

Uso de la metodología del diseño por mezclas en el sector agrícola

Mirna Judith Gómez Payán¹, Roberto Romero López¹, Rey David Molina Arredondo¹, Sergio Miguel Terrazas Porras¹, Oscar Nuñez Ortega¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Introducción

Antecedentes

Dentro de la industria, existe una variedad de productos elaborados mezclando dos o más ingredientes, en los cuales las características de calidad dependen de las proporciones de los componentes en su formulación, por lo cual es importante encontrar la mejor mezcla de los ingredientes utilizados. Las industrias en las que mayormente se observa este fenómeno dentro de sus productos son las alimentarias, agrícolas, industria del concreto, farmacéuticas entre otras (Lopez Torres, Ramirez Guzman, Gonzalez Cossio, & Martinez Garza, 2010).

En la industria alimentaria, en muchos productos tales como salsas, néctares, jugos, galletas, helados y yogures, es muy importante encontrar la mejor mezcla de los ingredientes utilizados en su elaboración. El jugo, por ejemplo, es una bebida alimenticia, elaborada a partir de la mezcla de una o varias frutas, agua y azúcar; las bebidas compuestas de varias frutas presentan una serie de características, como la posibilidad de diferentes aromas, sabores y componentes nutricionales, a partir de las proporciones de los compuestos, es decir, las cantidades de cada

componente le otorga una característica única al producto final (Rojas, Tripaldi, Perez, & Quinteros, 2012). Otro ejemplo, se presenta en la elaboración del helado, en la cual, se busca optimizar las características, buscando establecer un producto que presente la mejor aceptación sensorial, mayor rendimiento y menor costo (Lopez Torres, Ramirez Guzman, Gonzalez Cossio, & Martinez Garza, 2010). En la mayoría de los alimentos, el objetivo es encontrar la mejor muestra o formulación de alimentos, aumentando las características que a los consumidores les agradan (Mejia Dominguez, Macavilca Tidayauri, Velazquez Gamarra, Palacios, & Garcia Alor, 2013) (Gordillo Silva, Guerrero Medina, Izaziga Luna, Lázaro Saavedra, Rojas Naccha, & Laguna Pajilla, 2012).

Otro tipo de industria donde también se encontró evidencia de la aplicación del diseño por mezclas es la industria de concreto, donde en los últimos años la tecnología ha evolucionado en gran medida debido a la aparición de nuevos aditivos que brindan al mercado soluciones a distintos requerimientos y que ofrecen innovadoras alternativas para mejorar procesos constructivos, al igual que el desempeño de terraplenes destinados a

obras de pavimento en carreteras o pistas de aeronaves los cuales, dependen del comportamiento de los materiales empleados en las diferentes capas estructurales del pavimento (Guevara Palma, Mendez Delgado, & Pimentel Gomez, 2010); en otras palabras las especificaciones de los materiales asfálticos son cada vez más estrictos, buscando que cumpla con : una mayor duración, menores fallas al paso de vehículos, significativa repelencia al agua, facilidad para la reparación de baches, entre otros; y eso solo se cumple al obtener la mejor mezcla de los componentes a partir de las proporciones (Santa Cruz Noriega & Alaysa Valenzuela, 2014) (Ostos Chirinos, 2009).

En la industria agrícola, en algunos casos, se pretende encontrar la mejor mezcla de residuos agrícolas con determinada composición o estandarización en algunos de sus componentes para el cultivo, buscando obtener una buena cosecha (Fernandez Rodriguez & Ruilova Cueva, 2013). Muchos agricultores enriquecen la tierra con fertilizantes naturales, llámese estiércol, abono verde y composta. La tierra es una mezcla de arena, sedimentos, arcilla y materia orgánica, la proporción de cada componente y los métodos agrícolas que se apliquen, afectarán la textura de la tierra, su fertilidad y su estructura.

Las herramientas estadísticas más frecuentemente empleadas en los laboratorios industriales son las técnicas de diseño de experimentos factoriales a dos niveles (Ning, Fang, & Zhou , 2011). Estos métodos implican realizar todas las

combinaciones de cada factor a nivel alto y otro bajo, sin embargo, cuando la respuesta depende de la proporción de los ingredientes como en todos los ejemplos anteriores, estas técnicas nos son útiles. En la optimización de las características de una mezcla, las propiedades de la misma depende de proporciones de los componentes y no de la cantidad final de la mezcla (M. Guish, D. Pavioni, & Kessler, 2011).

