

DDE-Lección 10.1

Alfaomega

Alfaomega-UAQro CIMAT

2017

- 1 Presentación
- 2 Diseños para mezclas
 - Definición del problema
 - Diseños para mezclas
- 3 Ejemplo
 - Simplex-Centroide
- 4 Caso de estudio
 - Experimentos con mezclas
- 5 Proyectos
 - Inflar un globo
 - Jugo de frutas

Propuestas

- Se exponen las ideas principales del un diseño de experimentos para mezclas
- Se muestra un caso de estudio realizado en una industria de plásticos
- Se proponen dos ejemplos para que los realicen como proyectos, nuevamente se reproducen en la lección 10.3
- En la lección 10.2, se ilustran las soluciones utilizando el paquete estadístico Design Expert y R.
- En otras lecciones de este capítulo se exponen soluciones en los diseños con mezclas utilizando la programación en R y más actividades para que desarrollen proyectos en este tema.
- Para ver la presentación en pantalla completa use las teclas: Ctrl-I

Propuestas

- Se exponen las ideas principales del un diseño de experimentos para mezclas
- Se muestra un caso de estudio realizado en una industria de plásticos
- Se proponen dos ejemplos para que los realicen como proyectos, nuevamente se reproducen en la lección 10.3
- En la lección 10.2, se ilustran las soluciones utilizando el paquete estadístico Design Expert y R.
- En otras lecciones de este capítulo se exponen soluciones en los diseños con mezclas utilizando la programación en R y más actividades para que desarrollen proyectos en este tema.
- Para ver la presentación en pantalla completa use las teclas: Ctrl-l

Propuestas

- Se exponen las ideas principales del un diseño de experimentos para mezclas
- Se muestra un caso de estudio realizado en una industria de plásticos
- Se proponen dos ejemplos para que los realicen como proyectos, nuevamente se reproducen en la lección 10.3
- En la lección 10.2, se ilustran las soluciones utilizando el paquete estadístico Design Expert y R.
- En otras lecciones de este capítulo se exponen soluciones en los diseños con mezclas utilizando la programación en R y más actividades para que desarrollen proyectos en este tema.
- Para ver la presentación en pantalla completa use las teclas: Ctrl-l

Propuestas

- Se exponen las ideas principales del un diseño de experimentos para mezclas
- Se muestra un caso de estudio realizado en una industria de plásticos
- Se proponen dos ejemplos para que los realicen como proyectos, nuevamente se reproducen en la lección 10.3
- En la lección 10.2, se ilustran las soluciones utilizando el paquete estadístico Design Expert y R.
- En otras lecciones de este capítulo se exponen soluciones en los diseños con mezclas utilizando la programación en R y más actividades para que desarrollen proyectos en este tema.
- Para ver la presentación en pantalla completa use las teclas: Ctrl-I

Propuestas

- Se exponen las ideas principales del un diseño de experimentos para mezclas
- Se muestra un caso de estudio realizado en una industria de plásticos
- Se proponen dos ejemplos para que los realicen como proyectos, nuevamente se reproducen en la lección 10.3
- En la lección 10.2, se ilustran las soluciones utilizando el paquete estadístico Design Expert y R.
- En otras lecciones de este capítulo se exponen soluciones en los diseños con mezclas utilizando la programación en R y más actividades para que desarrollen proyectos en este tema.
- Para ver la presentación en pantalla completa use las teclas: Ctrl-l

Propuestas

- Se exponen las ideas principales del un diseño de experimentos para mezclas
- Se muestra un caso de estudio realizado en una industria de plásticos
- Se proponen dos ejemplos para que los realicen como proyectos, nuevamente se reproducen en la lección 10.3
- En la lección 10.2, se ilustran las soluciones utilizando el paquete estadístico Design Expert y R.
- En otras lecciones de este capítulo se exponen soluciones en los diseños con mezclas utilizando la programación en R y más actividades para que desarrollen proyectos en este tema.
- Para ver la presentación en pantalla completa use las teclas: Ctrl-I

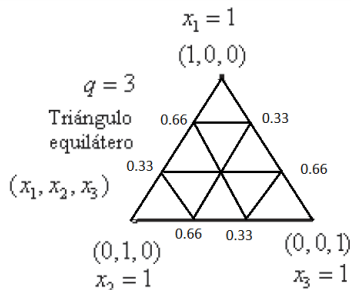
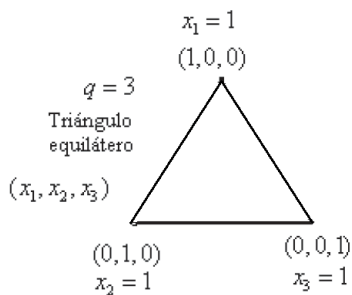
Principio del diseño para mezclas

Sea y que represente una característica de importancia medida sobre el producto con el mezclado de los ingredientes X_1, X_2, \dots, X_k que representan en general a las proporciones de k componentes a ser mezclados tales que:

$$0 \leq X_i \leq 1, \quad i = 1, \dots, k, \quad \sum_{i=1}^k X_i = 1 \quad (1)$$

Mezcla con tres componentes

$$\text{Ternarias } (X_i = x_i, X_j = x_j, X_k = x_k), \\ (x_i, x_j, x_k) \in (0, 1) \times (0, 1) \times (0, 1), x_i + x_j + x_k = 1$$



Tres tipos de diseño de mezclas: simplex reticular-lattice, simplex-centroide y axial

Simplex reticular-lattice

Es una colección de mezclas uniformemente espaciadas en un simplex. Con este diseño simplex reticular se corresponde un polinomio específico a ser ajustado mediante los datos generados en el experimento respectivo.

Finalidad

Estimar un polinomio de grado m en k componentes, el diseño simplex reticular denotado como $\{k, m\}$ consiste de mezclas cuyas coordenadas están definidas para cada componente tomando $m + 1$ valores equiespaciados de 0 a 1, esto es:

$$X_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1; i = 1, 2, \dots, k$$

Tres tipos de diseño de mezclas: simplex reticular-lattice, simplex-centroide y axial

Simplex reticular-lattice

Es una colección de mezclas uniformemente espaciadas en un simplex. Con este diseño simplex reticular se corresponde un polinomio específico a ser ajustado mediante los datos generados en el experimento respectivo.

