

## Anexo I

# EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN DE LA NAVE

Las 24 pruebas experimentales de las astillas de chopo y las 12 de la paja de maíz han sido realizadas en las instalaciones de la planta piloto sita en la nave 3 del Edificio Betancourt, diseñadas para el secado y molienda de biomasa. A continuación se muestran las características técnicas de cada uno de los elementos que forman parte de la instalación.

### **Banda transportadora**

- **Características**

- Capacidad: 1000kg/h
- Material no cohesivo
- Caudal aproximado: 300-400 kg/m<sup>3</sup>

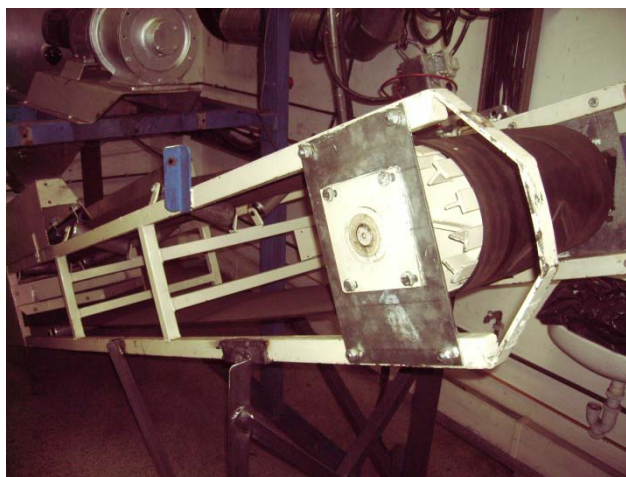
- **Accionamiento**

Motor asíncrono:

- 1.5 kW de potencia eléctrica
- Conexión trifásica  $\Delta/Y$  380V

- **Función**

Transporte el combustible, principalmente biomasa, desde el punto de alimentación hasta el molino de martillos.



**Figura AI.1. Banda transportadora**

### **Molino de martillos SERTON MTC/t-550**

- **Descripción**

Se trata del primer equipo de trituración que se encuentra el material en la etapa de molienda. Es un molino de diseño especial, provisto de cuchillas tronzadoras fijas y martillos flotantes mediante el cual se produce la molienda. Incluye así mismo un sistema de eje inclinado con el fin de triturar el producto sin recalentarlo.

- **Dimensiones limitantes**

- Ancho: 850 mm

- Largo: 930 mm
- Alto: 1150 mm
- **Características**
  - Capacidad: 200-350 kg/h (según tipo de material, forma y espesor)
  - Rotor constituido por dos cuerpos:
    - Disco de corte de tres cuchillas
    - Rotor de 18 martillos en grupos de 6
  - Aislamiento mediante silent-blocks
  - La cámara de trituración posee un sistema por medio del cual se evita la entrada de cualquier material o grasa en los rodamientos
- **Accionamiento**

**Motor asíncrono:**

  - 11 kW de potencia eléctrica
  - Conexión trifásica  $\Delta/Y$  380V
- **Función**

Adecuar la granulometría de los combustibles adquiridos a los tamaños de partícula máximo requeridos para las posteriores etapas de combustión.

El tamaño de partícula máximo obtenido depende de una malla de acero, intercambiable que impide la salida del producto que no alcanza la granulometría deseada. En el laboratorio se dispone de mallas cuyo tamaño de orificio es de 5 y 2 mm, siendo estas últimas las más utilizadas.



**Figura A1.2. Molino de martillos**

## Ciclón

- **Función**

Permite la separación de la corriente fluida de la corriente sólida. Los sólidos precipitan y son recogidos para su posterior tratamiento independiente de la corriente fluida, la cual es evacuada del ciclón por la parte superior y reconducida al transporte neumático.



**Figura A1.3. Ciclón**

## Válvula rotativa del ciclón

- **Dimensiones:**

- Longitud de rotor: 200 mm
- Diámetro de palas: 200 mm

- **Características**

- Capacidad: 4.7 m<sup>3</sup>/h

- **Accionamiento**

**Motor asíncrono:**

- 0.5 CV de potencia
- 0.37 kW de potencia eléctrica
- Conexión trifásica  $\Delta/Y$  380V

- **Función**

Regular el caudal de entrada al tamizador y aislar a este de la depresión existente en el ciclón, completando la separación de la corriente fluida de la sólida.

### **Tamizador**

- **Características**

- Capacidad: ~200 kg/h de producto molturado
- Malla superior de acero inoxidable
- Clasificación con dos salidas independientes (gruesos y finos) mediante 8 tamices distribuidos en dos líneas.
- Clasificación mediante mecanismo de excentricidad regulable

- **Accionamiento**

Motor asíncrono:

- 1.5 kW de potencia eléctrica
- Conexión trifásica  $\Delta/Y$  380V

- **Función**

Criba el producto y para ello admite hasta 3 tamices y con el movimiento vibratorio producido por la excéntrica, el material va siendo clasificado y conducido a su correspondiente salida en función de su tamaño de partícula. Los finos se reintegran a la corriente neumática mientras los gruesos serán recirculados al molino para disminuir su granulometría.

- **Funcionamiento**

El material descarga de la rotativa a un primer tamiz. Las partículas rechazadas son expulsadas creando una primera corriente de gruesos. Las partículas tamizadas continúan su recorrido a través de tres niveles de tamices de tamaño de orificio inferior al anterior. Las partículas rechazadas en este tamizado son recirculadas a la corriente de gruesos mientras que las tamizadas en los diferentes niveles desembocan a la salida de la corriente de finos y por tanto serán reintegrados al transporte neumático.

Se posee de una colección de tamices intercambiables en función del requerimiento granulométrico necesario, pero habitualmente son utilizados los tamaños de luz anteriormente mencionados.



**Figura A.I. Tamizador**

#### **Ventilador de transporte neumático**

- **Modelo:**  
Sodecca CMT-1231-2T-4
- **Características**
  - Caudal máximo: 5220
  - Diferencia de presión máxima: 220 mm.c.a
- **Función**  
Es el encargado, junto con el ventilador de tiro forzado, de dotar a la corriente sólida y fluida de la suficiente presión para que el transporte neumático se realice adecuadamente.



**Figura A.I.4. Ventilador del transporte neumático**

### Filtro de mangas

- **Modelo:**  
Serton 7-M
- **Características**
  - Área filtrante: 7 m<sup>2</sup>
  - Nivel de emisión máxima: 25 mg/m<sup>3</sup>
  - Pérdida de carga: 80-110 mm.c.a
  - Sistema de limpieza por aire comprimido a contracorriente controlado electrónicamente
- **Función**

Es el otro equipo separador integrado en la etapa de molienda. La separación de las corrientes sólida y fluida se realiza para la precipitación y almacenaje de las partículas de material en la tolva de alimentación.
- **Funcionamiento**

El filtro de mangas está compuesto por cuatro filtros cilíndricos a través de los que circula la corriente neumática. En estos filtros quedan retenidas las partículas de tamaño superiores a los orificios del filtro.

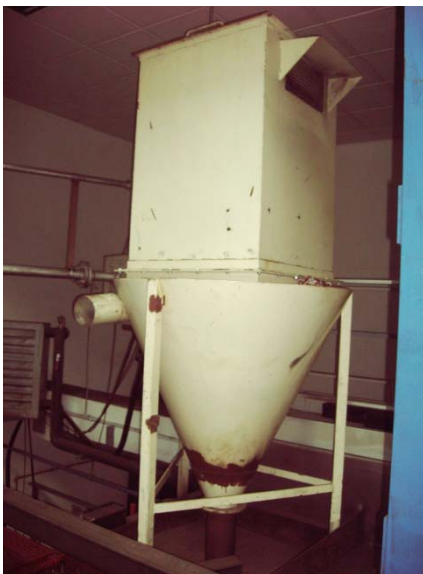


Figura Al.5. Filtro de mangas



Figura Al.6. Cartucho de filtro

### Ventilador de tiro forzado

- **Modelo**  
Sodecca CMT-1025-2T
- **Características**
  - Caudal máximo: 2850 m<sup>3</sup>/h

- Diferencia de presión máxima: 128 mm.c.a
- **Accionamiento**  
Motor asíncrono:
  - 1.5 kW de potencia eléctrica
  - Conexión trifásica  $\Delta/Y$  380V
- **Función**  
Es el encargado junto con el ventilador de transporte neumático de suministrar la presión suficiente a la corriente sólida y fluida para que el transporte neumático se realice adecuadamente.



**Figura A1.7. Ventilador de tiro forzado**



## Anexo II

# DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

## Función de distribución

Los estudios realizados en el proyecto han partido de la función de distribución granulométrica de cada una de las muestras. Una función de distribución se define de la siguiente manera:

$$F(x) = p(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} f(x_i)$$

Donde  $x_i \leq x$  designa a aquellos valores que son inferiores o iguales a  $x$  y  $f(x)$  es la función de densidad de la variable discreta  $x$ . En este caso esta variable indica la probabilidad o porcentaje de masa para cada diámetro.

Al obtener la representación gráfica de los datos se ha observado que las representaciones discretas tienen un comportamiento similar a la función normal y log-normal y en el caso de las distribuciones acumuladas a la función Rosin-Rammler.

Distribución normal:  $f_x = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-x_{50})^2}{2\sigma^2}\right]$

Distribución log-normal:  $f_x = \frac{1}{\ln\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \ln x_{50})^2}{2\ln^2\sigma}\right]$

Distribución Weibull:  $F_x = \left[1 - e^{-\left(\frac{x}{l}\right)^m}\right]$

Distribución Rosin-Rammler:  $F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{l}\right)^m}$

Durante el desarrollo del proyecto se han descrito las distribuciones mediante una serie de parámetros. Varios de ellos se calculan de manera aritmética y geométrica, representativos de las distribuciones normales y de las distribuciones log-normal respectivamente. A continuación se da una breve explicación de cada uno de ellos:

La media (1,2) es una medida de centralización. Se llama media de una distribución estadística al promedio de todos los valores de la muestra.