Es por lo anterior, que en los últimos años se han venido aplicando con éxito los diseños experimentales de mezclas, para evaluar de manera consistente y económica la influencia de cada uno de los componentes de la mezcla en el producto final (Soto Alcantar, 2012). El diseño experimental de mezclas permite aplicar el criterio que la suma de las proporciones de los componentes es el 100% y que por supuesto la modificación de un porcentaje afecta los otros. El punto de partida para este tipo de experimentos, es el análisis y delineamiento de los materiales, ya que el diseño de mezclas es una metodología importante para el desarrollo y optimización de los productos (Saltos & Bayas, 2010) (Kochupurakkal Dhibby, Radhakrishna, & Sing Bawa, 2013).

En el diseño de mezclas se trabaja con factores experimentales, los cuales son productos o ingredientes con un determinado número de componentes, la variable de respuesta o propiedad típica depende de la composición final que alcance la mezcla resultante dada por el aporte relativo o proporciones relativas de cada uno de los productos que han

participado en la mezcla y no de la cantidad absoluta (Fernandez Rodriguez & Ruilova Cueva, 2013).

Planteamiento del Problema

En los últimos años, la competitividad en el mercado ha tenido un crecimiento exponencial debido a la globalización, es decir, van surgiendo nuevos productos o servicios que va aumentando el nivel de exigencia o satisfacción del cliente al realizar compras, aumentando así las necesidades o expectativas del producto.

En las industrias que elaboran productos compuestos por la mezcla de dos o más ingredientes, constantemente están en la búsqueda de la determinación de la cantidad exacta que cumpla con las características que el cliente busca en los diferentes productos. En el caso de la industria agrícola, al momento de crear la composta, se pretende obtener la mejor mezcla de los desechos orgánicos, buscando afecte de forma positiva la textura de la tierra, para así obtener una buena cosecha.

No solo en la empresas se observa estos fenómeno, en muchas situaciones de la vida real, la respuesta de un experimento de mezcla depende no solo de la composición de la mezcla sino también de su cantidad (Pal & Kumar Mandal, 2012).

Objetivos

Después de dar a conocer la problemática a la cual se buscará dar solución en el presente proyecto, se establecen los siguientes objetivos:

Aplicar la metodología de diseño de experimentos por mezclas, en el proceso de elaboración de abono orgánico en el sector agrícola.

Identificación del proceso de elaboración del abono.

Aplicar el diseño de mezclas a dicho proceso.

Delineamiento y análisis de mezclas.

Selección de ingredientes óptimos.

Determinación de cantidades relativas.

Hipótesis

El uso de la herramienta diseño de experimentos de mezclas identifica los parámetros óptimos de la variable de respuesta.

Justificación

Para sobrevivir en el mundo competitivo de hoy, las empresas deben desarrollar y fabricar de manera oportuna los productos que cumplen con la siempre cambiante expectativa de los clientes. Muchos productos se forman mediante la mezcla de dos o más ingredientes (componentes) como productos plásticos, aleaciones, hormigón y diversos productos alimenticios (Feters, Curry, & Creswell, 2013).

Las compañías deben desarrollar de manera eficiente las formulaciones de productos que cumplan con los requisitos del cliente en las propiedades del producto, al igual que también determinar de manera eficiente los mejores valores de dichas variables. Los diseños de mezclas prevén un

desarrollo de formulaciones eficientes de productos y los ajustes de otras variables para cumplir con los requisitos sobre las propiedades del producto (Kaya, Piepel, & Caniyilmaz, 2013)

La finalidad de mezclar varios estabilizantes es lograr la función específica y obviar alguna de las propiedades limitantes de un compuesto determinado, sin embargo, la adición de una cantidad demasiada elevada de los componentes puede dar lugar a un aspecto indeseable en los productos (Gaviria T., Restrepo M., & Suarez M. , 2010).

Los diseños experimentales de mezclas permiten evaluar de manera consistente y económica la influencia de cada uno de los componentes de la mezcla en el producto final (H. Saltos, 2010).

Este modelo es adecuado cuando el cambio en la cantidad no solo afecta a la respuesta sino también a la composición de la mezcla (Pal & Kumar Mandal, 2012).

