

# Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2019

Elibro Online con ISSN  
1946-5351, Volumen 11, No. 9, 2019

Celaya, Guanajuato, México  
Noviembre 6, 7, y 8, de 2019

[www.AcademiaJournals.com](http://www.AcademiaJournals.com)



ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

# VALIDEZ DEL MODELO TEÓRICO DE LAS 4PS DE CAMBIOS RÁPIDOS

Yuridia Vega M.I.<sup>1</sup>, Dr. Roberto Romero-López<sup>2</sup>, M.C. José Luis Rodríguez Verduzco<sup>3</sup>, Dr. José Manuel Villegas Izaguirre<sup>4</sup> y M.C. Manuel Javier Rosel Solís<sup>5</sup>

**Resumen**— Los retos de las organizaciones hoy en día, es aumentar la calidad, eficiencia y flexibilidad en sus procesos productivos, con el objetivo de ampliar y diversificar la oferta de productos y servicios que brindan al mercado. En este artículo se presenta la validación convergente y divergente del modelo conceptual de las 4Ps; compuesto de 4 factores críticos que son: Proceso, Producto, Personas y Práctica; que inciden en la implementación eficiente de las actividades de cambios rápidos de modelos. Se aplicó un instrumento, previamente validado, a 281 sujetos que participan en las actividades de cambios rápidos en la industria maquiladora de Baja California. Los resultados muestran calidad en el modelo teórico al cumplir con los índices de bondad y ajuste.

**Palabras clave**—Validez de modelo, modelo 4Ps, cambios rápidos, modelo teórico, factores críticos.

## Introducción

Las actividades de cambios rápidos se pueden entender como el conjunto de actividades necesarias para establecer y/o ajustar elementos correctamente en el equipo de fabricación, con el fin de fabricar un nuevo producto con la calidad y velocidad de salida deseada (M. P. Reik, McIntosh, et al. 2006). El hacer más eficiente estas tareas permite disminuir los tiempos de cambio y a la vez incrementar la disponibilidad de la máquina y favorece a una producción flexible de alta mezcla y poco volumen, debido a que las intervenciones de cambios en los procesos son cortas (Mileham, A. R., Culley, S. J., McIntosh, R. I. and Owen 2002). En este sentido, se han desarrollado metodologías que aportan grandes beneficios para acortar los tiempos de cambio de manera efectiva para la instalación de la máquina, cambios de modelos y ajustes de las líneas de producción (Chen et al. 2017), por ejemplo, herramientas de manufactura esbelta, automatización de procesos, metodología DFC, reingeniería de proceso, entre otras. Pero pocas empresas analizan los factores y las variables que intervienen en el cambio para lograr mayor sostenibilidad de las mejoras en esta actividad. Fue Reik, quien en el año 2005, realizó un análisis de la metodología de cambios rápidos realzando la importancia de considerar los factores de diseño y factores organizacionales en el proceso de despliegue de esta metodología (MP Reik et al. 2005); y en el año 2006, publicó el modelo en el que identifica las 4p's (proceso, producto, procedimiento y persona) que afectan a las actividades de cambios rápidos como se aprecia en la Figura 1, así como un caso de aplicación enfocado al diseño de equipo y de fabricación flexible (M. P. Reik, McIntosh, et al. 2006; M. P. Reik, McIntosh, et al. 2006)(M. P. Reik, McIntosh, et al. 2006). En el año 2007 con apoyo del modelo antes mencionado, evalúa por separado los problemas del diseño del producto y del diseño del proceso de fabricación mediante estudios de casos, concluyendo el impacto positivo que éstos tienen (Michael Reik et al. 2007). Sin embargo, no muestra evidencia del impacto de cada una de las P's en dichas actividades de cambios rápidos, ni una relación de variables entre ellas, por lo que es necesario desarrollar un modelo predictivo que mida el efecto de cada una de variables que intervienen en las P's y su relación entre ellas.

