

# Efecto de la utilización del diseño de experimentos sobre la producción del polvo útil de zinc

J.F. Magallanes-Armendariz<sup>1</sup>, R.A. Herrera-García<sup>1\*</sup>, E.D. Chiw-Gramillo<sup>1</sup>,  
L.I. Chairez-Acosta<sup>1</sup>, B. Carrera-Barraza<sup>2</sup>

**Resumen**—El objetivo del presente trabajo es incrementar la calidad a un 80% del polvo útil de zinc identificando los factores y su nivel de significancia que influyen directamente en el proceso de producción. Durante el proceso para la fabricación del polvo de zinc con una producción de 61.3 ton diarias aproximadamente el 75% es polvo útil de zinc siendo este un recurso clave para la separación de impurezas en una solución rica en zinc. Se utilizó un diseño de experimentos 2<sup>k</sup> completo. Los datos obtenidos de la experimentación se validaron estadísticamente se cumplió con supuesto de normalidad, varianza constante e independencia. Se realizó un análisis de varianza para obtener la variabilidad del proceso y conocer los efectos que influyen significativamente en la respuesta de salida. Se determinaron los niveles óptimos logrando un 81% promedio de zinc útil con los factores temperatura, tipo de boquilla y distancia de atomizado a los niveles 570 C°, DGG (doble gota grande), 10 pulgadas, respectivamente, el factor presión se determinó que no fue significativo. Con el uso de la metodología de diseños de experimentos es posible mejorar el rendimiento de un proceso, reducir su variabilidad o los costos de producción.

**Palabras claves**—Zinc, factores, Diseño, experimentos, DOE, ANOVA.

**Abstract**— Purpose of this work was to improve useful zinc dust quality to 80%, identifying both most influencing factors and significance level in production process. A complete 2<sup>k</sup> design of experiment was used, considering 61.3 tons zinc production on a daily basis, using a rich in zinc solution for the separation of impurities and obtaining only 75% useful zinc dust. Data obtained from the experimentation were statistically validated, with the assumption of normality, constant variance and independence. An analysis of variance was performed to obtain the variability of the process and to know the effects that significantly influence the output response. Optimum levels were determined by achieving an 81% of useful zinc in average, considering following factors: temperature, type of nozzle and spray distance at levels of 570 C°, DGG (large double drop), 10 inches, respectively, the pressure factor was determined not significant. Use of DOE allows the improvement in performance of a process, along with variability and production costs reduction.

**Keywords**— Zinc, factors, Design, experiments, DOE, ANOVA.

## I. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones necesitan métodos, técnicas y herramientas que les permitan distinguirse de sus competidores proporcionando productos y servicios que cumplan las necesidades de los clientes. Además, siempre en busca de incrementar la productividad en sus operaciones sin descuidar la calidad de sus productos lo cual los llevara a márgenes de ganancia superiores a los proyectados. La presencia de fenómenos aleatorios en todo proceso lleva a practicar la experimentación y por ende la necesidad de usar métodos/técnicas estadísticas que apoyarán a distinguir entre la gran variedad de combinaciones y la relación entre variables que en conjunto proporcionarán el producto final con las características deseadas por los clientes finales.

La experimentación juega un papel fundamental virtualmente en todos los campos de la investigación y el desarrollo. El objetivo de la experimentación es obtener información de calidad. Información que permita desarrollar nuevos productos y procesos, comprender mejor un sistema (un proceso industrial, un procedimiento analítico) y tomar decisiones sobre como optimizarlo y mejorar su calidad, y comprobar hipótesis científicas. (Ferré & Rius, n.d.) [1]

Un experimento diseñado y ejecutado apropiadamente permite realizar en forma adecuada el análisis estadístico y la interpretación de los resultados. De esta forma el investigador puede tomar decisiones acertadas acerca de la variable objeto de estudio. De aquí la importancia de los diseños estadísticos de experimentos en la generación de información confiable. (Gata Molina & Más Diego, 2016) [2]

El diseño de experimentos es una herramienta importante en la industria manufacturera hasta en las empresas de servicio ya que se utiliza para mejorar el desempeño de un proceso, además tiene múltiples aplicaciones en el desarrollo de nuevos procesos. (Pérez, 2009) [3]

<sup>1</sup> Tenologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Torreón, carretera antigua Torreón San Pedro km 7.5 cp. 27170Torreón Coahuila, México.