En algunas aplicaciones del diseño de experimentos por mezclas se han obtenido grandes beneficios, un ejemplo de ello es una empresa cementera, en la cual se obtuvo un ahorro del 10 al 15% de peso de cemento, es decir ahorro en la materia prima al momento de realizar la mezcla para la obtención de lo que conocemos como cemento, obteniendo así, ahorro en el costo total de la producción, al igual que en las materias primas para la fabricación del cemento, teniendo con esto un doble beneficio, económico y ambiental (Ostos Chirinos, 2009), es decir se encontró los valores óptimos de la mezcla, evitando

consumir más materia prima de la necesaria, representando un valor significativo en la empresa, al reducir los costos de la producción, al igual que en la naturaleza se refleja positivamente la investigación, ya que se logra reducir la utilización de materia prima que se obtiene de la naturaleza.

La creciente necesidad de encontrar alternativas que armonicen con el medio ambiente está llevando a buscar cada vez mejores alternativas en los procesos de los productos (Sastry, Rao, & Rao, 2011).

El diseño de experimentos con mezclas determinar cuáles de los ingredientes de la mezcla o interacciones entre ellos tienen una mayor influencia sobre una o varias respuestas de interés; modela las respuestas de interés en función de las proporciones de los componentes de la mezcla y utiliza los modelos para determinar en qué porcentaje debe participar cada uno de los ingredientes para lograr que las fórmulas tengan las propiedades deseadas (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

Alcance y Limitación

El presente documento está enfocado a nivel teórico, es decir, busca recopilar información para conocer y entender la metodología de diseño de experimentos por mezclas, que se utilizará en el proyecto, el cual está orientado a la optimización de parámetros en procesos agrícolas.

El alcance del proyecto es aplicar la herramienta a un proceso productivo del sector agrícola, aunque por el momento es entender cómo funciona la herramienta, ver

de qué manera se aplica a diferentes procesos, que factores intervienen para obtener el producto, reconocer que recursos se requieren para la realización del diseño de experimentos y obtener el conocimiento

necesario para la toma de decisiones ante un proceso agrícola.

Dentro de las delimitaciones, se aplicarán las interacciones necesarias entre los niveles, para la obtención de resultados.

Marco Teórico

Diseño de experimentos

En el campo de la industria es una práctica común hacer experimentos o pruebas con la intención de que al mover o hacer algunos cambios en los materiales, métodos o condiciones de operación de un proceso se puedan detectar, resolver o minimizar los problemas de calidad (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004, pag. 4).

Es común que estas pruebas o experimentos se hagan sobre la marcha a prueba y error, apelando a la experiencia y a la intuición; en lugar de seguir un plan experimental adecuado que garantice una buena respuesta a las interrogantes planteadas (E. Box, Hunter, & G. Hunter, 2008). En muchas situaciones no es suficiente aplicar experimentación a prueba y error, por lo que siempre es mejor proceder siempre en una forma eficaz que garantice la obtención de las respuestas a las interrogantes planteadas, en un lapso corto de tiempo y utilizando pocos recursos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004, pag.4). Es aquí donde el diseño de experimentos es utilizado ya que es la forma más eficaz de hacer pruebas en los procesos, proporciona la técnica y la estrategia necesaria para llevar los procesos a mejores condiciones de operación.

El diseño de experimentos se define como el conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería que permiten lograr la máxima eficacia de los procesos de producción al menor costo (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004, pag. 5); o bien podríamos llamarlo como un experimento diseñado el cual se define como “una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen 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 las respuestas de salida (C. Montgomery, 1991, pag. 1).

El diseño de experimentos consiste en planear un conjunto de pruebas experimentales, de tal manera que los datos generados puedan analizarse estadísticamente para obtener conclusiones válidas y objetivas acerca de sistema de proceso (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004) (O. Kuehl, 2003).

Principios básicos del diseño de experimentos

Existen tres principios básicos en el diseño de experimentos, los cuales se mencionan a continuación.

- Aleatorización: Consiste en hacer corridas experimentales, tanto la

asignación del material experimental como el orden de las pruebas individuales en orden aleatorio, este principio aumenta la posibilidad de que la independencia de los errores se cumpla.

- Repetición o replica: Es la repetición del experimento básico, es decir correr más de una vez un tratamiento o combinación de factores.