La desviación (3,4,5,6) es la diferencia numérica entre una medida individual y la media de una serie completa de medidas.

Asimetría (7,8) es una medida estadística que describe la simetría de la distribución alrededor de un promedio. Su signo muestra la dirección de la asimetría, a la izquierda si es negativa y a la derecha si es positiva, si tiene un valor igual a cero la distribución es simétrica.

Apuntamiento (9,10) analiza el grado de concentración que presentan los valores alrededor del valor central. Es una medida estadística que describe el apuntamiento o achatamiento de una cierta distribución con respecto a una distribución normal.

Los percentiles (11) nos dan un valor de un diámetro e indican el porcentaje de partículas que es inferior a ese diámetro.

Tamaño efectivo (12) representa al percentil d10, que indica que el 10% de la muestra tiene un diámetro inferior a ese valor.

Índice de uniformidad (13) es el ratio entre partículas pequeñas ( $d_5$ ) y partículas grandes ( $d_{95}$ ).

Amplitud relativa (14) proporciona una medida adimensional de la dispersión de la distribución.

Número guía (15) es la dimensión media expresada en mm.

Coeficiente de uniformidad (16) analiza el grado de distribución de los tamaños de partículas.

Coeficiente de graduación (17) es un ratio entre partículas de gran tamaño y pequeño tamaño, de manera que proporciona una medida de la dispersión.

El parámetro  $m$  de la función Rosin-Rammler (18) es la pendiente de la función de distribución, por lo que muestra la dispersión de los datos.

El parámetro  $l$  da un tamaño de partícula que representa de tamiz que retiene el 36,7% de las partículas.

La siguiente formulación estadística ha sido usada para el cálculo de los parámetros. Para su cálculo se toman los datos obtenidos a partir del tamizado de la muestra. Cuando se conozca el porcentaje de masa o volumen que hay en cada intervalo de tamaño de partícula se puede proceder al cálculo de los parámetros estadísticos. En todos estos cálculos  $f$  es la frecuencia o porcentaje y  $m$  el punto medio de cada intervalo de diámetros.

### Cálculo de parámetros

Media aritmética: 
$$\bar{x}_a = \frac{\sum f \cdot m}{100} \quad (1)$$

Media geométrica: 
$$\bar{x}_g = \exp \frac{\sum f \cdot \ln(m)}{100} \quad (2)$$

Desviación aritmética: 
$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum f(m - \bar{x}_a)^2}{100}} \quad (3)$$

Desviación geométrica: 
$$\sigma_g = \exp \sqrt{\frac{\sum f(\ln m - \ln \bar{x}_g)^2}{100}} \quad (4)$$

Desviación geométrica superior: 
$$\sigma_{g_{sup}} = \frac{d_{50}}{d_{15.78}} \quad (5)$$

Desviación geométrica inferior: 
$$\sigma_{g_{inf}} = \frac{d_{84.13}}{d_{50}} \quad (6)$$

Asimetría aritmética: 
$$Sk_a = \frac{\sum f(m - \bar{x}_a)^3}{100\sigma_a^3} \quad (7)$$

Asimetría geométrica: 
$$Sk_g = \frac{\sum f(\ln m - \ln \bar{x}_g)^3}{100\ln\sigma_g^3} \quad (8)$$

Apuntamiento aritmética: 
$$K_a = \frac{\sum f(m - \bar{x}_a)^4}{100\sigma_a^4} - 3 \quad (9)$$

Apuntamiento geométrica: 
$$K_g = \frac{\sum f(\ln m - \ln \bar{x}_g)^4}{100\ln\sigma_g^4} - 3 \quad (10)$$

Percentiles: 
$$d_x = l * \left( -\log \left( \frac{1-x}{100} \right) \right)^{\frac{1}{m}} \quad (11)$$

Tamaño efectivo: 
$$d_{10} = l * \left( -\log \left( \frac{1-10}{100} \right) \right)^{\frac{1}{m}} \quad (12)$$

Índice de uniformidad: 
$$I_u = \frac{d_{95}}{d_5} \quad (13)$$

Amplitud relativa: 
$$RS_m = \frac{(d_{90} - d_{10})}{d_{50}} \quad (14)$$

Número guía: 
$$N_{sg} = d_{50} \quad (15)$$

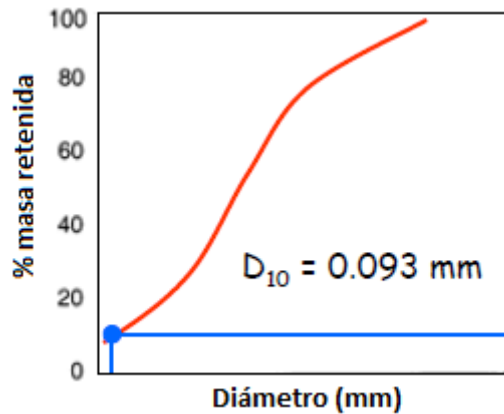
Coefficiente de uniformidad: 
$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (16)$$

Coefficiente de graduación: 
$$C_g = \frac{d_{30}^2}{(d_{10} - d_{60})} \quad (17)$$

Coefficientes l y m: 
$$f(d) = 100 \left[ 1 - e^{-\left( \frac{d_p}{l} \right)^m} \right] \quad (18)$$

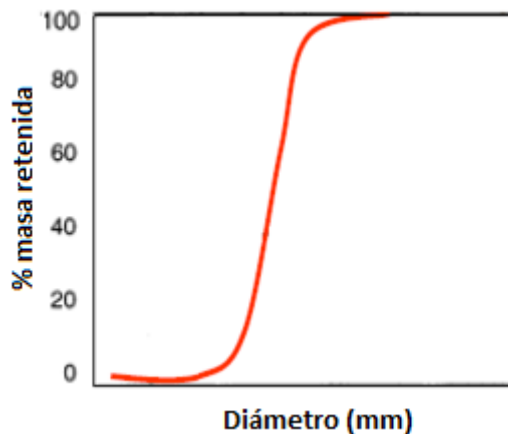
## Distribución acumulada

A partir de los datos se ha obtenido la distribución granulométrica de las pruebas. Los parámetros nombrados en este anexo dan información sobre ella y permiten conocer su forma. A continuación se explica gráficamente el resultado de algunos parámetros y qué información dan sobre la gráfica.



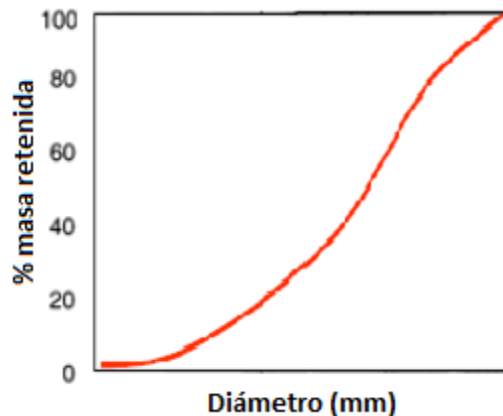
El percentil, en este caso  $d_{10}$  nos da un valor de un diámetro e indican que el 10% de las partículas tiene un tamaño inferior a ese diámetro.

Comparando los valores de varias distribuciones se puede saber en qué rango hay mayor concentración de partículas para cada distribución.



Esta distribución indica que la mayor parte de las partículas tienen un diámetro medio, por ello la alta pendiente en esa zona.

El parámetro de forma de la distribución Rosin-Rammler ( $m$ ) da información sobre la pendiente.



Las partículas de esta distribución tienen un gran rango de tamaños.

Se observa que la distribución asciende suavemente, de forma gradual. Los valores del parámetro coeficiente de graduación permite conocer esta propiedad

Figura AII.1. Ejemplos de distribuciones

## Anexo III

# PROTOCOLOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES, ENSAYOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este proyecto se divide en varias fases: en primer lugar se ejecutan una serie de pruebas experimentales en la nave 3. El material obtenido en estas pruebas es analizado, y para ello se realizan una serie de ensayos que proporcionan datos e información que tienen que ser posteriormente procesada para llevar a cabo el estudio. En todo este proceso se realizan diferentes operaciones e intervienen varias personas. Por ello se establecen una serie de protocolos para evitar pérdidas de datos y minimizar la manipulación y aleatoriedad de los resultados.

### **Protocolo de ejecución de las pruebas experimentales de molienda**

Cuando se realizan las pruebas experimentales para la molienda de biomasa en la nave 3 se procede siempre del mismo modo, siguiendo el siguiente protocolo:

1. Se introduce el material en el interior de los sacos desde donde se alimentará a la banda.
2. Se pesa cada saco para saber la cantidad de material que va a ser depositado en la banda. El peso de cada saco debe ser de 10 kilogramos aproximadamente.
3. Se pone en marcha la instalación.
4. Se alimenta a la banda para proporcionar material al molino. El caudal de material que llega al molino debe ser homogéneo, tarea difícil de conseguir cuando el material es biomasa. Un operario debe depositar el material sobre la banda, un segundo operario hace que el material sobre la banda sea uniforme.
5. Se coge una muestra del material bruto que es transportado por la banda para su posterior análisis.
6. Durante la ejecución de la prueba un operario observa la información proporcionada por el sistema SCADA, que indica los consumos energéticos, la intensidad, presiones...y si alguno de ellos sufre algún problema.
7. La biomasa molida es trasladada hasta el ciclón y allí se separa del flujo de aire. A la salida del ciclón se coge una pequeña muestra que posteriormente es analizada para obtener la granulometría y la humedad. Éstas se toman siempre al final de cada prueba para el funcionamiento de la instalación sea más próximo al comportamiento estacionario.
8. Las muestras recogidas durante la prueba, descritas en el punto 6 y 9 se guardan en bolsas identificadas con el código, fecha y número de repetición de la prueba para una correcta gestión de la muestra.
9. El material molido, tras abandonar el ciclón pasa por una serie de tamices y es ahí donde se obtiene el producto final de la instalación. Se genera una gran cantidad de producto final que es recogido en los bidones situados a la salida de la instalación. Parte es utilizado para obtener la densidad aparente y el ángulo de reposo, y parte es almacenada para futuros estudios o para realizar repeticiones en caso de error.
10. Cuando finaliza la prueba se recoge el material que ha caído al suelo durante la alimentación de la banda y se pesa para conocer exactamente la cantidad de material que ha entrado al molino.

