria y la educación universitaria). El grupo de robótica revisó los **Métodos** y mejores procedimientos para una correcta investigación, desarrollo e innovación (el aprendizaje basado en problemas utilizando la lista de misiones y la búsqueda inteligente de información). La curiosidad por las **Máquinas** y juguetes, su ensamblaje y operación, permitió la mejora continua de Robot-Picchu y del CPN-2807 desde el lanzamiento del reto Body Forward a mediados de setiembre del 2010. Nada hubiese sido posible sin una alta motivación intrínseca y un gran respeto por la **Madre** naturaleza. El uso de estas 5 "emes" como estrategia para crear la calidad y

lograr la mejora continua de nuestra participación desde el enfoque de la gestión de procesos en los eventos internacionales puede ser analizado en detalle en la referencia [9].

Se llegó al torneo científico tecnológico más emocionante del mundo, plenamente convencidos que “Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo”.

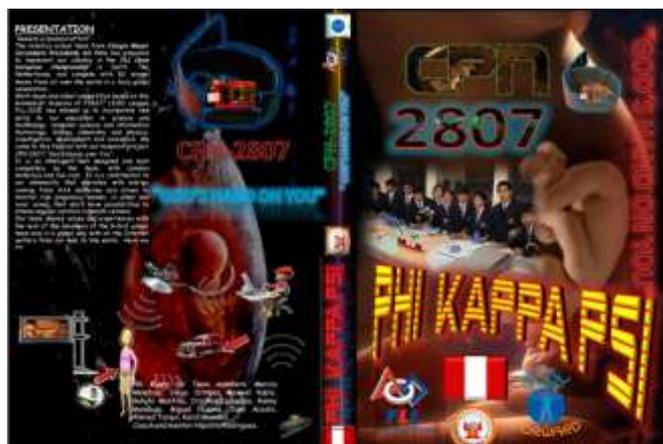


Fig. 8. Cubierta del DVD preparado para la presentación de la investigación ante el jurado calificador.

La participación de diez alumnos y su profesor del equipo Phi Kappa Psi del CMSPP en este festival global fue fructífera y meritoria. La FLL OEC es el concurso escolar más emocionante a nivel mundial en el campo de la tecnología electrónica y robótica escolar. Durante su transmisión en vivo por las redes sociales, destacó la realizada por Twitter donde más de un millón de jóvenes de los 55 países participantes siguieron la participación y premiación de sus compañeros en 71 equipos de todos los continentes, como puede verse en la Fig. 9. El equipo peruano del Colegio Mayor obtuvo el derecho para participar en esta etapa internacional al ganar en la competencia de FLL Nacional llevada a cabo en noviembre del 2010 en la ciudad de Lima, donde ganó además tres copas por mejor tarea de investigación y mejor trabajo en equipo.



Fig. 9. Premiación del equipo Phi Kappa Psi como Primer Puesto a nivel mundial en la categoría de Trabajo en Equipo.

La participación ante el Jurado de Trabajo en Equipo tuvo como estrategia cuatro pilares: la eficiencia en el uso de los recursos, el alcance de metas altas, la obtención de mejores resultados y el desarrollo del respeto, confianza, liderazgo y buena comunicación entre todos sus miembros. Se utilizó un reloj confeccionado horas antes, que reflejaba las funciones y los resultados obtenidos por cada alumno trabajando colaborativamente durante los últimos meses. Se hizo evidente la propuesta de Peter Senge con su “Quinta disciplina”, donde nos indica que el trabajo en equipo es una de las cinco disciplinas que deben ejercitar las organizaciones inteligentes u organizaciones abiertas al aprendizaje. El desempeño en la prueba psicológica de alta competencia deportiva para armar estructuras utilitarias con sogas gruesas impresionó al jurado. La presentación científica y artística de la investigación (ver Fig. 8) recibió además un reconocimiento especial del Dr. Woodie Flowers, fundador de la competencia robótica FIRST y profesor de ingeniería mecánica del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Los ganadores de premios pueden revisarse en la página de la referencia [10].



Fig. 10. Equipo PKP Lab, Campeón de Campeones 2012, siguiendo la estrategia de procesos virtuales.

Finalmente, para llegar a esta jornada mundial, el equipo compartió previamente valores y experiencias con los demás miembros del grupo I+D+i del colegio, y de forma global con todos los internautas desde su web y facebook hacia el mundo. De regreso y luego de reeditar su participación nacional en el 2011 y 2012 [11], el equipo ganó su derecho de defender su título, esta vez en la FIRST LEGO League Open European Championship 2012 en Mannheim, Alemania; y se convirtieron en el Campeón de

Campeones a nivel nacional en el 2012, clasificando para la Final Mundial en St. Louis, Missouri, 2013.

## REFERENCIAS

- [1] H. Rodríguez, "Robótica Colegio Mayor". *Portal del Grupo I+D+i en Robótica y Energías Renovables del Colegio Mayor Secundario Presidente del Perú (CMSPP)*, Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
<http://www.roboticacolegiomayor.info>
- [2] Phi Kappa Psi, "CPN-2807, Las manos de Dios sobre ti". *Plataforma del equipo PKP del CMSPP*, Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
<http://www.roboticacolegiomayor.info/flloecdelft>.
- [3] FIRST LEGO League, "The Challenge & Resources", *Manchester FIRST Community*, Último acceso: 03 de junio de 2013. <http://firstlegoleague.org/challenge/thechallenge>.
- [4] Diario El Peruano, "Alumnos inventan cinturón de control para gestantes", *CIENCIA. Médicos podrán monitorear embarazos a distancia*, Fecha: 04/04/2011, Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
<http://www.elperuano.com.pe/edicion/noticia.aspx?key=3md52pVtJcl=>
- [5] RPP, Radio Programas del Perú, "Conoce la faja inteligente que reduce los riesgos del embarazo", *Salud en RPP*, Programa emitido en 16.06.2011, Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
[http://www.rpp.com.pe/2011-06-16-conoce-la-faja-inteligente-que-reduce-los-riesgos-del-embarazo-noticia\\_375868.html](http://www.rpp.com.pe/2011-06-16-conoce-la-faja-inteligente-que-reduce-los-riesgos-del-embarazo-noticia_375868.html).
- [6] FLL 2010, "Body Forward" *Missions Robot Game*, Último acceso: 08 de diciembre de 2013. <http://www.youtube.com/watch?v=tEwTO3S5eOs>.
- [7] S. Heinrichs Gray, "Artificial Limbs" (*Innovation in Medicine - 21st Century Skills*). *Ann Arbor, Cherry Lake Pub*, 2008.
- [8] FLL Perú 2010, "Acerca de cómo el Colegio Mayor se llevó tres copas de la FLL-2010 Peru". *Robótica colegio*, Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
<http://www.youtube.com/watch?v=npAULDnYvT8>.

- [9] FLL OEC 2011, "Phi Kappa Psi from Peru is the First Place in Teamwork at the FLL Open European Championship 2011". *Robótica colegio*, Último acceso: 08 de diciembre de 2013. <http://www.youtube.com/watch?v=qfR2J74ic0s>.
- [10] FIRST® LEGO® League, "The winners are..." *Total award overview, Open European Championship 2010/2011*. Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
<http://www.fll.oecdelft.org/images/stories/Pricewinners.pdf>
- [11] FLL Perú 2011, "Acerca de Cómo el Colegio Mayor se llevó cinco copas de la FLL-2011 Peru". *Robótica colegio*, Último acceso: 08 de diciembre de 2013.  
<http://www.youtube.com/watch?v=FLohNwho1lk>.