Como trabajo previo a esta investigación, se diseñó y validó un instrumento de medición, el cual quedó estructurado con 79 ítems distribuidos en 5 dimensiones (actividades de cambios rápidos, proceso, producto, persona y práctica), a partir de una revisión de literatura y una operacionalización de variables, dicho instrumento fue sometido a una prueba de validación por expertos, donde se evaluó la relevancia de los ítems con una prueba de hipótesis de concordancia de Kendall, dando como resultado una relevancia total del instrumento del 94% y un valor P de 0.029, por lo que se aceptó la hipótesis de que existe un acuerdo significativo entre los expertos en relación con los ítems contenidos en el instrumento de medición de las 4Ps. Una segunda prueba consistió en aplicar el instrumento a 31

<sup>1</sup> La Mtra. Yuridia Vega, Profesor -Investigador de Tiempo Completo de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana Baja California, México. [vegay@uabc.edu.mx](mailto:vegay@uabc.edu.mx)

<sup>2</sup> El Dr. Roberto Romero López, Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez Chihuahua, México. [romero@uacj.mx](mailto:romero@uacj.mx)

<sup>3</sup> M.C. José Luis Rodríguez Verduzco, Profesor -Investigador de Tiempo Completo de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana Baja California, México. [jlrodriguez@uabc.edu.mx](mailto:jlrodriguez@uabc.edu.mx)

<sup>4</sup> Dr. José Manuel Villegas Izaguirre, Profesor -Investigador de Tiempo Completo de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana Baja California, México. [villegas\\_josemanuel@uabc.edu.mx](mailto:villegas_josemanuel@uabc.edu.mx)

<sup>5</sup> M.C. Manuel Javier Rosel Solís, Profesor -Investigador de Tiempo Completo de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana Baja California, México. [mrosel@uabc.edu.mx](mailto:mrosel@uabc.edu.mx)

sujetos para realizar una prueba de fiabilidad interna usando el estadístico alfa de Cronbach, dando como resultado un valor de 0.974 con los 79 ítems analizados. Con este resultado, se concluyó que el instrumento es consistente para medir las 4Ps de las actividades de cambio rápido. Gómez, et al., (2019), menciona que cuanto más cercano es el coeficiente de Cronbach a 1, más confiable es el instrumento, siendo aceptable mayor que 0.7(Gómez del Pulgar García Madrid et al. 2019).



Figura 1. Las “4Ps” de cambios rápidos. Fuente (M. P. Reik et al., 2006)

En este trabajo se presentan los resultados de la validación del modelo de medida para medir la efectividad de las actividades de cambios rápidos en las industrias de manufactura de Baja California, que permite evaluar la confiabilidad y la validez de los constructos propuestos.

### Materiales y Método

En esta investigación se utiliza un análisis factorial confirmatorio, a través de la técnica estadística multivariada de Modelo de Ecuaciones Estructurales (*Structural Equation Modeling, SEM*), que evalúa las relaciones de las variables dependientes y representa conceptos no observados (constructos) en estas relaciones, tomando en cuenta los errores de medida en las estimaciones (Escobedo et al. 2016). Se utiliza el modelo de medida, el cual representa las relaciones de las variables latentes con las variables indicadoras, con el objetivo de evaluar que las variables indicadoras seleccionadas miden correctamente al constructo (Cupani 2012).

### Materiales

Se utilizó el software Analysis of Moment Structures (AMOS) versión 24, para el modelado y cálculo de los parámetros del modelo, así como el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 25, para el análisis estadístico de la base de datos, con 281 casos, los cuales forman parte de los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de cambios rápidos en la industria maquiladora en Baja California, donde el sujeto de estudio fue el personal involucrado en estas actividades de cambio en el proceso. Cupani (2012), recomienda un mínimo de 200 casos para cualquier caso de aplicación de Ecuaciones Estructurales.

### Método

1. Se diseña el diagrama estructural o de sendero del modelo de medida en el software AMOS, el cual permitirá visualizar de manera grafica todos los elementos del modelo teórico y comprobar la identificación del modelo.