<sup>2</sup> Tenologico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Avenida Tecnológico N° 1555. Periferico Gómez-Lerdo Km 14.5, cp. 35150, Lerdo Durango México.

\* [herrera.ramon@icloud.com](mailto:herrera.ramon@icloud.com)

El diseño de experimentos, puede considerarse como un conjunto o serie de diversas pruebas que permite identificar diferentes aspectos de una o varias variables que se encuentren incluidos en el proceso, esto con el fin de obtener información que permita mejorar el sistema o proceso sobre el cual se estén realizando los experimentos o análisis. (Rojas & Almario Calderón , 2019) [4]

Sánchez, 2009 “El diseño de experimentos se puede definir como un conjunto de métodos que se utilizan para manipular un proceso con el fin de obtener información de cómo mejorarlo” (Ferré & Rius, 2002) [5]

La clave de un diseño de experimentos exitoso está en la definición del problema a investigar, es decir, generar un proceso desde el punto de vista sistémico, de tal manera que el experimento a analizar pueda verse como un conjunto de elementos interactuando entre sí para lograr un fin común afectados por variables internas y externas como el medio ambiente.(Gonzalez Almaguer, 2016) [6]

Montgomery (2001) establece que la importancia del diseño de experimentos recae en la necesidad que tienen las empresas de contar con procesos óptimos con la menor variabilidad para incrementar la calidad en sus productos o servicios. [7]

De acuerdo a Montgomery (2004) el DE es una prueba o serie de pruebas en las cuales se introducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida. Una buena técnica de diseño de experimentos resulta más eficaz y proporciona mejores resultados a un bajo costo, cuando se basa en estudiar simultáneamente los efectos de todos los factores de interés. (Rojas & Almario Calderón , 2019) [4]

Para obtener el valor óptimo se aplica una estrategia experimental que se conoce como Diseño de Experimentos (DOE); el cual consiste en seleccionar el tipo de diseño a utilizar, identificar los factores de interés con el fin de encontrar la combinación que mejor respuesta de a todas características de calidad  
El diseño estadístico de experimentos contempla una amplia variedad de estrategias experimentales que son adecuadas para generar la información que se busca el diseño factorial completo  $2^k$  es una de ellas. Este describe los experimentos mas adecuados para conocer simultaneamente que efecto tienen k factores sobre una respuesta descubrir si interaccionan entre ellos. (Ferré J. 2003) [8]

El término experimento factorial o arreglo factorial hace referencia a la constitución de los tratamientos o combinaciones de tratamientos que se desean comparar. Este término no afecta lo que se conoce como diseño de tratamientos, pues este se refiere a la selección de factores que se desean estudiar los niveles de los factores a ensayar y combinaciones de éstos. Los tratamientos en el análisis factorial consisten en todas las combinaciones se forman de los distintos niveles de los factores. (Pérez Redondas, 2016) [9]

En el proceso de la producción de zinc útil para la separación de impurezas en una solución rica en zinc en la empresa metalúrgica donde se realizó el proyecto no existe un método de trabajo que especifique los niveles óptimos de los factores que influyen directamente en la calidad del producto que permitan optimizar recursos y cumplir con las especificaciones del cliente.

Se espera que a través de DOE conocer los factores y/o interacciones que mayor influencia tienen sobre el proceso de producción y así establecer los niveles adecuados de operación que incrementen la producción de polvo de zinc útil.