Finalidad

Estimar un polinomio de grado m en k componentes, el diseño simplex reticular denotado como $\{k, m\}$ consiste de mezclas cuyas coordenadas están definidas para cada componente tomando $m + 1$ valores equiespaciados de 0 a 1, esto es:

$$X_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1; i = 1, 2, \dots, k$$

Tres tipos de diseño de mezclas:

simplex reticular-lattice, simplex-centroide y axial

Simplex-centroide

- Un diseño simplex centroide para k componentes con mezclas de uno, de dos, \dots , o de k componentes al ser incluidas en el diseño implica que sus proporciones sean iguales.
- Así el diseño simplex centroide consiste de $2^k - 1$ puntos: k permutaciones de $(1, 0, \dots, 0)$; $\binom{k}{2}$ permutaciones de $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, \dots, 0)$, \dots , $\binom{k}{3}$ permutaciones de $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \dots, 0)$, \dots , etc, y el centroide $(\frac{1}{k}, \frac{1}{k}, \dots, \frac{1}{k})$.
- Los puntos son localizados en el centroide del látice $(k - 1)$ -dimensional y en el centroide de todos los símplex de la más baja dimensionalidad contenidos en el símplex $(k - 1)$ -dimensional.
- Este diseño permite estimar polinomios que tengan tantos parámetros como el número de mezclas incluidas en éste.

Tres tipos de diseño de mezclas:

simplex reticular-latice, simplex-centroide y axial

Simplex-centroide

- Un diseño simplex centroide para k componentes con mezclas de uno, de dos, \dots , o de k componentes al ser incluidas en el diseño implica que sus proporciones sean iguales.
- Así el diseño simplex centroide consiste de $2^k - 1$ puntos: k permutaciones de $(1, 0, \dots, 0)$; $\binom{k}{2}$ permutaciones de $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, \dots, 0)$, \dots , $\binom{k}{3}$ permutaciones de $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \dots, 0)$, \dots , etc, y el centroide $(\frac{1}{k}, \frac{1}{k}, \dots, \frac{1}{k})$.
- Los puntos son localizados en el centroide del látice $(k - 1)$ -dimensional y en el centroide de todos los símplex de la más baja dimensionalidad contenidos en el símplex $(k - 1)$ -dimensional.
- Este diseño permite estimar polinomios que tengan tantos parámetros como el número de mezclas incluidas en éste.

Tres tipos de diseño de mezclas:

simplex reticular-lattice, simplex-centroide y axial

Simplex-centroide

- Un diseño simplex centroide para k componentes con mezclas de uno, de dos, \dots , o de k componentes al ser incluidas en el diseño implica que sus proporciones sean iguales.
- Así el diseño simplex centroide consiste de $2^k - 1$ puntos: k permutaciones de $(1, 0, \dots, 0)$; $\binom{k}{2}$ permutaciones de $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, \dots, 0)$, \dots , $\binom{k}{3}$ permutaciones de $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \dots, 0)$, \dots , etc, y el centroide $(\frac{1}{k}, \frac{1}{k}, \dots, \frac{1}{k})$.
- Los puntos son localizados en el centroide del látice $(k - 1)$ -dimensional y en el centroide de todos los simplex de la más baja dimensionalidad contenidos en el simplex $(k - 1)$ -dimensional.
- Este diseño permite estimar polinomios que tengan tantos parámetros como el número de mezclas incluidas en éste.

Tres tipos de diseño de mezclas:

simplex reticular-latice, simplex-centroide y axial

Simplex-centroide

- Un diseño simplex centroide para k componentes con mezclas de uno, de dos, \dots , o de k componentes al ser incluidas en el diseño implica que sus proporciones sean iguales.
- Así el diseño simplex centroide consiste de $2^k - 1$ puntos: k permutaciones de $(1, 0, \dots, 0)$; $\binom{k}{2}$ permutaciones de $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, \dots, 0)$, \dots , $\binom{k}{3}$ permutaciones de $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \dots, 0)$, \dots , etc, y el centroide $(\frac{1}{k}, \frac{1}{k}, \dots, \frac{1}{k})$.
- Los puntos son localizados en el centroide del látice $(k - 1)$ -dimensional y en el centroide de todos los símplex de la más baja dimensionalidad contenidos en el símplex $(k - 1)$ -dimensional.
- Este diseño permite estimar polinomios que tengan tantos parámetros como el número de mezclas incluidas en éste.

Tres tipos de diseño de mezclas: simplex reticular-latice, simplex-centroide y axial

Axial

- El diseño axial se encuentran localizadas a una misma distancia Δ del centroide $(\frac{1}{k}, \frac{1}{k}, \dots, \frac{1}{k})$ sobre los ejes del sistema coordenado del símplex.
- Este tipo de diseño es utilizado principalmente para estimar polinomios que no contengan interacciones entre los componentes de las mezclas.

Tres tipos de diseño de mezclas: simplex reticular-latice, simplex-centroide y axial

Axial

- El diseño axial se encuentran localizadas a una misma distancia Δ del centroide $(\frac{1}{k}, \frac{1}{k}, \dots, \frac{1}{k})$ sobre los ejes del sistema coordenado del símplex.
- Este tipo de diseño es utilizado principalmente para estimar polinomios que no contengan interacciones entre los componentes de las mezclas.

Experimento sobre un edulcorante

Diseño simplex-centroide

Ejemplo: Edulcorante artificial

- Componentes:
 - X_1 : Glicerina
 - X_2 : Sacarina
 - X_3 : Aditivo químico para intensificar el sabor
- Variable de respuestas Y : puntuación de aceptación

Ejemplo propuesto por Khuri-Cornell

Experimento sobre un edulcorante

Diseño simplex-centroide

Ejemplo: Edulcorante artificial

- Componentes:
 - X_1 : Glicerina
 - X_2 : Sacarina
 - X_3 : Aditivo químico para intensificar el sabor
- Variable de respuestas Y : puntuación de aceptación

Ejemplo propuesto por Khuri-Cornell

Experimento sobre un edulcorante

Diseño simplex-centroide

Ejemplo: Edulcorante artificial

- Componentes:
 - X_1 : Glicerina
 - X_2 : Sacarina
 - X_3 : Aditivo químico para intensificar el sabor
- Variable de respuestas Y : puntuación de aceptación