2. Se estiman las medidas para comprobar la calidad del modelo, las más recomendadas por la literatura se encuentran: la razón de chi-cuadrado sobre los grados de libertad (CMIN/DF), debiendo ser menor que 3, el índice de ajuste comparativo (CFI) y el índice de bondad de ajuste (GFI), que varían entre 0 y 1, donde el valor de 1, indican un ajuste perfecto, valores superiores a 0.9 sugieren un ajuste satisfactorio y 0.95 un ajuste óptimo, y el error residual cuadrático promedio de aproximación (RMSEA), donde valores por debajo de 0.05 se considera un buen ajuste, y por debajo de 0.08 un ajuste aceptable (Cupani 2012; Huerta Wong 2012).
3. Se estima la validez convergente y discriminante del modelo. La validez convergente mide la validación de los indicadores dentro de cada constructo. Esta validez se evalúa mediante la varianza extraída (AVE) y la fiabilidad compuesta del constructo (CR). Si el AVE es superior a 0.5 indica que los indicadores explican bien al constructo, y el CR debe ser mayor a 0.7. En caso de ser menor al valor puede deberse a las cargas individuales de los indicadores o bien que el tamaño de la muestra considerada no es suficiente aún (García 2011). La validez discriminante o divergente, prueba el grado en que los constructos difieren o no tienen relación, esto se hace por medio de la comparación entre la varianza compartida y la varianza extraída, para que exista validez discriminante la varianza compartida entre constructos debe ser menor que la varianza extraída para cada constructo individual (Martínez-García and Martínez-Caro 2009).
4. Se estiman las cargas factoriales de regresión de cada indicador, considerándose aceptables mayores a 0.7 y en caso de modelos complejos las cargas factoriales deben ser mayores a 0.5.

### **Resultados**

#### *1. Identificación del modelo*

Mediante el diagrama de sendero, que se muestra en la Figura 2, se estimó que el modelo está sobre identificado con 2,992 grados de libertad y se contrasta la hipótesis nula de igualdad de matriz de covarianzas nula contra la reproducida, con un valor chi cuadrada de 5,978.1576 y un valor P de 0.0000, rechazando la hipótesis nula, por lo tanto, podemos asegurar estadísticamente que las matrices de covarianzas son diferentes.