## II. METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en una empresa del ramo metalúrgico de la Comarca Lagunera (26° N) durante el año 2019. Actualmente se tiene una infraestructura instalada para la fabricación de polvo de zinc capaz de producir en promedio 1,840 ton. mensuales o 61.3 ton. diarias, de las cuales aproximadamente 50% es polvo grueso (útil), 25% polvo fino (útil) y 25% polvo de rechazo.

Este porcentaje se obtiene mediante pruebas de granulometría que se realizan a lo largo del turno utilizando mallas de 65, 100 y 200 micras ( $\mu\text{m}$ ) para determinar el polvo de rechazo, polvo grueso y el polvo fino respectivamente. La producción de polvo de zinc es un recurso clave para la separación de impurezas en una solución rica en zinc y debido a esto la especificación aceptable de polvo fino/grueso de zinc deberá ser equivalente al 80%.

Los ingenieros de proceso y la experiencia del personal operativo han detectado los factores de operación que influyen en la producción de polvo:

1. Distancia de atomizado (in)
2. Presión de aire (kg)
3. Tipo de Boquilla de atomizado
4. Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

Estos factores son manejados y controlados por el personal en base a su experiencia desconociendo a qué niveles precisos se debe operar para obtener un polvo de

mayor calidad.

Para optimizar procesos de fabricación, condiciones de reacción y métodos de análisis entre otros, es necesario conocer qué variables influyen significativamente en el sistema y cómo lo afectan. (Ferré J., 2003) [8]

En el caso que se presente una mayor producción de polvo de rechazo (no útil) se vuelven a modificar las variables hasta que se produce polvo útil esto se hace indiscriminadamente y sin control.

Debido al requerimiento de incremento de producción de zinc metálico que se mencionó anteriormente se pretende que a través de esta metodología para encontrar la manera de reducir la producción de polvo de rechazo y establecer parámetros fijos del manejo de los factores mencionados.

De igual forma establecer mejores prácticas de operación que se verán reflejadas directamente a la poca exposición física del personal con el metal fundido y al ruido ocasionado por la atomización del aire.

En este estudio del tipo exploratorio el objetivo fundamental persigue establecer para las variables identificadas como significantes en el proceso de producción de polvo de zinc niveles óptimos. Es por eso que mediante el DOE 2<sup>k</sup> se busca optimizar el proceso de producción de polvo de zinc para incrementar la calidad del polvo útil (fino/grueso) de 75% a más del 80% como mínimo, ya que cada factor se estudia a dos niveles y la experimentación permite analizar todas las combinaciones de cada nivel de cada factor con los otros factores.

Para establecer el diseño de los factores y sus respectivos niveles se tomaron en cuenta los niveles actuales de operación mostrados en la Tabla I, de la información histórica de operación se observaron otros niveles a los que se llegó a operar y se obtuvieron altos porcentajes de polvo útil.

TABLA I  
FACTORES Y NIVELES ACTUALES DE OPERACIÓN

FACTORES	NIVELES
Temperatura (°C)	500
Presion (Kg)	5
Tipo Boquilla	Doble gota
Distancia de atomizado (in)	5

### III. DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Una vez que se establecieron los factores y sus niveles se realizó un diseño de experimentos 2<sup>4</sup>. Es decir, un diseño con cuatro factores con dos niveles cada mismos que se muestran en la Tabla II.

TABLA II  
FACTORES Y NIVELES A CONTROLAR

FACTORES		NIVEL BAJO	NIVEL ALTO
A	Temperatura (°C)	520	570
B	Presión (Kg)	5.5	6
C	Tipo Boquilla	DGC*	*DGG
D	Distancia de atomizado (in)	8	10

\*DGC = Doble gota chica, \*DGG= Doble gota grande

Es importante mencionar que los niveles que se mencionan de la información histórica siempre fueron hechos a prueba y error sin tener en ningún momento la certeza de que esos niveles fueran los mejores a los que se opera actualmente, por lo cual, basándose en las pruebas realizadas, con la experiencia y conocimiento en el proceso se establecieron los siguientes factores y sus respectivos niveles.