Ejemplo propuesto por Khuri-Cornell

Experimento sobre un edulcorante

Diseño simplex-centroide

Ejemplo: Edulcorante artificial

- Componentes:
 - X_1 : Glicerina
 - X_2 : Sacarina
 - X_3 : Aditivo químico para intensificar el sabor
- Variable de respuestas Y : puntuación de aceptación

Ejemplo propuesto por Khuri-Cornell

Experimento sobre un edulcorante

Diseño simplex-centroide

Ejemplo: Edulcorante artificial

- Componentes:
 - X_1 : Glicerina
 - X_2 : Sacarina
 - X_3 : Aditivo químico para intensificar el sabor
- Variable de respuestas Y : puntuación de aceptación

Ejemplo propuesto por Khuri-Cornell

Realización del experimento

Resultados experimentales

Diseño simplex-centroide con réplicas al centro y puntos axiales

X_1	X_2	X_3	Y
1.00000	0.00000	0.00000	13
0.00000	1.00000	0.00000	11
0.00000	0.00000	1.00000	7
0.50000	0.50000	0.00000	19
0.50000	0.00000	0.50000	16
0.00000	0.50000	0.50000	11
0.33333	0.33333	0.33333	9
0.66667	0.16667	0.16667	24
0.16667	0.66667	0.16667	10
0.16667	0.16667	0.66667	6
0.33333	0.33333	0.33333	11
0.66667	0.16667	0.16667	21
0.16667	0.66667	0.16667	13
0.16667	0.16667	0.66667	7

Análisis estadístico

Modelo de regresión

$$\hat{Y}(x) = 13.3x_1 + 11.3x_2 + 7.3x_3 + 30.1x_1x_2 + 25.1x_1x_3 + 9.1x_2x_3 \\ + 547.0x_1^2x_2x_3 - 388.97x_1x_2^2x_3 - 676.97x_1x_2x_3^2$$

Análisis Canónico con mezclas

Para este ejemplo se utilizó el modelo que mejor se ajustó: el modelo cúbico especial.

$$y = \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i < j < k} \sum \beta_{ijk} X_i X_j X_k + \varepsilon$$

Resultados experimentales

Coeficiente de determinación y tabla del andeva

R-Sq = 94.90% R-Sq(adj) = 86.75%

Analysis of Variance for y (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	8	367.138	367.138	45.892	11.64	0.008
Linear	2	195.524	18.667	9.333	2.37	0.189
Quadratic	3	36.618	53.502	17.834	4.52	0.069
A*B	1	21.548	35.490	35.490	9.00	0.030
A*C	1	8.992	26.403	26.403	6.69	0.049
B*C	1	6.079	3.468	3.468	0.88	0.391
Special Cubic	1	37.765	71.516	71.516	18.13	0.008
A*B*C	1	37.765	71.516	71.516	18.13	0.008
Special Quartic	2	97.231	97.231	48.615	12.33	0.012
A*A*B*C	1	92.308	88.923	88.923	22.55	0.005
A*B*B*C	1	4.923	4.923	4.923	1.25	0.315
Residual Error	5	19.719	19.719	3.944		
Lack-of-Fit	1	8.219	8.219	8.219	2.86	0.166
Pure Error	4	11.500	11.500	2.875		
Total	13	386.857				

Caso de estudio

Inyección de plásticos reciclados

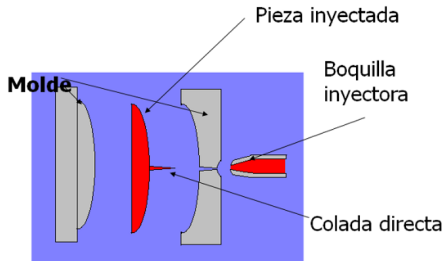
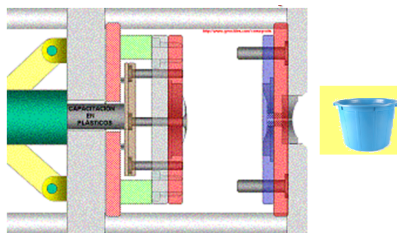
Planta y producto

Conocer el comportamiento de las variables críticas en las materias primas en este proceso.



Inyección de plásticos reciclados

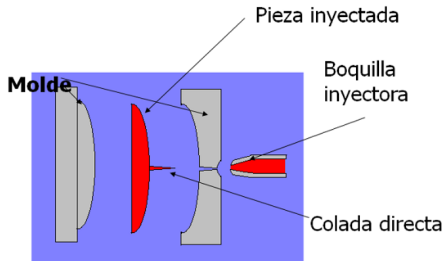
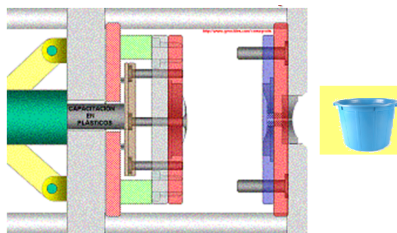
Proceso



- **Imagen interna del inyector**
- Buscar la formulación adecuada de las mezclas que van a someterse al proceso de inyección
- **Meta:** Determinar las condiciones aptas para lograr con éxito el aprovechamiento de los polímeros reciclados

Inyección de plásticos reciclados

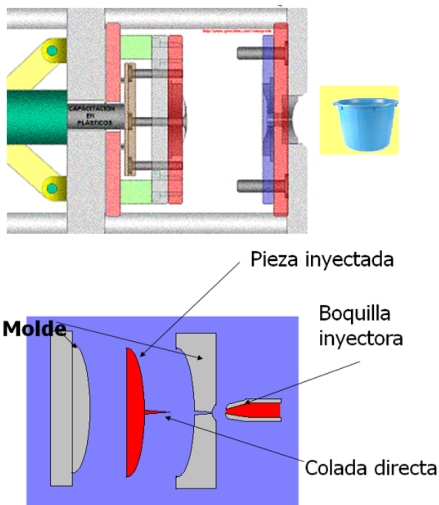
Proceso



- **Imagen interna del inyector**
- **Buscar la formulación adecuada de las mezclas que van a someterse al proceso de inyección**
- **Meta: Determinar las condiciones aptas para lograr con éxito el aprovechamiento de los polímeros reciclados**

Inyección de plásticos reciclados

Proceso



- **Imagen interna del inyector**
- **Buscar la formulación adecuada de las mezclas que van a someterse al proceso de inyección**
- **Meta: Determinar las condiciones aptas para lograr con éxito el aprovechamiento de los polímeros reciclados**

Inyección de plásticos reciclados

Problema

Investigación

Conocer con mayor detalle el comportamiento de las variables críticas en las materias primas en los procesos de inyección de plásticos reciclados, para mejorar la productividad, conseguir ahorros en el manejo del material, manteniendo la calidad de los productos

Ingredientes

- **Compactados:** gránulos de plástico conformados por la compresión de telas u hojas plásticas.
- **Cargas:** materiales que contienen relativamente altas concentraciones de carbonatos, lo que le permite alta rigidez y consistencia.
- **Pelet:** materiales que se generan a partir de la extrusión de materiales varios que se homogenizan en gránulos de tamaño uniforme que facilita la alimentación de materia prima a la máquina de manera uniforme.