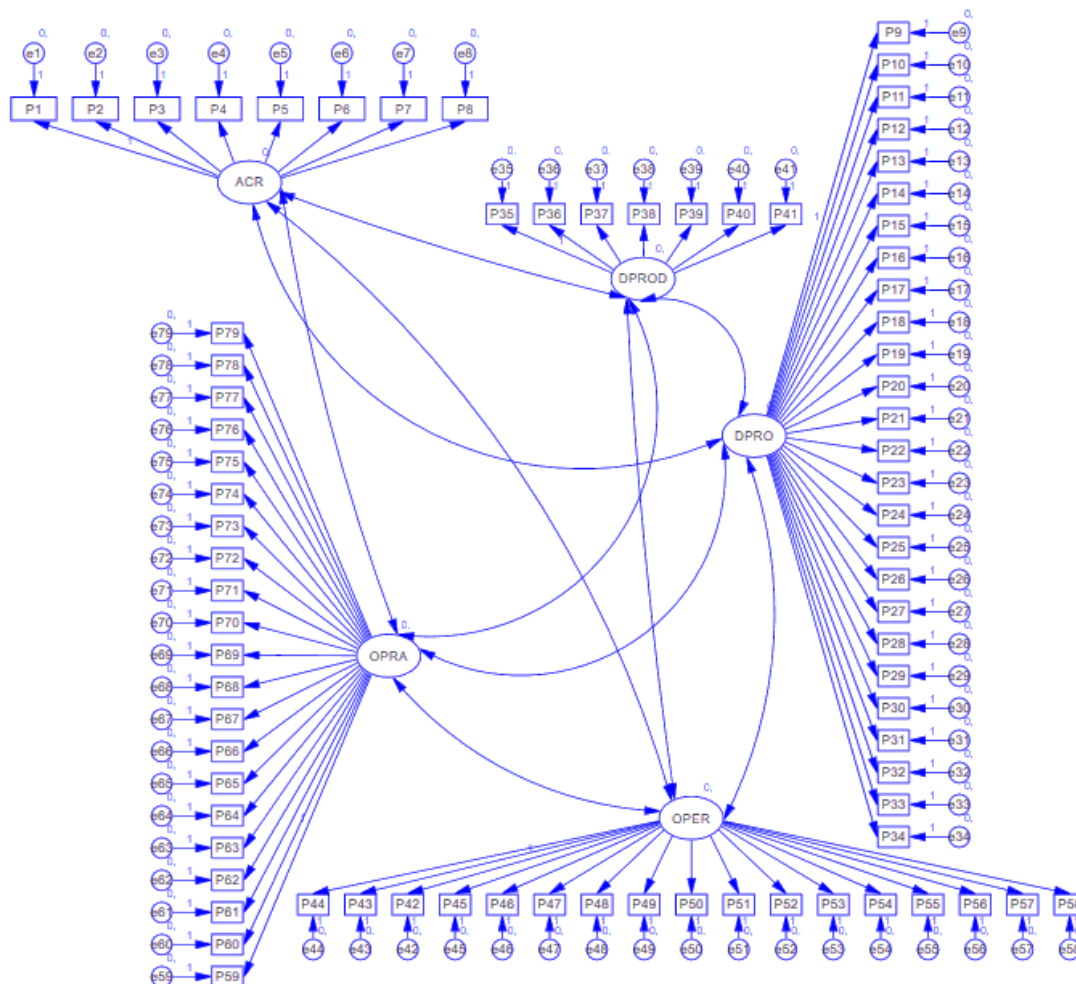


Figura 2. Diagrama del modelo de medida de los factores de las 4Ps de Cambios Rápidos

II. *Estimación de la calidad del modelo de medida*

En el Cuadro 1, se aprecia que los índices de ajuste absoluto se cumplen, por lo que el modelo global tiene un buen ajuste, respecto a los índices de ajuste comparativos tienen un ajuste moderado al ser menor de 0.90 y en el ajuste de parsimonia se muestra un resultado medio, lo que indica que en cierta medida los constructos se relacionan con la teoría que los sustenta (Cupani 2012; Escobedo et al. 2016; Huerta Wong 2012).

Estadístico	Abreviatura	Criterio	Valor	Decisión
<b>Ajuste Absoluto</b>				
Chi cuadrada	X <sup>2</sup>	p ≤ 0.05	0	Aceptado
Razón Chi-cuadrado / grados de libertad	X <sup>2</sup> / gl	Menor que 3	1.998	Aceptado
Raíz del residual cuadrático promedio de aproximación	RMSEA	Menor 0.08	0.06219	Aceptado
<b>Ajuste Comparativo</b>				
Índice de bondad de ajuste comparativo	CFI	≥ 0.90	0.718134	Aceptación Moderada
Índice de Tucker -Lewis	TLI	≥ 0.90	0.702307	Aceptación Moderada
<b>Ajuste Parsimonia</b>				

NFI corregido por parsimonia	PCFI	Próximo a 1	0.67995	Aceptación Moderada
------------------------------	------	-------------	---------	---------------------

Cuadro 1. Índices de ajuste del modelo de medida

III. *Validez Convergente y Discriminante*

Se aprecia en el Cuadro 2 los valores de CR, por lo que existe fiabilidad de los constructos al superar el criterio de CR>0.7, sin embargo, el valor recomendable de AVE, mayor a 0.5 para que exista una validez convergente, está cercano a cumplirse. Por otra parte, existe validez discriminante en algunos constructos del modelo ya que los valores de la raíz cuadrada de la varianza extraída (AVE) son mayores que las correlaciones interconstructo al cuadrado. El software sugiere eliminar las preguntas 1, 10, 35, 57 y 76 para favorecer los índices de estas validaciones.

	CR	AVE	ACR	Proceso	Producto	Persona	Práctica
ACR	0.861	0.449	<b>0.67</b>				
Proceso	0.912	0.293	0.776	<b>0.541</b>			
Producto	0.825	0.414	0.178	0.343	<b>0.643</b>		
Persona	0.914	0.388	0.654	0.728	0.348	<b>0.623</b>	
Práctica	0.943	0.446	0.704	0.783	0.211	0.766	<b>0.668</b>

Cuadro 2. Índices CR y AVE por Constructo

IV. *Análisis de las cargas de los indicadores*

Se consideran cargas factoriales aceptables valores mayores a 0.5. En el Cuadro 3, se pueden observar los indicadores críticos en cada uno de los constructos, lo que advierte de ítems traslapados o que no quedaron claros para el encuestado.