- Análisis por bloques: Es una técnica que se usa para incrementar la precisión del experimento, es decir nulificar o tomar en cuenta en forma adecuada los factores que puedan afectar la respuesta dada (Montgomery, 1991) (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

Los diseños se pueden clasificar como:

3. Diseños para comparar dos o más tratamientos
4. Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre las respuestas
5. Diseños para determinar el punto óptimo de operación del proceso.
6. Diseños para la optimización de una mezcla
7. Diseños para hacer el producto insensible a factores no controlables (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

Algunos problema típicos de la industria que se pueden resolver con el diseño y análisis de experimentos, son los siguientes:

- Comparar a dos o más proveedores de mismo material con el fin de elegir al que mejor cumple con los requerimientos.
- Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
- Proponer una nueva manera de operar el proceso, variar sus condiciones y hacer cambios con el objetivo de reducir el número de defectos.
- Determinar los factores o fuentes de variabilidad que tienen impacto en la capacidad del proceso para cumplir con sus requerimientos mas importantes.
- Localizar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad; por ejemplo) donde el proceso logra el desempeño óptimo.
- Proponer un nuevo método de muestreo igual de efectivo, pero más económico que el actual.
- Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
- Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004, pag. 5)

Todos los problemas anteriores se resuelven al aplicar diseños cuyos niveles de cada factor son independientes de los niveles de los otros factores, sin embargo, en los experimentos con mezclas, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla por lo cual los niveles de dichos ingredientes no son independientes.

El diseño experimental de mezclas permite aplicar el criterio que la suma de las proporciones de los componentes es el 100% y que por supuesto la modificación de un porcentaje afecta los otros. Consecuentemente en tales casos, los factores experimentales son precisamente los componentes de la mezcla; y los resultados son funciones de tales proporciones y pueden optimizarse mediante la técnica de la superficie de respuesta. En la industria alimentaria, del mismo modo que en la industria farmacéutica, han venido aplicándose con éxito los diseños experimentales de mezclas para evaluar de manera consistente y económica la influencia de cada uno de los componentes de la mezcla en el producto final. (H. Saltos, 2010)

Generalmente en el diseño de mezclas con el objetivo de la investigación o en trabajos prácticos cotidianos se trabaja con factores experimentales los cuales

pueden ser productos o ingredientes con un determinado número de componentes. La variable respuesta o propiedad típica depende de la composición final que alcance la mezcla resultante dada por el aporte relativo o proporciones relativas de cada uno de los productos que han participado en la mezcla y no de la cantidad absoluta. Las proporciones deben sumas 1 o 100 en forma de por ciento, los factores no pueden variar independientemente sobre algún otro. (Fernandez Rodriguez & Ruilova Cueva, 2013)

Los diseños experimentales de mezclas más frecuentes utilizados son el llamado de red simple (*simplex-lattice*), el centrado simple (*simplex-centroid*), vértices extremos y el diseño mixto (M. Guish, D. Pavioni, & Kessler, 2011).

En la figura 1 se observan los diferentes experimentos con diseños de mezcla.