Inyección de plásticos reciclados

Problema

Investigación

Conocer con mayor detalle el comportamiento de las variables críticas en las materias primas en los procesos de inyección de plásticos reciclados, para mejorar la productividad, conseguir ahorros en el manejo del material, manteniendo la calidad de los productos

Ingredientes

- **Compactados:** gránulos de plástico conformados por la compresión de telas u hojas plásticas.
- **Cargas:** materiales que contienen relativamente altas concentraciones de carbonatos, lo que le permite alta rigidez y consistencia
- **Pelet:** materiales que se generan a partir de la extrusión de materiales varios que se homogenizan en gránulos de tamaño uniforme que facilita la alimentación de materia prima a la máquina de manera uniforme.

Inyección de plásticos reciclados

Problema

Investigación

Conocer con mayor detalle el comportamiento de las variables críticas en las materias primas en los procesos de inyección de plásticos reciclados, para mejorar la productividad, conseguir ahorros en el manejo del material, manteniendo la calidad de los productos

Ingredientes

- **Compactados:** gránulos de plástico conformados por la compresión de telas u hojas plásticas.
- **Cargas:** materiales que contienen relativamente altas concentraciones de carbonatos, lo que le permite alta rigidez y consistencia
- **Pelet:** materiales que se generan a partir de la extrusión de materiales varios que se homogenizan en gránulos de tamaño uniforme que facilita la alimentación de materia prima a la máquina de manera uniforme.

Inyección de plásticos reciclados

Problema

Investigación

Conocer con mayor detalle el comportamiento de las variables críticas en las materias primas en los procesos de inyección de plásticos reciclados, para mejorar la productividad, conseguir ahorros en el manejo del material, manteniendo la calidad de los productos

Ingredientes

- **Compactados:** gránulos de plástico conformados por la compresión de telas u hojas plásticas.
- **Cargas:** materiales que contienen relativamente altas concentraciones de carbonatos, lo que le permite alta rigidez y consistencia
- **Pelet:** materiales que se generan a partir de la extrusión de materiales varios que se homogenizan en gránulos de tamaño uniforme que facilita la alimentación de materia prima a la máquina de manera uniforme.

Variables

De respuesta y su medición

COSTO



Probetas



% DE CONTRACCIÓN



MEDICIÓN DE FLUIDEZ



Diseño de mezclas con restricciones

Diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex

- Por la naturaleza del problema que se trata, ocurre que existan restricciones en la proporción de los materiales. En general, suponga que una mezcla consiste de q ingredientes o componentes, y X_i representa la proporción de los i ingredientes en la mezcla.
- Es común que se consideren dos valores para las restricciones de la mezcla uno inferior L_i y otro superior U_i , tal que $L_i \leq X_i \leq U_i$.
- Entonces se requiere que:

$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1$$

$$L_i \leq X_i \leq U_i, i = 1, 2, \dots, q,$$

- donde $L_i \geq 0$ y $U_i \leq 1$. Estas restricciones tienen efecto en el diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex. Este último corresponde a la estructura geométrica del espacio generado por las variables ($X_i \geq 0$) que definen la mezcla.

Diseño de mezclas con restricciones

Diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex

- Por la naturaleza del problema que se trata, ocurre que existan restricciones en la proporción de los materiales. En general, suponga que una mezcla consiste de q ingredientes o componentes, y X_i representa la proporción de los i ingredientes en la mezcla.
- Es común que se consideren dos valores para las restricciones de la mezcla uno inferior L_i y otro superior U_i , tal que $L_i \leq X_i \leq U_i$.
- Entonces se requiere que:

$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1$$

$$L_i \leq X_i \leq U_i, i = 1, 2, \dots, q,$$

- donde $L_i \geq 0$ y $U_i \leq 1$. Estas restricciones tienen efecto en el diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex. Este último corresponde a la estructura geométrica del espacio generado por las variables ($X_i \geq 0$) que definen la mezcla.

Diseño de mezclas con restricciones

Diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex

- Por la naturaleza del problema que se trata, ocurre que existan restricciones en la proporción de los materiales. En general, suponga que una mezcla consiste de q ingredientes o componentes, y X_i representa la proporción de los i ingredientes en la mezcla.
- Es común que se consideren dos valores para las restricciones de la mezcla uno inferior L_i y otro superior U_i , tal que $L_i \leq X_i \leq U_i$.
- Entonces se requiere que:

$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1$$

$$L_i \leq X_i \leq U_i, i = 1, 2, \dots, q,$$

- donde $L_i \geq 0$ y $U_i \leq 1$. Estas restricciones tienen efecto en el diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex. Este último corresponde a la estructura geométrica del espacio generado por las variables ($X_i \geq 0$) que definen la mezcla.