### IV. APLICACIÓN DEL MÉTODO

Ya que el objetivo es evaluar e identificar la significancia de k factores en el proceso de producción de polvo de zinc y determinar los niveles optimos. La Tabla III y la Figura 1 muestran el diseño experimental para los cuatro factores, estos expresados en unidades codificadas.

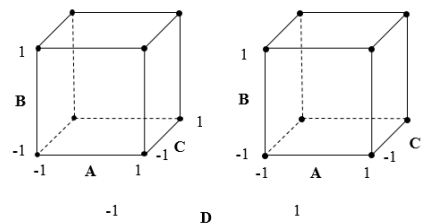


Figura 1. Diseño experimental para cuatro factores en unidades codificadas

TABLA III  
DISEÑO EXPERIMENTAL 2<sup>4</sup> UNIDADES CODIFICADAS

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
1	-	-	-	-
2	+	-	-	-
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	-
9	-	-	-	+
10	+	-	-	+
11	-	+	-	+
12	+	+	-	+
13	-	-	+	+
14	+	-	+	+
15	-	+	+	+
16	+	+	+	+

El diseño experimental para el estudio sustituyendo las unidades codificadas (+ y -) por los valores originales o reales obtenemos nuestro diseño experimental que se muestra en la Tabla IV la cual presenta también de manera estructurada la lista de experimentos a realizar. Por ejemplo, el experimento uno se realizó a una Temperatura (A) de 520 °c, con una Presión (B) de 5.5 kg, con un Tipo de Boquilla (C) Doble Gota Grande y una Distancia de atomizado (D) de 8 pulgadas.

Antes de realizar la experimentación de manera aleatoria hay que establecer el número de réplicas, así como estar seguros de la factibilidad de realizar cada experimento, si por parte del área operativa no ve factible llevar a cabo algún experimento se puede analizar la posibilidad de reemplazarlo o establecer una estrategia que convenza al área operativa para que se pueda completar el diseño experimental con la mínima pérdida de información para el análisis final.

Tabla IV  
DISEÑO EXPERIMENTAL 2<sup>4</sup> UNIDADES ORIGINALES

	Unidades Codificadas				Unidades Originales			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	A	B	C	D
1	-	-	-	-	520	5.5	DGG	8
2	+	-	-	-	570	5.5	DGG	8
3	-	+	-	-	520	6	DGG	8
4	+	+	-	-	570	6	DGG	8
5	-	-	+	-	520	5.5	DGC	8
6	+	-	+	-	570	5.5	DGC	8
7	-	+	+	-	520	6	DGC	8
8	+	+	+	-	570	6	DGC	8
9	-	-	-	+	520	5.5	DGG	10
10	+	-	-	+	570	5.5	DGG	10
11	-	+	-	+	520	6	DGG	10
12	+	+	-	+	570	6	DGG	10
13	-	-	+	+	520	5.5	DGC	10
14	+	-	+	+	570	5.5	DGC	10
15	-	+	+	+	520	6	DGC	10
16	+	+	+	+	570	6	DGC	10

V. RESULTADOS

En la Tabla V se muestran los porcentajes de polvo de zinc útil obtenidos de los experimentos incluyendo las replicas

Tabla V  
RESULTADOS OBTENIDOS. PORCENTAJE DE POLVO DE ZINC ÚTIL

	A	B	C	D	Réplica I	Réplica II
1	520	5.5	DGG	8	73%	75%
2	570	5.5	DGG	8	80%	81%
3	520	6	DGG	8	68%	70%
4	570	6	DGG	8	82%	81%
5	520	5.5	DGC	8	59%	78%
6	570	5.5	DGC	8	72%	71%
7	520	6	DGC	8	66%	81%
8	570	6	DGC	8	71%	73%
9	520	5.5	DGG	10	82%	71%
10	570	5.5	DGG	10	74%	75%
11	520	6	DGG	10	79%	77%
12	570	6	DGG	10	74%	74%
13	520	5.5	DGC	10	69%	69%
14	570	5.5	DGC	10	83%	81%
15	520	6	DGC	10	71%	67%
16	570	6	DGC	10	81%	66%

Para dar conclusiones certeras sobre los datos que se recolectaron, es importante validar estadísticamente los resultados [10].