## Protocolo de análisis de propiedades analíticas

### Densidad aparente

La densidad aparente se define como la masa de material dividida por el volumen ocupado tanto por el propio material como por el aire atrapado entre sus partículas. La densidad aparente varía con el grado de compactación sufrido, la compresibilidad y en la biomasa tiene una gran influencia la humedad.

La densidad aparente se determina mediante la norma DD/CEN/TS 15103:2005. Los datos de la densidad aparente debe ir documentada junto con a la humedad del material.

El procedimiento a seguir para conocer la densidad aparente es el siguiente:

1. Se recoge el material obtenido del bidón situado al final de la instalación
2. Se introduce una pequeña cantidad en un recipiente normalizado.
3. Se golpea el recipiente para que se ocupen los huecos intersticiales, teniendo cuidado para no compactar el material.
4. Se pesa el material del interior del recipiente
5. Se calcula la densidad aparente

### Ángulo de reposo

Se considera ángulo de reposo al ángulo existente entre la horizontal y la pila de material. Ello depende de muchos factores como el tamaño de las partículas, la forma, humedad y rugosidad, la densidad intrínseca de la partícula y las fuerzas superficiales que interactúan entre ellas.

Los pasos a seguir para obtener el ángulo de reposo son:

1. Se recoge el material obtenido del bidón situado al final de la instalación
2. Se vierte el material en una tolva
3. La tolva tiene un orificio en la parte inferior, cubierto con una lámina. La posición de ésta se puede regular de manera que aparece una abertura en la tolva.  
Se coloca la lámina para que haya una pequeña ranura por la que pueda fluir el material
4. La biomasa va cayendo en una lámina y forma una montaña que es diferente según las propiedades del material
5. Se mide la base de la montaña sobre la lámina y la altura de la montaña
6. Se calcula el ángulo de reposo



**Figura 2.** Ángulo de reposo



### **Contenido de humedad en base húmeda**

La obtención de la humedad ha sido basada en la norma ASME para biocombustibles sólidos, Standard Test Method para humedad total en carbón D 3302-82. Este método se puede aplicar a todos los combustibles de biomasa. Para ello se usa un horno de secado con aberturas para la circulación natural y en el que se pueda regular la temperatura.

Para determinar la humedad de una muestra se procede de la siguiente manera:

1. Se enciende el horno y se fija la temperatura en 100°C
2. Se deposita material bruto en una bandeja y se mide su peso
3. Se realiza la operación con el material molido
4. Se introducen las bandejas con las muestras en el horno, donde permanecerán 22 horas. Estas condiciones de temperatura y tiempo son las necesarias para que se evapore el agua y no lo hagan las sustancias volátiles.
5. Transcurridas 22 horas se sacan las bandejas con las muestras del horno
6. Se pesa el material de cada bandeja
7. Se calcula la humedad

El contenido de humedad en base húmeda se calculará según la siguiente expresión:

$$M = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100$$

Donde M es el contenido de humedad en base húmeda,  $W_w$  es la masa de la muestra cuando se introduce en el horno y  $W_d$  es la masa de la muestra cuando se saca del horno.

### **Protocolo del análisis de resultados**

Durante el desarrollo del proyecto se han ejecutado 24 pruebas experimentales para las astillas de chopo y 12 pruebas para la biomasa paja de maíz. Para cada una de las pruebas se han obtenido datos del laboratorio analítico y del CSIC a partir de los cuales se ha hallado las granulometrías. Para ello se han calculado gran cantidad de parámetros y gráficas para cada una de las pruebas, con una doble repetición. El coste computacional de todo esto es elevado y para evitar pérdidas de tiempo, datos y errores y una correcta gestión de los datos se ha decidido desarrollar varios programas en Matlab de manera que su obtención y su almacenamiento en sus correspondientes carpetas o estructuras creadas por los propios programas es inmediata. Se han creado tres programas: cálculo\_granulometría, correlación y correlación\_gráficas. Todos ellos han sido diseñados exclusivamente para el tratamiento de los datos del difractor o del tamizador y para el correcto funcionamiento de los programas hay que seguir un protocolo.

### **Cálculo granulometría**

1. Antes de empezar a usar el programa se abren las páginas Excel de las que se va a leer y se comprueba que tienen el formato adecuado para que el programa las pueda interpretar. Los datos de difractor deben tener 92 datos con los diámetros de partículas y su porcentaje en volumen. El ratio entre los diámetros consecutivos tiene que ser siempre el mismo y los porcentajes tienen que sumar 100.

La dimensión de la tabla con los datos del laboratorio analítico puede tener una dimensión variable según el número de tamices colocados. En la tabla se representa el diámetro, la masa en cada tamiz, su porcentaje en masa y la acumulación de ese porcentaje.

2. Antes de ejecutar el programa hay que introducir los siguientes datos:

```
biomasa='\maiz\';  
numero_prueba='6';  
repeticion='1';  
codigo='HIS2RPM';  
procedencia='analitico';      %carboquímica ó analítico  
numero_procedencia='2';  
  
Humedad=28.31;                %parámetros de entrada  
Output_Size= '2mm';  
tamano=2;  
rpm=3000;
```

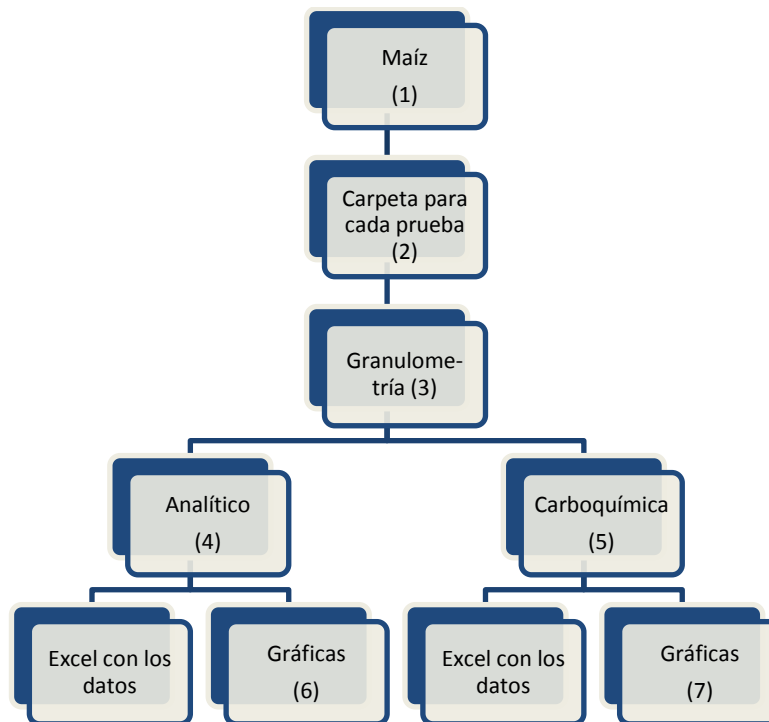
Éstos son los datos que identifican cada muestra y que hay que cambiar para cada una de ellas. El número de prueba que corresponde a cada código es:

1. HIS5rpm	5. HIS2rpm	9. HIS1rpm	13. hIS5rpm	17. hIS2rpm	21. hIS1rpm
2. HIS5RPM	6. HIS2RPM	10. HIS1RPM	14. hIS5RPM	18. hIS2RPM	22. hIS1RPM
3. His5rpm	7. His2rpm	11. His1rpm	15. his5rpm	19. his2rpm	23. his1rpm
4. His5RPM	8. His2RPM	12. His1RPM	16. his5RPM	20. his2RPM	24. his1RPM

3. Para ejecutar el programa se escribe en los comandos de Matlab: `calculo_granulometria`. El programa se ejecuta y calcula todos los parámetros descritos en el programa. Se realizan en primer lugar los cálculos con los datos procedentes del laboratorio y a continuación se modifica el archivo para volver a ejecutarlo con los datos del CSIC.

```
procedencia='carboquímica' ;  
numero_procedencia='1' ;
```

A continuación se explica la estructuración de las carpetas. Existe una carpeta para la paja de maíz y otra con la misma configuración para las astillas de chopo. En su interior:



**Gráfica 1.** Estructuración de las carpetas

Los elementos del gráfico 1 identificados con un número son carpetas.