Diseño de mezclas con restricciones

Diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex

- Por la naturaleza del problema que se trata, ocurre que existan restricciones en la proporción de los materiales. En general, suponga que una mezcla consiste de q ingredientes o componentes, y X_i representa la proporción de los i ingredientes en la mezcla.
- Es común que se consideren dos valores para las restricciones de la mezcla uno inferior L_i y otro superior U_i , tal que $L_i \leq X_i \leq U_i$.
- Entonces se requiere que:

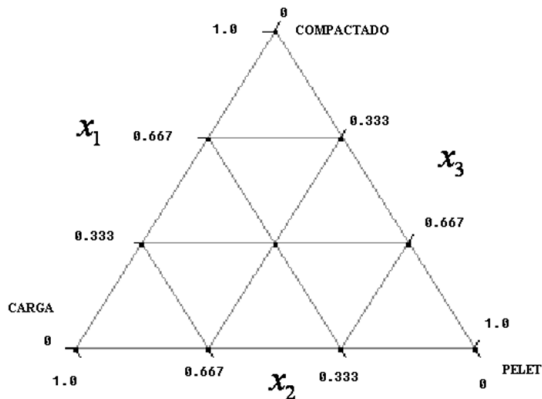
$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1$$

$$L_i \leq X_i \leq U_i, i = 1, 2, \dots, q,$$

- donde $L_i \geq 0$ y $U_i \leq 1$. Estas restricciones tienen efecto en el diseño experimental para las mezclas en una subregión del simplex. Este último corresponde a la estructura geométrica del espacio generado por las variables ($X_i \geq 0$) que definen la mezcla.

Gráfica del diseño de mezclas

Para la tres componentes



Esquema del diseño de mezclas para el proceso de inyección.

Resultados del experimento

Test	Compactado	Carga	Pelet	Fluidez	% Conc	\$Costo
1	0	0	1	8.5	1	9.6
2	1	0	0	9.73	1.14	11.2
3	0	0	1	7.83	0.92	9.6
4	0.333	0.333	0.333	8.05	0.94	9.2
5	0.167	0.667	0.167	8.74	1.02	8
6	0	0.5	0.5	8.62	1.01	8.2
7	0	1	0	8.74	1.02	6.8
8	1	0	0	10.23	1.2	11.2
9	0.5	0	0.5	9.4	1.1	10.4
10	0.167	0.167	0.667	7.75	0.91	9.4
11	0	1	0	8.78	1.03	6.8
12	0.667	0.167	0.167	8.92	1.05	10.2
13	0.5	0.5	0	9.67	1.13	9

Table: Resultados experimentales

Resultados del experimento

Hoja de minitab

Std	Run	Block	Component 1 A:COMPACTA	Component 2 B:CARGA	Component 3 C:PELET	Response 1 FLUIDEZ	Response 2 COSTO	Response 3 CONTRACCION
12	1	Block 1	0.00	0.00	1.00	8.5	9.6	1.1
11	2	Block 1	1.00	0.00	0.00	9.73	11.2	0.92
3	3	Block 1	0.00	0.00	1.00	7.83	9.6	1.14
7	4	Block 1	0.33	0.33	0.33	8.05	9.2	1.13
9	5	Block 1	0.17	0.67	0.17	8.74	8	1.03
6	6	Block 1	0.00	0.50	0.50	8.62	8.2	1.05
2	7	Block 1	0.00	1.00	0.00	8.74	6.8	1.02
1	8	Block 1	1.00	0.00	0.00	10.23	11.2	0.91
5	9	Block 1	0.50	0.00	0.50	9.4	10.4	1
10	10	Block 1	0.17	0.17	0.67	7.75	9.4	1.2
13	11	Block 1	0.00	1.00	0.00	8.78	6.8	1.02
8	12	Block 1	0.67	0.17	0.17	8.92	10.2	1.01
4	13	Block 1	0.50	0.50	0.00	9.67	9	0.94

Tabla de los resultados experimentales.

Estimación de mínimos cuadrados: para los resultados experimentales

Modelos de regresión

- Viscosidad:

$$\hat{y}_1 = 9.96x_1 + 8.8x_2 + 8.1x_3 + 1.4x_1x_2 + 0.9x_1x_3 \\ + 0.6x_2x_3 - 31.2x_1x_2x_3$$

- Concentración:

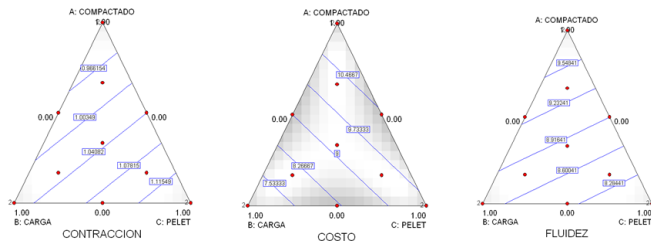
$$\hat{y}_2 = 1.73x_1 + 1.03x_2 + 0.96x_3 - 0.1x_1x_2 - 0.15x_1x_3 \\ - 0.18x_2x_3$$

- Costo:

$$\hat{y}_2 = 11.2x_1 + 6.8x_2 + 9.6x_3$$

Curvas de niveles

de los modelos de regresión cada variable



Un planteamiento de optimización para este caso

Minimizar

$$\hat{y}_3$$

Sujeto a

$$\hat{y}_1 \leq L_1$$

$$\hat{y}_2 \leq L_2$$

$X \in R$ R región experimental

Región experimental: $L_i \leq X_i \leq U_i$

Parte Teórica del proceso de optimización múltiple

Algoritmo de optimización: Función de deseabilidad

- Maximizar D

- Sujeto $X \in R$

donde $D = (d_1^{w_1} d_2^{w_2} \dots d_m^{w_m})^{1/\sum w_i}$

$$d_l(y_l(x_i)) = \begin{cases} 0 & \text{si } \hat{y}_l(x_i) < y_l^\#(x) \text{ o } \hat{y}_l(x_i) > y_l^*(x) \\ \frac{\hat{y}_l(x_i) - y_l^\#(x)}{M_j - y_l^\#(x)}, & \text{si } y_l^\#(x) < \hat{y}_l(x_i) \leq M_l \\ \frac{y_l^*(x) - \hat{y}_l(x_i)}{y_l^*(x) - M_j}, & \text{si } M_j \leq \hat{y}_l(x_i) < y_l^*(x) \end{cases}$$

donde $y_l^\#(x) : \min$, $y_l^*(x) : \max$

Óptimo

Máximo o Mínimo

Máximo

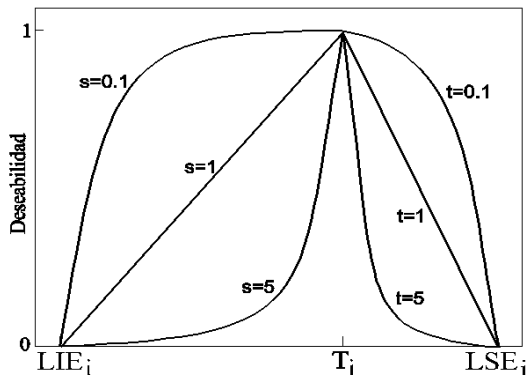
$$d_i(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } \hat{y}_i(x) < y_{min} \\ \frac{\hat{y}_i(x) - y_{min}}{y_{max} - y_{min}}, & \text{si } y_{min} \leq \hat{y}_i(x) \leq y_{max} \\ 1 & \text{si } \hat{y}_i(x) > y_{max} \end{cases}$$