Los datos fueron analizados con el software MINITAB

dada su diversidad para realizar cálculos matemáticos y gráficos. Se presentan los resultados en la tabla V, para validar estos resultados es necesario comprobar las gráficas de los supuestos de normalidad, varianza constante e independencia los cuales en este experimento se cumplieron.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para obtener la variabilidad del proceso para saber los efectos que influyen significativamente en la respuesta de salida, la el cual se presenta en la Tabla VI.

TABLA VI  
ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Factor	GL	SC	MC.	F	p
A	1	133.82	133.823	5.60	0.026
B	1	5.21	5.210	0.22	0.644
C	1	100.02	100.017	4.19	0.051
D	1	3.56	3.559	0.15	0.703
A*C*D	1	196.75	196.750	8.23	0.008
Error	26	621.35	23.898		
Total	31	1060.71			

Del análisis de varianza se puede observar que los factores principales A, D y la interacción ACD resultaron significativos (Valor  $p < 0.05$ ).

La existencia de la interacción ACD dificulta la interpretación de los efectos sobre la respuesta, pero con apoyo de una gráfica de cubos (Figura 2) apoya a la interpretación.

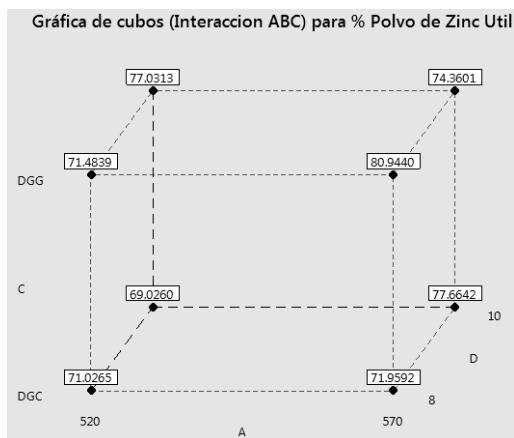


Figura 2. Gráfica de cubos Interacción ABC

Como se comentó el valor  $p$  de esta interacción fue menor a 0.05, lo que nos demuestra que hay evidencia estadística para suponer que estos factores en conjunto influyen sobre la generación de polvo de zinc útil por lo cual se debe decidir sobre las nuevas condiciones de operación.

Las condiciones de operación que pueden observar en la Figura 1 nos indican que para obtener en promedio un 81% de polvo de zinc útil se deben de manejar los factores según se muestran en la Tabla VII.

TABLA VII  
CONDICIONES DE OPERACIÓN

FACTORES		NIVEL
A	Temperatura (°C)	570
C	Tipo Boquilla	DGG
D	Distancia de atomizado (in)	10

De los factores que se seleccionaron para el estudio es importante considerar que, aunque el factor Presión (B) no resultó ser significativo para la producción de polvo de zinc es necesario para la operación por lo cual la presión que se deberá de manejar será bajo consideraciones del área operativa según convenga a sus intereses.

## VI. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El diseño de experimentos es altamente efectivo para procesos, el objetivo fue incrementar a más del 75% el polvo de zinc útil y al desarrollar experimento se logro incrementar en 6 puntos porcentales el polvo de zinc útil llegando al 81%. Con esta técnica se puede llegar a mejorar el rendimiento de un proceso, reducir su variabilidad o los costos de producción.

Se ha demostrado que la aplicación de DOE en un proceso en este caso metalúrgico demostró operar a niveles óptimos de los factores que influyen directamente en el proceso de producción de polvo de zinc así mismo se logró optimizar recursos y mejorar la calidad del producto.