En las primeras líneas del archivo del programa se han definido una serie de directorios para ubicar los datos y las estructuras creadas por el programa. Cada vez que el programa se ejecuta se generan los siguientes archivos:

- Vector 'parámetros\_granulométricos' con el valor de cada parámetro calculado para esa prueba. Se guarda en la carpeta 4 ó 5 según la procedencia de los datos.
- Estructura 'parámetros\_iniciales' con el valor de las variables de entrada diámetro objetivo, contenido en humedad y velocidad (carpeta 4 ó 5).
- Matriz 'datos\_entrada' creada por el programa con los datos de la hoja Excel, a partir de los cuales se han realizado todos los cálculos (4 ó 5).
- Representación gráfica de los datos, tanto la distribución discreta como la acumulada (6 ó 7).
- Imágenes con la superposición de las gráficas de analítico y carboquímica para cada prueba (2).
- Estructura de datos 'maiz\_granulometria'. Contiene subestructuras para cada una de las pruebas, identificadas por código, y en el interior de cada una de ellas hay un vector donde se almacena el valor de cada una de los parámetros calculados por el programa (1).

## **Correlación**

Este programa halla la correlación entre todos los parámetros calculados para cada prueba. Para ello:

1. Se fijan 3 variables (humedad, tamaño de entrada y revoluciones) y se toman los valores de los parámetros para los tres tamaños de partículas (5, 2 y 1 mm).

```
biomasa='chopo';  
repeticion='2';  
humedad='h';  
rev='rpm';  
tamano_inicial='IS';  
OS=[5; 2; 1];  
procedencia='analitico';
```

2. Se sitúa la estructura 'maíz\_granulometría' o 'chopo\_granulometría' en el Workspace para que el programa lea los datos de aquí.
3. Se ejecuta el programa escribiendo en los comandos de MATLAB 'correlacion'

Para cada combinación (hISRPM, HISRPM, hISrpm, HISrpm, hisRPM, HisRPM, hisrpm, Hisrpm) el programa lee los datos y con ellos definidos como variables llama a la función 'Funcion\_correlacion' que es la que realiza los cálculos y le devuelve una matriz.

Ésta le devuelve una matriz que el programa 'correlación' almacena. El programa guarda la matriz proporcionada por la función interna y crea una estructura en la que se guardarán los datos a partir de los cuales se ha hecho la aproximación en cada caso. Todo esto se almacena en la carpeta 3 del gráfico 1.

### *Función correlación*

Esta función es llamada durante la ejecución del programa correlación que le proporciona los datos con los que tiene que trabajar y la función calcula la correlación lineal entre todos los parámetros, a partir de las cuales representa una matriz de 20x20 comparando los 20 parámetros uno a uno. La matriz contiene tanto el valor del coeficiente de la recta de regresión como la bondad del ajuste ( $R^2$ ).

Los resultados se los devuelve al programa en forma de matriz.

## **Correlación gráficas**

Calcula la aproximación lineal entre dos parámetros para comprobar si están relacionados y la representa.

1. Introducir los siguientes datos en el programa:

```
humedad='h'; %'h' ó 'H'  
rev='RPM';  
param_x='media_arith';  
param_y='d50';
```

Se define los parámetros con los que se quiere trabajar y las condiciones de las pruebas

Toma los datos de la estructura creada con el programa correlación y almacena las imágenes.

## Anexo IV

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

## Diseño de experimentos y análisis de sus resultados

Las pruebas realizadas han sido definidas mediante diseño de experimentos en el cual hay cuatro factores (tamaño de entrada, tamaño objetivo, revoluciones y humedad) y once variables respuestas que son los parámetros estudiados que definen la distribución granulométrica. Uno de los objetivos del proyecto es conocer cómo es la distribución granulométrica del material obtenido en función de los cuatro factores que se pueden modificar. Para ello se realiza un análisis de varianza ANOVA.

Cada una de las variables será estudiada de manera independiente y cada uno de los factores tendrá dos niveles de variación que serán codificados como muestra la tabla AIV.1.

**Tabla AIV.1.** Codificación de los factores

<i>Factor</i>	<i>Nivel inferior</i>	<i>Nivel superior</i>
<i>Humedad</i>	-1	+1

Los 4 factores se representan mediante la nomenclatura  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  y las variables respuesta por  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$ ...

Cuando se realizan todos los experimentos y se conoce el valor la variable respuesta para cada experimento se puede elaborar la matriz de experimentos. Ésta permite obtener un modelo matemático de primer orden:

$$y = b_0X_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_{12}X_{12} + b_{13}X_{13} + b_{14}X_{14} + b_{23}X_{23} + b_{24}X_{24} + b_{34}X_{34}$$

Donde b se calcula:  $b = [X'X]^{-1}[X'y]$ ;  $b = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_{12} \\ \vdots \end{bmatrix}$

Siendo X la matriz de diseño (columnas 2, 3, 4 y 5 de la tabla AIV.3) e y el vector columna de la variable respuesta.

**Tabla AIV2.** Ejemplo de matriz de experimentos

Experimento	Tamaño entrada	Humedad	Tamaño objetivo	Revoluciones	Desviación geométrica
1	+1	-1	-1	+1	2.4668
2	-1	-1	+1	+1	2.5267

El coeficiente mayor del vector b (a excepción de  $b_0$ ) indica la variable con mayor influencia, pero para saber si esta afirmación es real es necesario conocer cuál de los efectos de los factores es significativo, con qué nivel de confianza, si el modelo matemático realmente se ajusta a los datos experimentales...Para ello hay que conocer cuáles son los errores experimentales que se cometen durante la determinación de la variable respuesta.

### **Error experimental**

El error experimental es la magnitud que permite determinar si los factores estudiados tienen influencia significativa sobre la respuesta estudiada y también evaluar la calidad del ajuste del modelo matemático. El error experimental se determina a partir de réplicas experimentales.

Es recomendable realizar réplicas en el punto central ya que este experimento no se tiene en cuenta en la matriz experimental. Los resultados de la variable en el punto central pueden compararse con el  $b_0$  del modelo matemático. La réplica en el nivel central además de revelar lo que ocurre en ese nivel brinda grados de libertad para evaluar la calidad del modelo.

#### ***Cálculo de la varianza experimental en el punto central.***

La varianza experimental o error puro se calcula:

$$S_{exp}^2 = \sum \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

Donde  $y$  son los valores de la variable respuesta. La raíz cuadrada de la varianza experimental es la desviación típica.

Los valores de desviación geométrica en el punto central son:

$$desv = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_{12} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

**Tabla AIV3.** Cálculos auxiliares para calcular la varianza experimental

$y_i$	$(y_i - \bar{y})^2$
2,7484	0,001897
2,5468	0,02498
2,7241	0,000371
2,8001	0,009073
$\bar{y} = 2,70485$	$\sum (y_i - \bar{y})^2 = 0,03632$

El número de veces que se replica un experimento se denomina  $n$ ,  $n-1$  son los grados de libertad usados en el cálculo de la varianza.

Los cálculos del error puro se suelen representar en una tabla de análisis de varianza ANOVA.

**Tabla AIV.4.** Tabla ANOVA

Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio
$SC = \sum (y_i - \bar{y})^2$	(n-1)	$S_{exp}^2 = \sum \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$

Varianza ponderada- Si se decide realizar réplicas en varios puntos de la región experimental la varianza representativa es el valor ponderado que se obtiene a partir de las varianzas experimentales obtenido en cada punto replicado ( $S_p^2$ ).

#### **Prueba de significación de los coeficientes**

Los análisis se realizan a través de la prueba F de Fisher. El estadígrafo calculado es contrastado con el valor crítico del estadígrafo para un determinado nivel de significación ( $\alpha=0.1$ ).

Se calcula: 
$$F_{bi} = \frac{b_i^2 (1/c_{ii})}{S_{exp}^2} = \frac{S^2(b_{ij})}{S_{exp}^2} \quad S^2(b_{ij}) = b' [X'X]^{-1} b$$

Donde  $C_{ii}$  son los números que conforman la diagonal de la matriz  $[X'X]^{-1}$ , considerando la réplica en el nivel central. Esta relación es el contraste entre la varianza provocada por un factor y la varianza experimental. Si la variabilidad que provoca el cambio del factor es mayor que la encontrada debido a los errores experimentales (hipótesis alternativa  $H_1$ ), se puede plantear que el factor es significativo. Por el contrario si las fluctuaciones que provoca son similares al error experimental (hipótesis nula  $H_0$ ), no es significativo.

Para ello se plantean las hipótesis:

Nula  $H_0: S^2(b_{ij}) = S_{exp}^2$   
 Alternativa  $H_1: S^2(b_{ij}) > S_{exp}^2$

Luego, 
$$F_c = \frac{S_{bij}^2}{S_{exp}^2}$$

Siendo  $F_c$  el valor de F calculado y  $F_t$  el valor de F tabulada para el nivel de significación  $\alpha$ .

Si  $F_c > F_t$  se rechaza la hipótesis  $H_0$  con una probabilidad  $\alpha$  de estar equivocado y se acepta la hipótesis  $H_1$ .

#### **Análisis de significación de los coeficientes**

El P-valor se utiliza también para decidir si la fuente de variación que se analiza ejerce un cambio significativo en la respuesta, este es equivalente al nivel de significación real de la fuente de variación y se interpreta como la probabilidad de obtener valores de F iguales o mayores a un cierto valor  $F_t$ . Se ha fijado una probabilidad de  $\alpha=0.1$  (90%), entonces las fuentes de variación que tengan un P-valor menor a 0.1 ejercen un cambio significativo sobre la variable estudiada.

Si se considera que una variable no es significativa y se elimina, la suma de cuadrados y el grado de libertad asociado a esta se adiciona la falta de ajuste del modelo.



### **Prueba de calidad del modelo. Sumas de cuadrados**

La calidad del modelo matemático se determina a partir de:

- Falta de ajuste del modelo matemático
- $R^2$ : Coeficiente de determinación del modelo
- $R_{adj}^2$ : Coeficiente de determinación ajustado a grados de libertad.