Mínimo

$$d_i(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } \hat{y}_i(x) < y_{min} \\ \frac{y_{max} - \hat{y}_i(x)}{y_{max} - y_{min}}, & \text{si } y_{min} \leq \hat{y}_i(x) \leq y_{max} \\ 0 & \text{si } \hat{y}_i(x) > y_{max} \end{cases}$$

Optimización

Mediante la función de deseabilidad



Solución óptima

DESIGN-EXPERT Plot

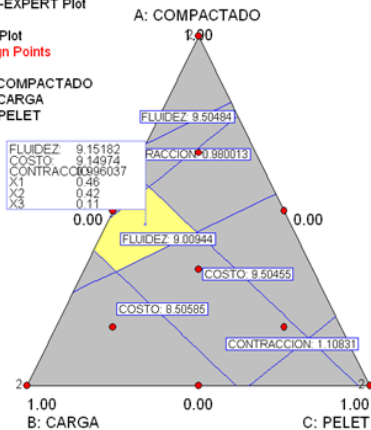
Overlay Plot

● Design Points

X1 = A: COMPACTADO

X2 = B: CARGA

X3 = C: PELET



Mejora del proceso

Trimestre	% Capacidad Instalada	% Defectos
Enero-Febrero-Marzo	80.12%	2.16%
Abril-Mayo-Junio	81.01%	2.21%
Julio-Agosto-Septiembre	80.91%	2.14%
Octubre-Noviembre-Diciembre	81.35%	2.11%
Enero-Febrero	86.02%	1.12%

Mejoras del proceso a partir de los resultados óptimos del experimento

- El 86.02% de la capacidad instalada mejora la producción.
- Se reduce el porcentaje de defectos.

Mejora del proceso

Trimestre	% Capacidad Instalada	% Defectos
Enero-Febrero-Marzo	80.12%	2.16%
Abril-Mayo-Junio	81.01%	2.21%
Julio-Agosto-Septiembre	80.91%	2.14%
Octubre-Noviembre-Diciembre	81.35%	2.11%
Enero-Febrero	86.02%	1.12%

Mejoras del proceso a partir de los resultados óptimos del experimento

- El 86.02% de la capacidad instalada mejora la producción.
- Se reduce el porcentaje de defectos.

Conclusiones y referencias

Conclusiones sobre los resultados de un experimento

- Para aplicación de una buena metodología, primero hay que convencer y comprometer a la Dirección.
- Buscar el idioma más adecuado para hablar con el proceso.
- Medir lo que el proceso o proyecto indica que es importante.
- La creatividad rompe mitos.

Bibliografía

- Cornell J. A. Experiments with Mixtures. Wiley New York (2004)
- Meyers, R. H. and Montgomery D. C. Responce Surface Methodology (2008). Wiley New York

Conclusiones y referencias

Conclusiones sobre los resultados de un experimento

- Para aplicación de una buena metodología, primero hay que convencer y comprometer a la Dirección.
- Buscar el idioma más adecuado para hablar con el proceso.
- Medir lo que el proceso o proyecto indica que es importante.
- La creatividad rompe mitos.

Bibliografía

- Cornell J. A. Experiments with Mixtures. Wiley New York (2004)
- Meyers, R. H. and Montgomery D. C. Responce Surface Methodology (2008). Wiley New York

Conclusiones y referencias

Conclusiones sobre los resultados de un experimento

- Para aplicación de una buena metodología, primero hay que convencer y comprometer a la Dirección.
- Buscar el idioma más adecuado para hablar con el proceso.
- Medir lo que el proceso o proyecto indica que es importante.
- La creatividad rompe mitos.

Bibliografía

- Cornell J. A. Experiments with Mixtures. Wiley New York (2004)
- Meyers, R. H. and Montgomery D. C. Responce Surface Methodology (2008). Wiley New York

Conclusiones y referencias

Conclusiones sobre los resultados de un experimento

- Para aplicación de una buena metodología, primero hay que convencer y comprometer a la Dirección.
- Buscar el idioma más adecuado para hablar con el proceso.
- Medir lo que el proceso o proyecto indica que es importante.
- La creatividad rompe mitos.

Bibliografía

- Cornell J. A. Experiments with Mixtures. Wiley New York (2004)
- Meyers, R. H. and Montgomery D. C. Responce Surface Methodology (2008). Wiley New York

Conclusiones y referencias

Conclusiones sobre los resultados de un experimento

- Para aplicación de una buena metodología, primero hay que convencer y comprometer a la Dirección.
- Buscar el idioma más adecuado para hablar con el proceso.
- Medir lo que el proceso o proyecto indica que es importante.
- La creatividad rompe mitos.

Bibliografía

- Cornell J. A. Experiments with Mixtures. Wiley New York (2004)
- Meyers, R. H. and Montgomery D. C. Responce Surface Methodology (2008). Wiley New York

Conclusiones y referencias

Conclusiones sobre los resultados de un experimento

- Para aplicación de una buena metodología, primero hay que convencer y comprometer a la Dirección.
- Buscar el idioma más adecuado para hablar con el proceso.
- Medir lo que el proceso o proyecto indica que es importante.
- La creatividad rompe mitos.

Bibliografía

- Cornell J. A. Experiments with Mixtures. Wiley New York (2004)
- Meyers, R. H. and Montgomery D. C. Responce Surface Methodology (2008). Wiley New York

Proyectos

Proyecto 1

Inflar un globo

meta alcanzar el mayor volumen del globo

Problema: Diseñar un combustible sólido que logre el mayor desprendimiento de energía.