Si bien el caso de estudio puede permitir utilizar alguna otra estrategia de experimentación se decidió el factorial debido a que permitió investigar todas las combinaciones de los niveles de los factores, de igual manera en cuestión operativa permitió hacer un mayor número de pruebas y el costo no era representativo para la gerencia.

En base a los resultados obtenidos se recomienda utilizar ésta metodología en los procesos donde se tiene una identificación y control de variables que permitan el desarrollo de pruebas experimentales.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Ferré, J. & Rius, X. (2002). Introducción al diseño estadístico de experimentos. 2019, agosto 22, de [www.quimica.urv.es](http://www.quimica.urv.es) Recuperado de <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/dis.pdf>
- [2] Gata Molina, A. & Más Diego, S M. (2016). Diseño de experimentos aplicado a investigaciones agrícolas

relacionadas con el campo electromagnético. 2019, septiembre 22, de <https://dialnet.unirioja.es> Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5434550>

- [3] Pérez, G. & Arango, M D. & Agudelo, Y. (2009). Aplicación del diseño de experimentos para el análisis del proceso de doblado. 2019, septiembre 22, de [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org) Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149212825011>
- [4] Rojas, B E. & Almarío Calderón, J D. (2019). Propuesta para la realización guías de laboratorio sobre el tema diseño de experimentos para la asignatura métodos experimentales del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Ibagué. 2019, noviembre 14, de <https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/handle/20.500.12313/821> Recuperado de <https://repositorio.unibague.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12313/821/1/Trabajo%20de%20grado.%20Pdf>
- [5] Ferré, J. & Rius, F. X. (2002). Introducción al diseño estadístico de experimentos. 2019, agosto 12, de [www.quimica.urv.es](http://www.quimica.urv.es) Recuperado de <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/dis.pdf>
- [6] González Almaguer, C A. (2016). Diseño de Experimentos y Técnicas de Fase Creativa para reducir el tiempo de diseño de nuevos productos Agroindustriales en zonas marginadas de México. 2019, noviembre 5, de <https://www.tdx.cat> Recuperado de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/387114/T\\_CAGA1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/387114/T_CAGA1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [7] Montgomery, D. C. (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. México: Limusa Wiley.
- [8] Ferré, J. (2003). El diseño factorial completo 22. 2019, agosto 15, de [www.quimica.urv.es](http://www.quimica.urv.es) Recuperado de <http://www.quimica.urv.es/quimio/general/disfact.pdf>
- [9] Pérez Redondas, L. (2016). Estudio de la microporosidad en aceros al manganeso mediante la aplicación de la técnica del diseño de experimentos. 2019, septiembre 28, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=78508> Recuperado de <http://hdl.handle.net/10651/38387>
- [10] Ilzarbe Izquierdo, Laura, & Tanco, Martín, & Viles, Elisabeth, & Álvarez Sánchez-Arjona, María Jesús (2007). El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. Aplicación de la metodología al caso de una catapulta. *Tecnura*, 10(20), 127-138. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2570/257021012011>



**Magallanes A. Jesús Francisco**, 31 de marzo de 1984, Torreón Coahuila. Instructor Lean Six Sigma Green Belt, SigmaPro, 2019, Especialidad en Métodos Estadísticos, CIMAT 2018, Black Belt LSSI (Lean Sigma Institute) 2015, Maestría en Administración de Sistemas de Calidad, Universidad del Valle de México Campus Laguna, Torreón, Coahuila, México (2014). Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México (2006).

El actualmente labora en la Metalúrgica Met-Mex Peñoles ubicada en boulevard Laguna 3200 poniente, Torreón, Coahuila, México o, como Ingeniero Industrial B y como Docente en la Universidad Iberoamericana (campus Laguna) impartiendo materias como análisis y diseño de experimentos, dirección de operaciones, ingeniería de la producción, control estadístico de la calidad, mejora de procesos (seis sigma), de igual forma en la Universidad Tec Milenio (campus Laguna) impartiendo el programa de Metodología de Optimización de Procesos (DMAIC), finalmente ha impartido clases a nivel posgrado en la Universidad Autónoma del Noroeste (UANE) con los programas de estadística aplicada a los negocios y simulación con Promodel.