Para determinar todo esto:  $SC_T = SC_R + SC_r$

Donde  $SC_T$  es la suma de cuadrado total, que equivale a los cambios observados en la variable respuesta.  $SC_T = \sum_{i=1}^n y_i^2$

Donde n es el número de experimentos e  $y_i$  la respuesta observada en cada experimento.  $SC_R$  es la suma de cuadrado de regresión que considera la variación total observada. Aquella que explica los coeficientes considerados en el modelo matemático.  $SC_r$  es la suma de cuadrados residual y engloba la variación no explicada por el modelo (falta de ajuste y error puro).

$$SC_r = SC_T - SC_R$$

$$SC_r = \sum_{i=1}^n y_i^2 - b'[X'X]$$

En la tabla ANOVA la suma de cuadrados se expresa en forma corregida. Se le llama corregida porque resta la suma de cuadrados correspondiente a  $b_0$  (media de la respuesta calculada por el modelo).

#### **Suma de cuadrados total corregida**

$$SC_{TC} = SC_T - SC_{b_0}$$

Donde  $SC_{TC}$  es la suma de cuadrados total corregida,  $SC_T$  es la suma de cuadrados total y  $SC_{b_0}$  es la suma de cuadrado.

#### **Suma de cuadrados de regresión corregida**

$$SC_{RC} = SC_R - SC_{b_0}$$

Donde  $SC_{RC}$  es la suma de cuadrados de regresión corregida y  $SC_R$  es la suma de cuadrado de regresión.

### **Análisis de residuos**

La suma cuadrática residual está conformada por dos términos: la suma de cuadrados dada por los errores aleatorios ( $SC_{exp}$ ) y la suma de cuadrados dada por la falta de ajuste ( $SC_{fa}$ ).

$$SC_r = SC_{exp} + SC_{fa}$$

$SC_r$ ,  $SC_{exp}$  son suma de cuadrados residual y  $SC_{fa}$  es la suma de cuadrados dada por la falta de ajuste.  $SC_{exp}$  está dada por los errores que se cometen en la determinación de los datos experimentales y la mejora de esta depende únicamente de la calidad con que se realizan las mediciones experimentales y de las condiciones de la instalación experimental. La falta de ajuste ( $SC_{fa}$ ) puede ser reducida reestructurando el análisis del modelo, o sea, aumentando el número de réplicas, en caso que sea necesario o aumentando el número de coeficientes del modelo.

Es importante conocer el comportamiento de los residuos en general, pues estos son utilizados para valorar la calidad del modelo obtenido.

### **Cálculo de la falta de ajuste**

La falta de ajuste es uno de los parámetros utilizados para analizar la calidad del modelo ajustado. En el caso que se analicen réplicas en varios puntos de la región experimental, la suma de cuadrados experimental ( $SC_{exp}$ ) estaría dada por la varianza ponderada ( $S_p^2$ ) y la falta de ajuste se calcularía como se muestra e continuación:

$$SC_{fa} = SC_r - SC_{exp}$$

### **Coefficiente de determinación**

Es el porcentaje de variación que el modelo matemático explica en relación a la variación total observada. Se define a partir de la siguiente expresión:

$$R^2 = \frac{SC_{RC}}{SC_{TC}}$$

Donde  $SC_{RC}$  es la suma de cuadrados de regresión corregida y  $SC_{TC}$  es la suma de cuadrados total corregida.

$$SC_{RC} = b'[X'y] - SC_{b0}$$

$$SC_{TC} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - SC_{b0}$$

El  $R^2_{\text{máx aplicable}}$  es el porcentaje de variación máxima que un modelo puede explicar en relación a la total observada. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$R^2_{\text{máx aplicable}} = \frac{SC_{TC} - SC_{exp}}{SC_{TC}} = 1 - \frac{SC_{exp}}{SC_{TC}}$$

Cuando  $R^2 < R^2_{\text{máx aplicable}}$  significa que el modelo matemático puede ser mejorado si se incrementan nuevos coeficientes y consecuentemente nuevos experimentos.

Si  $R^2 \approx R_{\max}^2$  *aplicable* indica que cualquier esfuerzo en busca de modelos sofisticados es en vano. En estos casos  $100 \times R^2$  es el porcentaje de variación provocada por los errores experimentales. Si se desea obtener mayor valor de  $R^2$  es necesario disminuir los errores experimentales mejorando la instalación experimental o aumentando el número de réplicas para el cálculo del error puro.

### **Cálculo del coeficiente de determinación ajustado para grados de libertad**

El coeficiente de determinación se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$R^2 = \frac{SC_{RC}}{SC_{TC}} = 1 - \frac{SC_r}{SC_{TC}}$$

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{(SC_r / (n' - p))}{(SC_{TC} / (n' - 1))}$$

Donde  $n'$  es el número total de experimentos del diseño y  $p$  el número de coeficientes significativos en el modelo.

Cuando la diferencia en  $R^2$  y  $R_{adj}^2$  es grande, es necesario incrementar el número total de experimentos ( $n$ ), para tener grados de libertad suficientes que garanticen igualdad entre  $R^2$  y  $R_{adj}^2$ .

### **Resultados ANOVA**

A continuación se muestran los análisis de varianza para cada parámetro en primer lugar para el maíz y después para el chopo.

## Analizar Experimento - I

### Efectos estimados para I

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,796975	0,012579	
A:Humedad	0,0175125	0,0281275	1,0
B:d target	0,600738	0,0281275	1,0
C:revoluciones	-0,117812	0,0281275	1,0
AB	-0,0046375	0,0281275	1,0
AC	0,0232625	0,0281275	1,0
BC	0,0109375	0,0281275	1,0
bloque	-0,0529556	0,0265188	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para I

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,00122675	1	0,00122675	0,39	0,5452
B:d target	1,44354	1	1,44354	456,15	0,0000
C:revoluciones	0,0555191	1	0,0555191	17,54	0,0013
AB	0,0000860256	1	0,0000860256	0,03	0,8718
AC	0,00216458	1	0,00216458	0,68	0,4244
BC	0,000478516	1	0,000478516	0,15	0,7042
bloques	0,0126193	1	0,0126193	3,99	0,0690
Error total	0,0379754	12	0,00316462		
Total (corr.)	1,55361	19			

R-cuadrada = 97,5557 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96,4275 por ciento

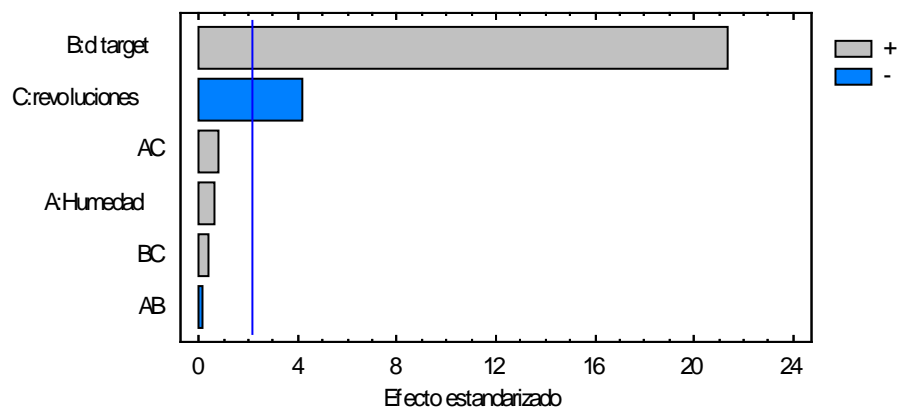
Error estándar del est. = 0,0562549

Error absoluto medio = 0,0371565

Estadístico Durbin-Watson = 1,07439 (P=0,0226)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,380485

Diagrama de Pareto Estandarizada para I



## Analizar Experimento - d50

### Efectos estimados para d50

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,631	0,0103469	
A:Humedad	0,0060375	0,0231364	1,0
B:d target	0,463362	0,0231364	1,0
C:revoluciones	-0,100038	0,0231364	1,0
AB	-0,0146375	0,0231364	1,0
AC	0,0133125	0,0231364	1,0
BC	-0,0052125	0,0231364	1,0
bloque	-0,0548667	0,0218132	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para d50

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,000145806	1	0,000145806	0,07	0,7986
B:d target	0,858819	1	0,858819	401,10	0,0000
C:revoluciones	0,04003	1	0,04003	18,70	0,0010
AB	0,000857026	1	0,000857026	0,40	0,5388
AC	0,000708891	1	0,000708891	0,33	0,5757
BC	0,000108681	1	0,000108681	0,05	0,8255
bloques	0,0135466	1	0,0135466	6,33	0,0271
Error total	0,0256941	12	0,00214118		
Total (corr.)	0,93991	19			

R-cuadrada = 97,2663 por ciento

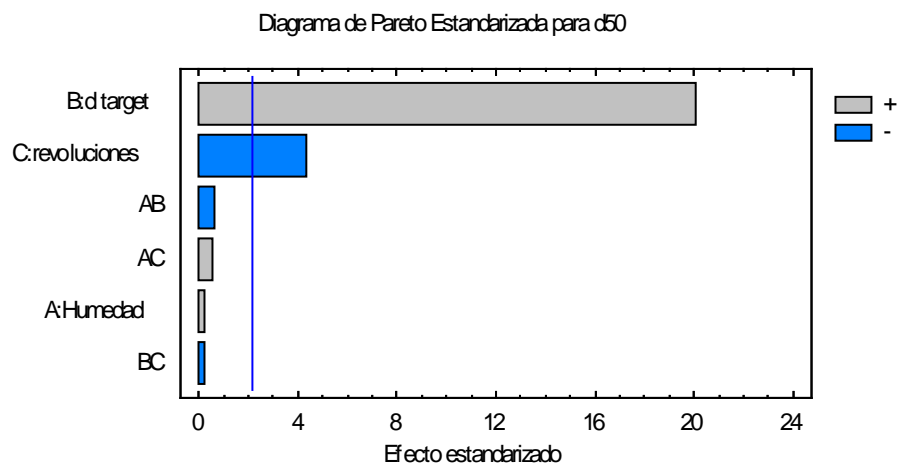
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96,0046 por ciento