- En este experimento de mezclas se plantea estudiar la reacción el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) con sustancias que tienen un carácter ácido. Las cuales descomponen el bicarbonato y se desprende un gas, el dióxido de carbono. Esto ocurre porque el vinagre es una sustancias que llevan disueltos ácidos: ácido acético, en el caso del vinagre, y ácido cítrico, en el caso del AlkaSeltzer y la Sal de Uvas.
- La reacción química que tiene lugar es la siguiente:



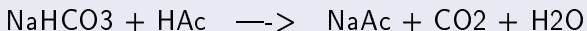
- Los productos que se obtienen son: una sal (NaAc) que queda disuelta en el agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2) que al ser un gas burbujea a través del líquido.

Inflar un globo

meta alcanzar el mayor volumen del globo

Problema: Diseñar un combustible sólido que logre el mayor desprendimiento de energía.

- En este experimento de mezclas se plantea estudiar la reacción el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) con sustancias que tienen un carácter ácido. Las cuales descomponen el bicarbonato y se desprende un gas, el dióxido de carbono. Esto ocurre porque el vinagre es una sustancias que llevan disueltos ácidos: ácido acético, en el caso del vinagre, y ácido cítrico, en el caso del AlkaSeltzer y la Sal de Uvas.
- La reacción química que tiene lugar es la siguiente:



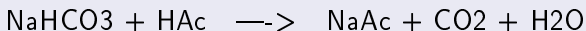
- Los productos que se obtienen son: una sal (NaAc) que queda disuelta en el agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2) que al ser un gas burbujea a través del líquido.

Inflar un globo

meta alcanzar el mayor volumen del globo

Problema: Diseñar un combustible sólido que logre el mayor desprendimiento de energía.

- En este experimento de mezclas se plantea estudiar la reacción el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) con sustancias que tienen un carácter ácido. Las cuales descomponen el bicarbonato y se desprende un gas, el dióxido de carbono. Esto ocurre porque el vinagre es una sustancias que llevan disueltos ácidos: ácido acético, en el caso del vinagre, y ácido cítrico, en el caso del AlkaSeltzer y la Sal de Uvas.
- La reacción química que tiene lugar es la siguiente:



- Los productos que se obtienen son: una sal (NaAc) que queda disuelta en el agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2) que al ser un gas burbujea a través del líquido.

Planeación experimental

Descripción proceso experimental para la mezcla

1 Componentes para las mezclas

- 1 Bicarbonato de sodio
- 2 Alkaseltzer -reducirlo a polvo
- 3 Sal de uvas

2 Procedimiento del experimento:

La mezcla se vierte en 21 ml de vinagre durante 60 segundos.
Transparencia siguiente.

3 Variable de respuesta: Diámetro del globo

Planeación experimental

Descripción proceso experimental para la mezcla

1 Componentes para las mezclas

- 1 Bicarbonato de sodio
- 2 Alkaseltzer -reducirlo a polvo
- 3 Sal de uvas

2 Procedimiento del experimento:

La mezcla se vierte en 21 ml de vinagre durante 60 segundos.
Transparencia siguiente.

3 Variable de respuesta: Diámetro del globo

Planeación experimental

Descripción proceso experimental para la mezcla

1 Componentes para las mezclas

- 1 Bicarbonato de sodio
- 2 Alkaseltzer -reducirlo a polvo
- 3 Sal de uvas

2 Procedimiento del experimento:

La mezcla se vierte en 21 ml de vinagre durante 60 segundos.
Transparencia siguiente.

3 Variable de respuesta: Diámetro del globo

Planeación experimental

Descripción proceso experimental para la mezcla

1 Componentes para las mezclas

- 1 Bicarbonato de sodio
- 2 Alkaseltzer -reducirlo a polvo
- 3 Sal de uvas

2 Procedimiento del experimento:

La mezcla se vierte en 21 ml de vinagre durante 60 segundos.
Transparencia siguiente.

3 Variable de respuesta: Diámetro del globo

Planeación experimental

Descripción proceso experimental para la mezcla

1 Componentes para las mezclas

- 1 Bicarbonato de sodio
- 2 Alkaseltzer -reducirlo a polvo
- 3 Sal de uvas

2 Procedimiento del experimento:

La mezcla se vierte en 21 ml de vinagre durante 60 segundos.
Transparencia siguiente.

3 Variable de respuesta: Diámetro del globo

Planeación experimental

Descripción proceso experimental para la mezcla

1 Componentes para las mezclas

- 1 Bicarbonato de sodio
- 2 Alkaseltzer -reducirlo a polvo
- 3 Sal de uvas

2 Procedimiento del experimento:

La mezcla se vierte en 21 ml de vinagre durante 60 segundos.
Transparencia siguiente.

3 Variable de respuesta: Diámetro del globo

Procedimiento del experimento

7 gramos

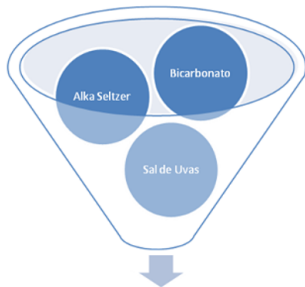
Bicarbonato

Sal de Uvas

Alka Seltzer

+ 21 ml Vinagre Blanco + 60 segundos = Diámetro

Procedimiento



Combustión (Diámetro)



Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Material para realizar el experimento

1 Herramienta para efectuar el experimento

- Bascula de precisión
- Tubo de ensaye de 21 ml
- Matraz de 100 ml
- Embudo de papel
- Globos No. 6
- 2 Jeringas de 20 ml

2 Para medir el diámetro del globo por efecto de la reacción química

- Cinta métrica
- Cronómetro digital

Esquema del diseño para la mezcla

Para el diseño de mezclas simplex reticular (3, 3) los puntos son:

$$(X_1, X_2, X_3) = \left\{ (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), \left(\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, 0\right), \left(\frac{2}{3}, 0, \frac{1}{3}\right), \left(\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 0\right), \right. \\ \left. \left(\frac{1}{3}, 0, \frac{2}{3}\right), \left(0, \frac{2}{3}, \frac{1}{3}\right), \left(0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}\right), \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right) \right\}$$

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C
1	1	1	1	1.00000	0.00000	0.00000
2	2	2	1	0.66667	0.33333	0.00000
3	3	2	1	0.66667	0.00000	0.33333
4	4	2	1	0.33333	0.66667	0.00000
5	5	0	1	0.33333	0.33333	0.33333
6	6	2	1	0.33333	0.00000	0.66667
7	7	1	1	0.00000	1.00000	0.00000
8	8	2	1	0.00000	0.66667	0.33333
9	9	2	1	0.00000	0.33333	0.66667
10	10	1	1	0.00000	0.00000	1.00000

Tabla del esquema de mezclas: minitab

Desarrolle el proceso:

Busque sobre el tema del combustible que genere la mejor reacción química

Obtenga la mejor mezcla

- Realice el experimento.
- Analice los datos y obtenga el modelo de regresión.
- Optmice el proceso.