Indicador	Constructo	Carga factorial	Indicador	Constructo	Carga factorial
P1	ACR	0.393261	P41	PRODUCTO	0.738225
P2	ACR	0.440935	P42	PERSONA	0.592392
P3	ACR	0.667059	P43	PERSONA	0.50698
P4	ACR	0.676577	P44	PERSONA	0.692201
P5	ACR	0.772668	P45	PERSONA	0.697342
P6	ACR	0.760931	P46	PERSONA	0.695463
P7	ACR	0.761574	P47	PERSONA	0.681488
P8	ACR	0.762846	P48	PERSONA	0.681311
P9	PROCESO	0.643822	P49	PERSONA	0.677136
P10	PROCESO	0.350143	P50	PERSONA	0.56464
P11	PROCESO	0.469598	P51	PERSONA	0.594005
P12	PROCESO	0.548952	P52	PERSONA	0.676258
P13	PROCESO	0.604699	P53	PERSONA	0.536477
P14	PROCESO	0.358796	P54	PERSONA	0.623278
P15	PROCESO	0.547896	P55	PERSONA	0.631625

<b>P16</b>	PROCESO	0.638343	P56	PERSONA	0.677678
<b>P17</b>	PROCESO	0.66149	P57	PERSONA	0.493637
<b>P18</b>	PROCESO	0.627955	P58	PERSONA	0.494536
<b>P19</b>	PROCESO	0.466681	P59	PRACTICA	0.644886
<b>P20</b>	PROCESO	0.533955	P60	PRACTICA	0.722958
<b>P21</b>	PROCESO	0.542553	P61	PRACTICA	0.690282
<b>P22</b>	PROCESO	0.361416	P62	PRACTICA	0.710189
<b>P23</b>	PROCESO	0.415383	P63	PRACTICA	0.573764
<b>P24</b>	PROCESO	0.652301	P64	PRACTICA	0.687658
<b>P25</b>	PROCESO	0.558268	P65	PRACTICA	0.767376
<b>P26</b>	PROCESO	0.623462	P66	PRACTICA	0.622265
<b>P27</b>	PROCESO	0.473081	P67	PRACTICA	0.698382
<b>P28</b>	PROCESO	0.38324	P68	PRACTICA	0.679989
<b>P29</b>	PROCESO	0.633584	P69	PRACTICA	0.782977
<b>P30</b>	PROCESO	0.493517	P70	PRACTICA	0.727323
<b>P31</b>	PROCESO	0.646082	P71	PRACTICA	0.736272
<b>P32</b>	PROCESO	0.569863	P72	PRACTICA	0.716992
<b>P33</b>	PROCESO	0.586902	P73	PRACTICA	0.706315
<b>P34</b>	PROCESO	0.430938	P74	PRACTICA	0.767853
<b>P35</b>	PRODUCTO	0.334523	P75	PRACTICA	0.690566
<b>P36</b>	PRODUCTO	0.581645	P76	PRACTICA	0.371079
<b>P37</b>	PRODUCTO	0.666535	P77	PRACTICA	0.561221
<b>P38</b>	PRODUCTO	0.687672	P78	PRACTICA	0.452027
<b>P39</b>	PRODUCTO	0.612076	P79	PRACTICA	0.551288
<b>P40</b>	PRODUCTO	0.781537			

Cuadro 3. Cargas factoriales por indicador

### Comentarios Finales

A partir de los resultados obtenidos en este modelo de medida podemos apreciar que el análisis de ecuaciones estructurales es una herramienta muy eficaz para la evaluación de relaciones de los modelos teóricos, resaltando en este avance de la investigación un diseño de modelo que cumple para evaluar la efectividad de actividades de cambios rápidos a través de los factores de Proceso, Producto, Persona y Practica, aunque resalta en el análisis convergente y discriminante la necesidad de revisar los indicadores de los constructos de Proceso y Persona como prioridad para lograr los índices exigidos por la literatura.

### Recomendaciones

Se requiere ampliar el tamaño de muestra a mínimo 5 casos por indicador para favorecer los índices de Ajuste Comparativo y de Parsimonia, así como también analizar aquellos indicadores que tienen cargas factoriales por debajo de 0.5 con el fin de estudiar la posibilidad de hacer una rectificación del modelo basado en los índices de modificación y en la matriz residual de covarianza, esto favorecería a la validez convergente y discriminante.

### Referencias

- Chen, Siyu, Shuhai Fan, Jiawei Xiong, and Wenqian Zhang. 2017. "The Design of JMP/SAP Based Six Sigma Management System and Its Application in SMED." *Procedia Engineering* 174: 416–24. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705817301613>.
- Cupani, Marcus. 2012. "Análisis de Ecuaciones Estructurales: Conceptos, Etapas de Desarrollo y Un Ejemplo de Aplicación." *Revista Tesis* 1(2): 186–99.
- Escobedo, M., J. Hernández, V Estebané, and G. Martínez. 2016. "Modelos de Ecuaciones Estructurales: Características, Fases, Construcción, Aplicación y Resultados." *Ciencia & trabajo* 18(55): 16–22. [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-24492016000100004&lng=en&nrm=iso&tIng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492016000100004&lng=en&nrm=iso&tIng=en).
- García, María Ángeles. 2011. "Análisis Causal Con Ecuaciones Estructurales De La Satisfacción Ciudadana Con Los Servicios Municipales." *Eio.Usc.Es*: 1–125. [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto\\_610.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_610.pdf).