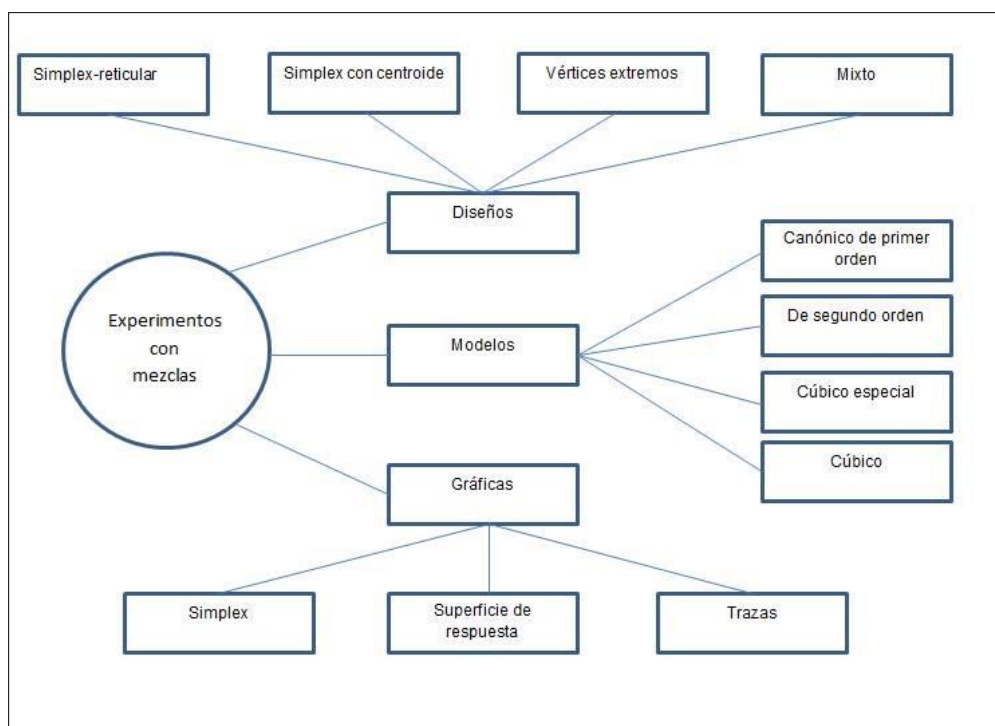


Figura 1. Tipos de diseños de experimentos para mezclas

Diseños de tratamientos para mezclas

Diseño simplex reticular

Considera q componentes y permite ajustar un modelo de orden m . Los tratamientos se obtienen con todas las mezclas que pueden formarse dado que los componentes toman los valores $X_i = 0, 1/m, 2/m, \dots, m/m$.

Diseño simplex con centroide

Este tipo de diseño es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1, 2, 3... o k componentes en proporciones iguales. Un ejemplo de aplicación es al variar el disolvente o mezcla utilizada, en la extracción de diferentes isoflavonas se optimizó utilizando el diseño de la mezcla-centroide simplex. Las isoflavonas juegan un papel importante en la salud, ya que

disminuye el riesgo de contraer enfermedades del corazón, alivia síntomas de menopausia, protege contra problemas de próstata, entre otros (Yoshiara, Madeira, & Delaroza, 2012).

Diseño de vértices extremos

Se aplica en experimentos de mezclas con restricciones donde la región experimental es un polígono irregular. Se usan los vértices de la región restringida como la base del diseño, junto con puntos entre el centroide global y el centroide de la región experimental.

Experimento mixto

Con este diseño se estudian los efectos combinados de variables de proceso y componentes de una mezcla sobre una determinada variable de respuesta.

Materiales

Los materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto son los siguientes:

- Una computadora o laptop, para realizar el escrito del documento, así como realizar el análisis de los datos.
- Software Minitab 16 ®, con él se realizará el análisis de los datos recolectados para el proyecto.
- Microsoft Excel para la realización de gráficas, tablas y cuadros, ya que es una manera clara y precisa de mostrar la información.
- Microsoft Word, este software nos permitirá llevar a cabo la

documentación del proyecto de una manera fácil, pudiendo modificar la información cada vez que sea necesaria.

- Material de consulta (libros, internet, artículos) para la realización de los antecedentes y revisión literaria.

Así como también es primordial contar con el permiso y apoyo de la empresa en el que se aplicará la metodología Diseño de experimentos por mezcla, ya que en ella se deberá presentar el plan de trabajo para solicitar los recursos necesarios para llevarla a cabo.

Métodos

Identificar los principales diseños de experimentos para mezclas junto con su representación geométrica y los modelos estadísticos adecuados para analizar los resultados experimentales.

Para el presente proyecto se espera implementar la herramienta en alguna empresa agrícola del estado de Chihuahua,

buscando determinar los parámetros óptimos en la elaboración de la composta, obteniendo un impacto positivo tanto en la empresa como en el medio ambiente.

Referencias

Alassa, G. M., & Arrua, P. A. (2010). Diseño de mezclas del suelo compactado para la construcción de terraplenes. EIA, 51-61.

Box, G. E., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. (2008). Estadística para investigadores: Diseño, innovación y descubrimiento. Barcelona: Reverté.

Escalante Vázquez, E. J. (2003). Seis-Sigma Metodología y Técnicas. Mexico: LIMUSA.

Fernandez Rodriguez, F., & Ruilova Cueva, M. B. (2013). Programa para el diseño de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*. Tecnología química, 128-136.

Fetters, M. D., Curry, L. A., & Creswell, J. W. (2013). Achieving Integration in Mixed Methods Designs - Principles and practices. *Health Service Research*, 2134-2158.

Gaviria T., P. M., Restrepo M., D. A., & Suarez M., H. (2010). Utilización de hidrocolides en bebida lactea tipo kumis. *Revista de la facultad de quimica farmaceutica*, 29-36.

Gordillo Silva, C., Guerrero Medina, N., Izaziga Luna, N., Lázaro Saavedra, M., Rojas Naccha, J. C., & Laguna Pajilla, B. (2012). Efecto de la proporción de naranja (citrus Sinesis), papaya y piña en la aceptación sensorial de un nectar mixto. *Agroindustrial Science*, 132-139.