Error estándar del est. = 0,0462729

Error absoluto medio = 0,03005

Estadístico Durbin-Watson = 1,63088 (P=0,2271)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,139919



## Analizar Experimento - d geometrico

### Efectos estimados para d geometrico

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,502125	0,00993781	
A:Humedad	-0,0119625	0,0222216	1,0
B:d target	0,364387	0,0222216	1,0
C:revoluciones	-0,0544875	0,0222216	1,0
AB	-0,0254875	0,0222216	1,0
AC	0,0040875	0,0222216	1,0
BC	0,0310875	0,0222216	1,0
bloque	-0,0495	0,0209507	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para d geometrico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,000572406	1	0,000572406	0,29	0,6002
B:d target	0,531113	1	0,531113	268,89	0,0000
C:revoluciones	0,0118756	1	0,0118756	6,01	0,0305
AB	0,00259845	1	0,00259845	1,32	0,2737
AC	0,0000668306	1	0,0000668306	0,03	0,8571
BC	0,00386573	1	0,00386573	1,96	0,1871
bloques	0,0110261	1	0,0110261	5,58	0,0359
Error total	0,0237024	12	0,0019752		
Total (corr.)	0,584821	19			

R-cuadrada = 95,9471 por ciento

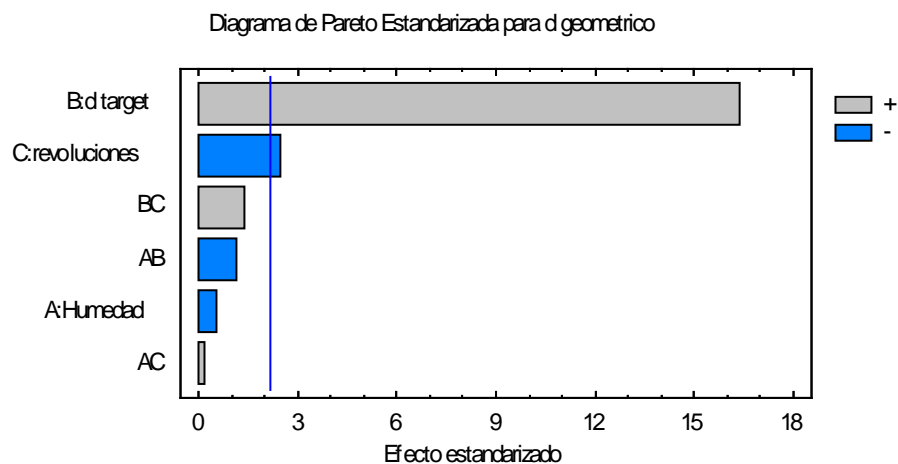
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94,0765 por ciento

Error estándar del est. = 0,044432

Error absoluto medio = 0,031185

Estadístico Durbin-Watson = 1,13148 (P=0,0312)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,359455



## Analizar Experimento - d10

### Efectos estimados para d10

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,16606	0,00557284	
A:Humedad	-0,0176625	0,0124612	1,0
B:d target	0,110287	0,0124612	1,0
C:revoluciones	-0,0172125	0,0124612	1,0
AB	-0,0244375	0,0124612	1,0
AC	-0,0100375	0,0124612	1,0
BC	0,0137625	0,0124612	1,0
bloque	-0,0319778	0,0117486	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para d10

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,00124786	1	0,00124786	2,01	0,1818
B:d target	0,0486533	1	0,0486533	78,33	0,0000
C:revoluciones	0,00118508	1	0,00118508	1,91	0,1924
AB	0,00238877	1	0,00238877	3,85	0,0735
AC	0,000403006	1	0,000403006	0,65	0,4362
BC	0,000757626	1	0,000757626	1,22	0,2911
bloques	0,0046016	1	0,0046016	7,41	0,0185
Error total	0,00745356	12	0,00062113		
Total (corr.)	0,0666908	19			

R-cuadrada = 88,8237 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 83,6654 por ciento

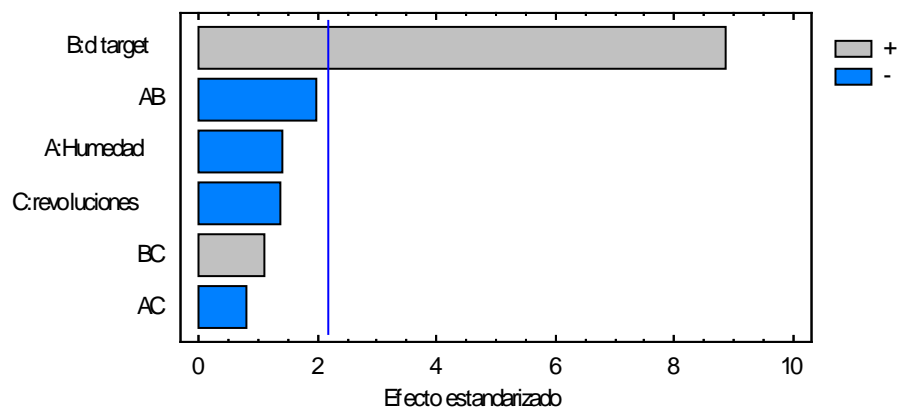
Error estándar del est. = 0,0249225

Error absoluto medio = 0,0155114

Estadístico Durbin-Watson = 2,03758 (P=0,5377)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,0989813

Diagrama de Pareto Estandarizada para d10



## Analizar Experimento - unif index

### Efectos estimados para unif index

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	17,4175	0,78889	
A:Humedad	3,47588	1,76401	1,0
B:d target	4,02488	1,76401	1,0
C:revoluciones	-1,3064	1,76401	1,0
AB	3,31125	1,76401	1,0
AC	2,50992	1,76401	1,0
BC	-2,10647	1,76401	1,0
bloque	3,88849	1,66313	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para unif index

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	48,3268	1	48,3268	3,88	0,0723
B:d target	64,7985	1	64,7985	5,21	0,0416
C:revoluciones	6,82672	1	6,82672	0,55	0,4732
AB	43,8575	1	43,8575	3,52	0,0850
AC	25,1989	1	25,1989	2,02	0,1803
BC	17,7489	1	17,7489	1,43	0,2555
bloques	68,0416	1	68,0416	5,47	0,0375
Error total	149,363	12	12,447		
Total (corr.)	424,162	19			

R-cuadrada = 64,7863 porciento

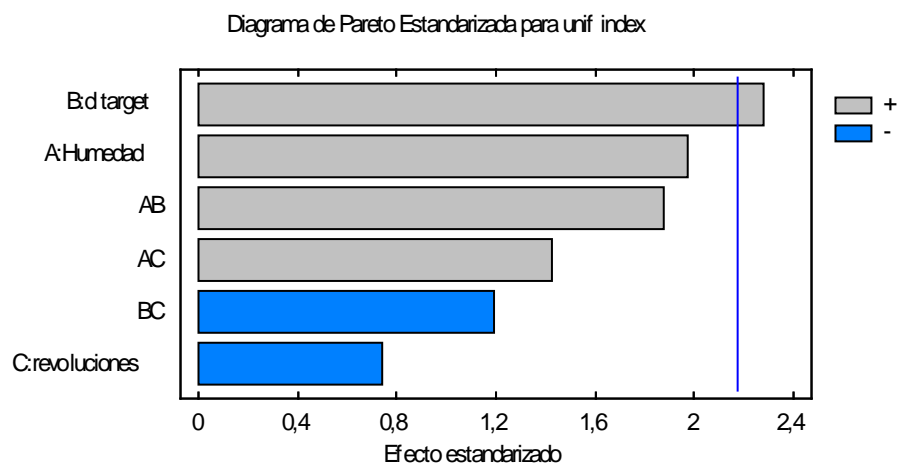
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 48,5338 porciento

Error estándar del est. = 3,52802

Error absoluto medio = 2,29436

Estadístico Durbin-Watson = 2,5103 (P=0,8610)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,392105





## Analizar Experimento - desv geom

### Efectos estimados para desv geom

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	2,74981	0,0292431	
A:Humedad	0,159238	0,0653896	1,0
B:d target	0,213587	0,0653896	1,0
C:revoluciones	-0,164863	0,0653896	1,0
AB	0,143488	0,0653896	1,0
AC	0,0779375	0,0653896	1,0
BC	-0,129812	0,0653896	1,0
bloque	0,0975333	0,0616499	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para desv geom

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,101426	1	0,101426	5,93	0,0314
B:d target	0,182478	1	0,182478	10,67	0,0067
C:revoluciones	0,108719	1	0,108719	6,36	0,0268
AB	0,0823547	1	0,0823547	4,82	0,0486
AC	0,024297	1	0,024297	1,42	0,2563
BC	0,0674051	1	0,0674051	3,94	0,0705
bloques	0,0428074	1	0,0428074	2,50	0,1396
Error total	0,205238	12	0,0171032		
Total (corr.)	0,814726	19			