- Gómez del Pulgar García Madrid, Mercedes et al. 2019. "Fiabilidad de Una Escala Para La Evaluación de Competencias Enfermeras: Estudio de Concordancia." *Educación Médica* (xx). <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1575181318303450>.
- Huerta Wong, Juan Enrique. 2012. "Modelos de Ecuaciones Estructurales Con AMOS." 31(1): 49.
- Martínez-García, José Antonio, and Laura Martínez-Caro. 2009. "La Validez Discriminante Como Criterio de Evaluación de Escalas: ¿Teoría o Estadística?" *Universitas Psychologica* 8(1): 27–36.
- Mileham, A. R., Culley, S. J., McIntosh, R. I. and Owen, G. W. 2002. "The Development of a Design for Changeover Methodology." In *In: International Forum on DFMA, 2002-01-01*.
- Reik, M P, R I McIntosh, et al. 2006. "A Formal Design for Changeover Methodology. Part 1: Theory and Background." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 220: 1225–35.
- Reik, M P, R I McIntosh, et al. 2006. "A Formal Design for Changeover Methodology. Part 2: Theory and Background." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 220(8): 1225–35. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34247171749&partnerID=tZOtx3y1>.
- Reik, Michael et al. 2007. "Integrating Product and Manufacturing Systems Design to Minimise Changeover Losses." In *International Conference on Engineering Design, ICED'07*, , 1–9. <http://opus.bath.ac.uk/1551/>.
- Reik, MP et al. 2005. "The Development of a Systematic Design for Changeover Methodology Reik." *International Conference on Engineering Design, ICED'05* (2005): 1–26.

### Notas Biográficas

La **M.I. Yuridia Vega** es egresada de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Negocios Tecate. Realizó su Maestría en la misma institución en el área de Ingeniería en la especialidad Producción-Calidad. Cuenta con experiencia en la aplicación de metodologías de calidad, aseguramiento de la calidad y mejora de procesos. Cuenta con proyectos y publicaciones enfocadas a la mejora continua de procesos productivos. Cuenta con el reconocimiento a Perfil Deseable otorgado por la Secretaría de Educación Pública y nombramiento como Profesor Investigador otorgado por la UABC. Ha presentado varios trabajos en congresos de carácter nacional e Internacional. Actualmente estudia el Doctorado en Tecnología en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

El **Dr. Roberto Romero López** es Ingeniero Industrial Mecánico por el Instituto Tecnológico de Veracruz. Realizó la Maestría en Ingeniería Industrial con especialidad en Sistemas de Calidad en el Instituto Tecnológico de Orizaba y es Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es Coordinador del Programa de la Maestría en Ingeniería Industrial en el Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y miembro del Cuerpo Académico de Calidad y Optimización.

El **M.C. José Luis Rodríguez** es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Sonora con Maestría en Ciencias en Sistemas Digitales por el Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital del Instituto Politécnico Nacional. Cuenta con amplia experiencia en el área de Instrumentación y Control. Tiene el nombramiento como Profesor Investigador otorgado por la UABC. Ha realizado estancias en empresas desarrollando proyectos de automatización. Ha presentado trabajos en congresos internacionales y nacionales referentes a las áreas de Control, Desarrollo de Software Industrial y Didáctico.

El **M.C. Manuel Javier Rosel Solís** es egresado de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas del Instituto Tecnológico de Sonora, con Maestría en Ciencias en Diseño y Procesos de Manufactura en CETYS Universidad. Cuenta con experiencia en las áreas de Diseño y Manufactura. Ha realizado proyectos y publicaciones enfocadas a la mejora continua de procesos productivos. Cuenta con el reconocimiento a Perfil Deseable otorgado por la Secretaría de Educación Pública y nombramiento como Profesor Investigador otorgado por la UABC. Ha presentado varios trabajos en congresos de carácter nacional. Actualmente estudia el Doctorado en Tecnología en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.