Guevara Palma, M. R., Mendez Delgado, H. A., & Pimentel Gomez, J. C. (2010). Diseño de mezclas asfálticas densas en frio basadas en el metodo Marshall modificado de la universidad de Illinois.

Gaisch, A. M., Pavioni, O. D., & Kessler, T. (2011). Aplicación del diseño de mezclas para la determinación del color en pastas comestibles. *Jornadas Nacionales del Color en Mar del Plata*, 13.

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2004). *Análisis y Diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill.

H. Saltos, A. B. (2010). Aplicacion de un diseño experimental de mezclas en el desarrollo de una "Barra energetica" con base en el salvado de palmito de Pejibaye. *Revista Tecnologica ESPOL*, 1-8.

Kaya, Y., Piepel, G., & Caniyilmaz, E. (2013). Development of a Rubber-Based Product Using a Mixture Experiment: A Challenging Case Study. *Smithers Rapra Technology*, 123-151.

Kochupurakkal Dhibby, V., Radhakrishna, K., & Sing Bawa, A. (2013). Development of whey-fruit-based energy drink mixes using D-Optimal mixture design. *Food Science & Technology*, 742-748.

Kuehl, R. (2003). *Diseño de experimentos*. México: Thomson Learning.

Lopez Torres, R., Ramirez Guzman, M., Gonzalez Cossio, F., & Martinez Garza, A. (2010). Rene Lopez Torres, Martha Ramirez Guzman, Feliz Gonzalez Cossio, Angel Martinez Garza. *Agrociencia*, 579-592.

Mejia Dominguez, C., Macavilca Tidayauri, E., Velazquez Gamarra, J., Palacios, R. B., & Garcia Alor, L. (2013). Formulacion y evaluacion de galletas enriquecidas con micronutrientes y proteinas de origen animal y vegetal. 23-34.

Mohan Rao, P., Abburi, S., Kottam, V., & Reddy, M. (2013). Influence of granite fines as sand replacement in concrete mix. *Internal journal of applied engineering research*, 1823-1829.

Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México: Iberoamericana.

Nagaraja Shastri, P., V. Urbale, R., & J. D'Souza, M. (2013). Implementation of mixture design for formulation of albumin containing enteric-coated spray-dried microparticles. *Informa healthcare*, 164-175.

Ning, J.-H., Fang, K., & Zhou, Y. (2011). Uniform design for experiments with mixtures. *Taylor & Francis*, 1734-1743.

Ostos Chirinos, J. J. (2009). Comparacion de métodos de diseños de mezclas de concreto de baja consistencia. 1-75.

Pal, M., & Kumar Mandal, N. (2012). *Optimum Designs for Estimation of Parameters*. Taylor & Francis, 665-674.

Rojas, C., Tripaldi, P., Perez, A., & Quinteros, P. (2012). Diseño experimental y métodos de desición multicriterio para optimizar la composición del helado mantecado. *Scientia Agropecuaria*, 51-60.

Salamanca G., G., Osorio T., M. P., & Montoya, L. M. (2010). Elaboracion de una bebida funcional de alto valor biologico a base de borjo. *Rev. Chil. Nut*, 87-96.

Saltos, H., & Bayas, A. (2010). Aplicacion de un diseno experimental de mezclas en el

desarrollo de una barra energetica con base en el salvado de palmito de Pejibaye. Revista Tecnologica ESPOL, 1-8.

Santa Cruz Noriega, S. G., & Alaysa Valenzuela, A. (2014). Diseño y control del concreto autocompactante en el valle del Mantaro. Ingetecnum, 1-16.

Sastry, M., Rao, K., & Rao, P. (2011). Considerations in producing high performance concrete and comparison of concrete mix design methods. The IUP Journal of Structural Engineering, 37-51.

Sing Ng, T., & Foster, S. (2012). Development of a mix design methodology for high-performance geopolymer mortars. Technical paper, 148-157.

Soto Alcantar, J. A. (2012). Evaluacion de la durabilidad de concreto elaborado por el método de diseño de mezclas de O reilly mediante potenciales de corrosion. 1-60.

Yan-Zhu, P. (2010). Study on design method of open-graded mixture. IEEE, 4.

Yoshiara, L., Madeira, T., & Delaroza, F. (2012). Optimization of soy isoflavone extraction with different solvents. International Journal of Food Sciences and nutrition, 10.

Zumarán Alayo, O. R., & Yglesias Alva, L. A. (2013). Optimizacion de las propiedades fisicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de esparago, Kiwicha y trigo. Ciencia y Tecnología, 23-35.