R-cuadrada = 74,8089 por ciento

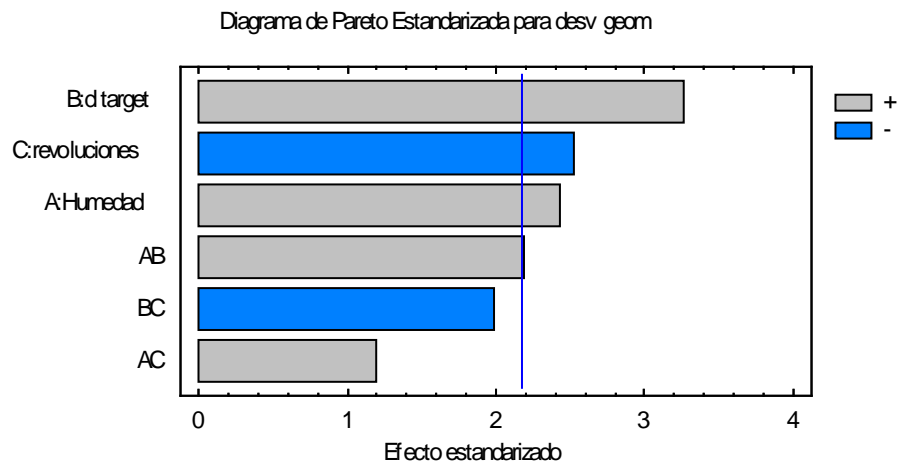
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 63,1823 por ciento

Error estándar del est. = 0,130779

Error absoluto medio = 0,0859

Estadístico Durbin-Watson = 1,78162 (P=0,3324)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,0440994



## Analizar Experimento - Skewness

### Efectos estimados para Skewness

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	-0,323075	0,164772	
A:Humedad	0,187675	0,368441	1,0
B:d target	-0,380675	0,368441	1,0
C:revoluciones	-0,125175	0,368441	1,0
AB	0,195525	0,368441	1,0
AC	0,206175	0,368441	1,0
BC	-0,191675	0,368441	1,0
bloque	0,198378	0,347369	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para Skewness

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,140888	1	0,140888	0,26	0,6197
B:d target	0,579654	1	0,579654	1,07	0,3219
C:revoluciones	0,0626751	1	0,0626751	0,12	0,7399
AB	0,15292	1	0,15292	0,28	0,6053
AC	0,170033	1	0,170033	0,31	0,5861
BC	0,146957	1	0,146957	0,27	0,6124
bloques	0,177092	1	0,177092	0,33	0,5785
Error total	6,51592	12	0,542994		
Total (corr.)	7,94614	19			

R-cuadrada = 17,9989 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 por ciento

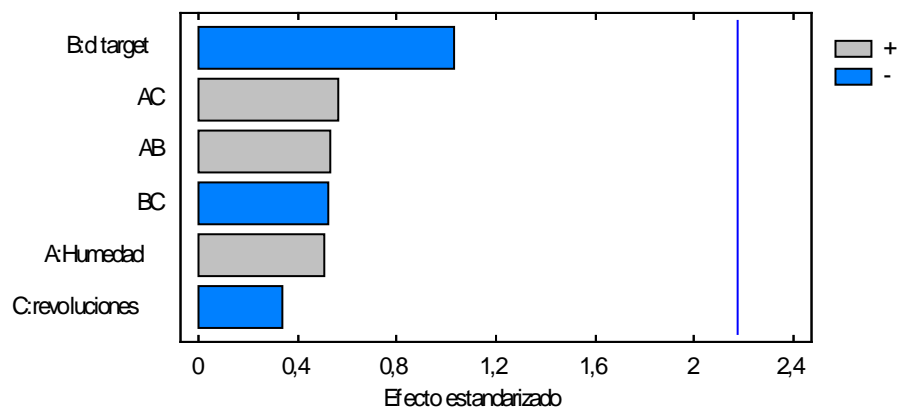
Error estándar del est. = 0,736881

Error absoluto medio = 0,35766

Estadístico Durbin-Watson = 0,932792 (P=0,0090)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,358149

Diagrama de Pareto Estandarizada para Skewness



## Analizar Experimento – kurtosis

### Efectos estimados para kurtosis

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	-1,87278	0,0166394	
A:Humedad	0,0966	0,0372069	1,0
B:d target	0,484825	0,0372069	1,0
C:revoluciones	-0,23575	0,0372069	1,0
AB	0,082725	0,0372069	1,0
AC	0,06065	0,0372069	1,0
BC	-0,080375	0,0372069	1,0
bloque	0,0283556	0,035079	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para kurtosis

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,0373262	1	0,0373262	6,74	0,0234
B:d target	0,940221	1	0,940221	169,79	0,0000
C:revoluciones	0,222312	1	0,222312	40,15	0,0000
AB	0,0273737	1	0,0273737	4,94	0,0462
AC	0,0147137	1	0,0147137	2,66	0,1290
BC	0,0258406	1	0,0258406	4,67	0,0517
bloques	0,00361817	1	0,00361817	0,65	0,4346
Error total	0,066449	12	0,00553742		
Total (corr.)	1,33785	19			

R-cuadrada = 95,0332 por ciento

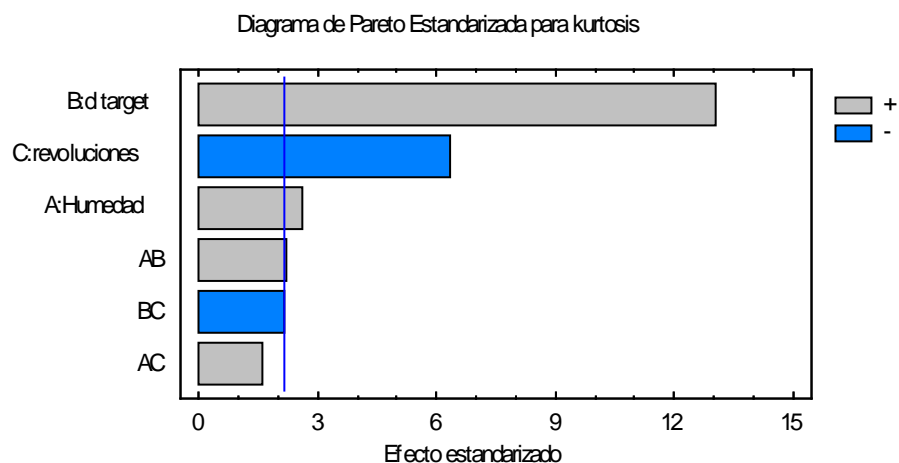
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92,7408 por ciento

Error estándar del est. = 0,0744138

Error absoluto medio = 0,0463695

Estadístico Durbin-Watson = 2,06753 (P=0,5621)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,0494903



## Analizar Experimento - unif index

### Efectos estimados para unif index

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	17,4175	0,78889	
A:Humedad	3,47588	1,76401	1,0
B:d target	4,02488	1,76401	1,0
C:revoluciones	-1,3064	1,76401	1,0
AB	3,31125	1,76401	1,0
AC	2,50992	1,76401	1,0
BC	-2,10647	1,76401	1,0
bloque	3,88849	1,66313	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para unif index

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	48,3268	1	48,3268	3,88	0,0723
B:d target	64,7985	1	64,7985	5,21	0,0416
C:revoluciones	6,82672	1	6,82672	0,55	0,4732
AB	43,8575	1	43,8575	3,52	0,0850
AC	25,1989	1	25,1989	2,02	0,1803
BC	17,7489	1	17,7489	1,43	0,2555
bloques	68,0416	1	68,0416	5,47	0,0375
Error total	149,363	12	12,447		
Total (corr.)	424,162	19			

R-cuadrada = 64,7863 por ciento

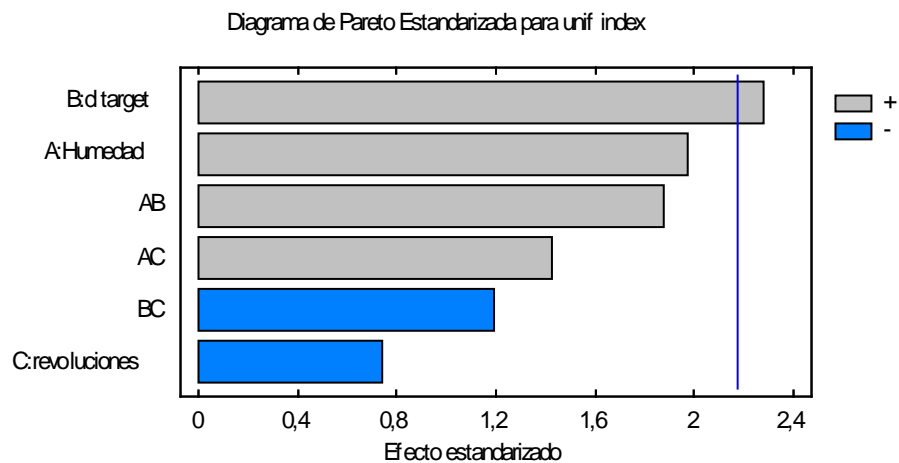
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 48,5338 por ciento

Error estándar del est. = 3,52802

Error absoluto medio = 2,29436

Estadístico Durbin-Watson = 2,5103 (P=0,8610)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,392105



## Analizar Experimento - mass relat

### Efectos estimados para mass relat

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	1,99042	0,0387799	
A:Humedad	0,131712	0,0867145	1,0
B:d target	0,158513	0,0867145	1,0
C:revoluciones	-0,0346625	0,0867145	1,0
AB	0,141588	0,0867145	1,0
AC	0,116862	0,0867145	1,0
BC	-0,0279875	0,0867145	1,0
bloque	0,150356	0,0817552	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para mass relat