**Herrera G. Ramon Alberto**. Torreón Coah. México, 06 agosto de 1984. Maestro en Administración y Alta Dirección de la Facultad de Contabilidad y Administración de la Universidad Autónoma de Coahuila (2010), Ingeniero Industrial egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna (2006). El actualmente labora en el Instituto Tecnológico de Torreón Ubicado en carretera Torreón-San Pedro km 7.5, como Profesor de tiempo completo con perfil deseable PRODEP 2018 en la Carrera de Ingeniería Logística impartiendo materias como Programación de procesos productivos, Mejora de procesos, Estadística Inferencial, Cultura de Calidad, es miembro de la Asociación Mexicana de Logística, ha ocupado cargos administrativos dentro de la Institución como Jefe de departamento de Ingenierías (2012), Jefe de la División de Estudios Profesionales (2013), Jefe del departamento de Recursos Materiales y Servicios (2016). Las líneas de investigación de interés están orientadas a la optimización de la producción, control de la calidad y aseguramiento de la cadena de suministro.

**Cháirez A. Luvianka Ivonett**. Torreón, Coah. México. 28 de febrero de 1976. Licenciada en Comercio Exterior y Aduanas por la Universidad Iberoamericana Plantel Laguna (2004), Certificada en Competencias de Enseñanza del Idioma Inglés como Segunda Lengua por la Universidad de Olds, Alberta, Canadá (2004) y Maestra en Innovación Educativa por la Universidad La Salle Laguna (2015). En el Instituto Tecnológico de Torreón fue Jefa de la División de Estudios Profesionales de 2007 a 2010; Jefa de Implementación del Programa de Lengua Extranjera de 2003 al 2018; Coordinadora de las carreras de Ingeniería en Logística e Ingeniería en Gestión Empresarial de 2012 a 2014; Presidenta de la Academia de Ingeniería en Logística de 2014 a 2017; Docente del Área de Ciencias Económico Administrativas de 2003 a la fecha, y Perfil PRODEP en 2018. Las líneas de investigación de interés son las relacionadas a la Innovación educativa, la Gestión de la cadena de suministro, la Optimización del transporte; entre otros.



**Chiw G. Esmeralda Daniela**. Torreón, Coahuila, 30 de septiembre de 1981. Ingeniero Industrial, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México. Titulación 2003. Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México. Titulación 2005. Actualmente labora en el Instituto Tecnológico de Torreón en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, desempeñándose como docente de las materias de Investigación de Operaciones, Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional, Cadena de Suministro, entre otras. Es secretaria de la academia de Ingeniería en Logística. Es responsable de la oficina de proyectos de docencia de la carrera de Ingeniería en Logística. Cuenta con experiencia en el desarrollo, implantación y mejoramiento de Sistemas de gestión de calidad, sistemas de gestión de inocuidad alimentaria y sistemas para laboratorios de ensayo y calibración en empresas públicas y privadas. Las líneas de interés del autor son:

mejoramiento de la cadena de suministro, logística, gestión de la calidad y manufactura avanzada. M.C. Chiw, es miembro de la Asociación Mexicana de Logística.



**Carrera Barraza Brenda.** Torreón Coahuila. México, 15 enero de 1978. Doctora en Administración Estratégica del Instituto Internacional de Administración Estratégica (2018), Maestra en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de la Laguna (2008), Ingeniera Industrial del Instituto Tecnológico de la Laguna. Actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, ubicado en Av. Tecnológico No. 1555 Sur Periférico Gómez - Lerdo Km. 14.5, C.P. 35150 Cd. Lerdo, Dgo, como profesor de tiempo completo en la Carrera de Ingeniería Industrial impartiendo materias como Estadística Inferencia I, Estadística Inferencia II, Formulación y Evaluación de Proyectos, Tópicos de Manufactura, Ergonomía, Control Estadístico de la Calidad