Proyectos

Proyecto 2

Análisis sensorial de alimentos

meta obtener un jugo de frutas

Problema: Un estudio para la aceptación de un jugo de frutas

- Investigue sobre las ideas principales de un estudio de análisis sensorial de alimentos
- Elabore un cuestionario -test sensorial- para evaluar el jugo. A partir de ahí construya la variable de respuesta nivel de aceptación.
- Aplíquelo a 5 personas por tratamiento, realice el trabajo en equipo.

Análisis sensorial de alimentos

meta obtener un jugo de frutas

Problema: Un estudio para la aceptación de un jugo de frutas

- Investigue sobre las ideas principales de un estudio de análisis sensorial de alimentos
- Elabore un cuestionario -test sensorial- para evaluar el jugo. A partir de ahí construya la variable de respuesta nivel de aceptación.
- Aplíquelo a 5 personas por tratamiento, realice el trabajo en equipo.

Análisis sensorial de alimentos

meta obtener un jugo de frutas

Problema: Un estudio para la aceptación de un jugo de frutas

- Investigue sobre las ideas principales de un estudio de análisis sensorial de alimentos
- Elabore un cuestionario -test sensorial- para evaluar el jugo. A partir de ahí construya la variable de respuesta nivel de aceptación.
- Aplíquelo a 5 personas por tratamiento, realice el trabajo en equipo.

Planeación experimental

Jugo de frutas

Descripción experimental para la mezcla de tres jugos

1 Componentes para las mezclas

- 1 Jugo de naranja, $10\% < \text{jugo de naranja} < 30\%$
- 2 Jugo de sandia, $40\% < \text{jugo de sandia} < 80\%$
- 3 Jugo de piña, $10\% < \text{jugo de piña} < 50\%$

2 Procedimiento del experimento:

Prepare los jugos y realice la mezcla. Utilice el diseño de mezclas con restricciones conocido como vértices-extremos de segundo orden. Ver siguiente transparencia.

3 Variable de respuesta: nivel de aceptación

Planeación experimental

Jugo de frutas

Descripción experimental para la mezcla de tres jugos

1 Componentes para las mezclas

- 1 Jugo de naranja, $10\% < \text{jugo de naranja} < 30\%$
- 2 Jugo de sandia, $40\% < \text{jugo de sandia} < 80\%$
- 3 Jugo de piña, $10\% < \text{jugo de piña} < 50\%$

2 Procedimiento del experimento:

Prepare los jugos y realice la mezcla. Utilice el diseño de mezclas con restricciones conocido como vértices-extremos de segundo orden. Ver siguiente transparencia.

3 Variable de respuesta: nivel de aceptación

Planeación experimental

Jugo de frutas

Descripción experimental para la mezcla de tres jugos

1 Componentes para las mezclas

- 1 Jugo de naranja, $10\% < \text{jugo de naranja} < 30\%$
- 2 Jugo de sandia, $40\% < \text{jugo de sandia} < 80\%$
- 3 Jugo de piña, $10\% < \text{jugo de piña} < 50\%$

2 Procedimiento del experimento:

Prepare los jugos y realice la mezcla. Utilice el diseño de mezclas con restricciones conocido como vértices-extremos de segundo orden. Ver siguiente transparencia.

3 Variable de respuesta: nivel de aceptación

Planeación experimental

Jugo de frutas

Descripción experimental para la mezcla de tres jugos

1 Componentes para las mezclas

- 1 Jugo de naranja, $10\% < \text{jugo de naranja} < 30\%$
- 2 Jugo de sandia, $40\% < \text{jugo de sandia} < 80\%$
- 3 Jugo de piña, $10\% < \text{jugo de pinia} < 50\%$

2 Procedimiento del experimento:

Prepare los jugos y realice la mezcla. Utilice el diseño de mezclas con restricciones conocido como vértices-extremos de segundo orden. Ver siguiente transparencia.

3 Variable de respuesta: nivel de aceptación

Planeación experimental

Jugo de frutas

Descripción experimental para la mezcla de tres jugos

1 Componentes para las mezclas

- 1 Jugo de naranja, $10\% < \text{jugo de naranja} < 30\%$
- 2 Jugo de sandia, $40\% < \text{jugo de sandia} < 80\%$
- 3 Jugo de piña, $10\% < \text{jugo de pinia} < 50\%$

2 Procedimiento del experimento:

Prepare los jugos y realice la mezcla. Utilice el diseño de mezclas con restricciones conocido como vertices-extremos de segundo orden. Ver siguiente transparencia.

3 Variable de respuesta: nivel de aceptación

Planeación experimental

Jugo de frutas

Descripción experimental para la mezcla de tres jugos

1 Componentes para las mezclas

- 1 Jugo de naranja, $10\% < \text{jugo de naranja} < 30\%$
- 2 Jugo de sandia, $40\% < \text{jugo de sandia} < 80\%$
- 3 Jugo de piña, $10\% < \text{jugo de pinia} < 50\%$

2 Procedimiento del experimento:

Prepare los jugos y realice la mezcla. Utilice el diseño de mezclas con restricciones conocido como vertices-extremos de segundo orden. Ver siguiente transparencia.

3 Variable de respuesta: nivel de aceptación

Desarrolle el proceso:

Obtenga mezcla de jugo de mayor aceptación

- Realice el experimento.
- Analice los datos y obtenga el modelo de regresión.
- Optmice el proceso.

Naranja Sandía Piña Y: Variable de respuesta

0.10	0.400	0.500
0.30	0.400	0.300
0.10	0.800	0.100
0.30	0.600	0.100
0.10	0.600	0.300
0.20	0.400	0.400
0.20	0.700	0.100
0.30	0.500	0.200
0.20	0.550	0.250
0.15	0.475	0.375
0.25	0.475	0.275
0.15	0.675	0.175
0.25	0.575	0.175