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,0693927	1	0,0693927	2,31	0,1547
B:d target	0,100505	1	0,100505	3,34	0,0925
C:revoluciones	0,00480596	1	0,00480596	0,16	0,6964
AB	0,0801881	1	0,0801881	2,67	0,1285
AC	0,0546274	1	0,0546274	1,82	0,2027
BC	0,0031332	1	0,0031332	0,10	0,7524
bloques	0,101731	1	0,101731	3,38	0,0908
Error total	0,360931	12	0,0300776		
Total (corr.)	0,775314	19			

R-cuadrada = 53,4471 por ciento

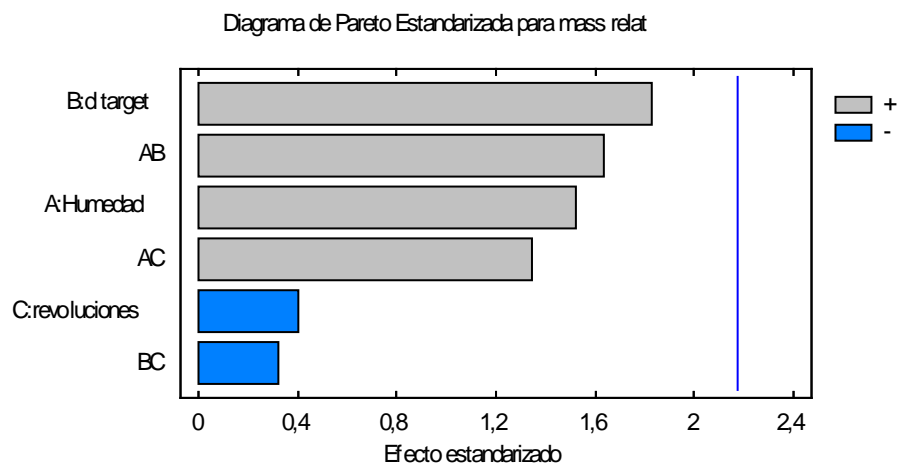
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 31,9611 por ciento

Error estándar del est. = 0,173429

Error absoluto medio = 0,112618

Estadístico Durbin-Watson = 2,51308 (P=0,8623)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,426363



## Analizar Experimento - unif coef

### Efectos estimados para unif coef

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	4,53444	0,104414	
A:Humedad	0,463425	0,233476	1,0
B:d target	0,50845	0,233476	1,0
C:revoluciones	-0,16135	0,233476	1,0
AB	0,453025	0,233476	1,0
AC	0,365875	0,233476	1,0
BC	-0,27565	0,233476	1,0
bloque	0,5106	0,220123	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para unif coef

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,859051	1	0,859051	3,94	0,0705
B:d target	1,03409	1	1,03409	4,74	0,0501
C:revoluciones	0,104135	1	0,104135	0,48	0,5027
AB	0,820927	1	0,820927	3,76	0,0762
AC	0,535458	1	0,535458	2,46	0,1431
BC	0,303932	1	0,303932	1,39	0,2606
bloques	1,17321	1	1,17321	5,38	0,0388
Error total	2,61653	12	0,218044		
Total (corr.)	7,44732	19			

R-cuadrada = 64,8662 por ciento

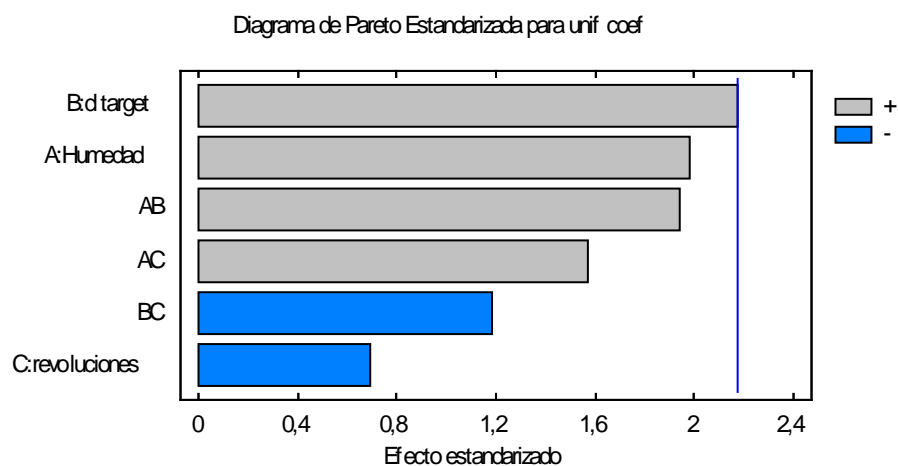
R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 48,6506 por ciento

Error estándar del est. = 0,466952

Error absoluto medio = 0,303289

Estadístico Durbin-Watson = 2,48536 (P=0,8487)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,398971



## Analizar Experimento - coef grad

### Efectos estimados para coef grad

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	1,23975	0,0259474	
A:Humedad	0,0151125	0,0580201	1,0
B:d target	0,0156375	0,0580201	1,0
C:revoluciones	-0,0049125	0,0580201	1,0
AB	0,0152625	0,0580201	1,0
AC	0,0129125	0,0580201	1,0
BC	-0,0089125	0,0580201	1,0
bloque	0,0164222	0,0547019	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para coef grad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,000913551	1	0,000913551	0,07	0,7989
B:d target	0,000978126	1	0,000978126	0,07	0,7921
C:revoluciones	0,0000965306	1	0,0000965306	0,01	0,9339
AB	0,000931776	1	0,000931776	0,07	0,7970
AC	0,000666931	1	0,000666931	0,05	0,8276
BC	0,000317731	1	0,000317731	0,02	0,8805
bloques	0,0012136	1	0,0012136	0,09	0,7692
Error total	0,161584	12	0,0134653		
Total (corr.)	0,166702	19			

R-cuadrada = 3,07029 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 por ciento

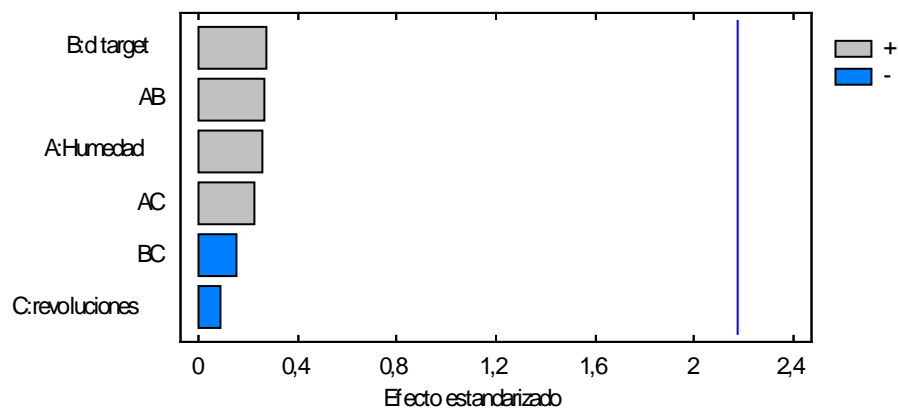
Error estándar del est. = 0,11604

Error absoluto medio = 0,04949

Estadístico Durbin-Watson = 0,504209 (P=0,0001)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,356804

Diagrama de Pareto Estandarizada para coef grad



## Analizar Experimento - m

### Efectos estimados para m

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	1,25494	0,165123	
A:Humedad	-0,0880875	0,369227	1,0
B:d target	-0,0815125	0,369227	1,0
C:revoluciones	0,0264875	0,369227	1,0
AB	-0,0941375	0,369227	1,0
AC	-0,0837375	0,369227	1,0
BC	0,0525375	0,369227	1,0
bloque	-0,0937667	0,34811	1,0

Errores estándar basados en el error total con 12 g.l.

### Análisis de Varianza para m

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,0310376	1	0,0310376	0,06	0,8155
B:d target	0,0265772	1	0,0265772	0,05	0,8290
C:revoluciones	0,00280635	1	0,00280635	0,01	0,9440
AB	0,0354475	1	0,0354475	0,07	0,8031
AC	0,0280479	1	0,0280479	0,05	0,8244
BC	0,0110408	1	0,0110408	0,02	0,8892
bloques	0,0395648	1	0,0395648	0,07	0,7922
Error total	6,54376	12	0,545313		
Total (corr.)	6,71828	19			

R-cuadrada = 2,59772 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0,0 por ciento

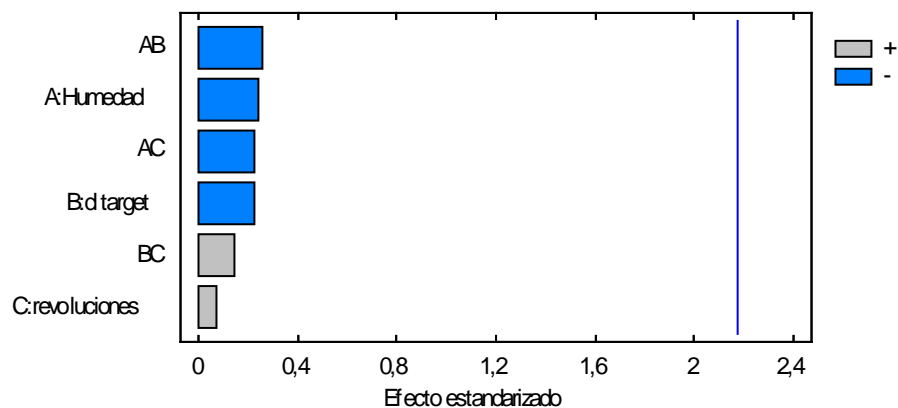
Error estándar del est. = 0,738453

Error absoluto medio = 0,341267

Estadístico Durbin-Watson = 0,581426 (P=0,0003)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,485924

Diagrama de Pareto Estandarizada para m





Los análisis para el chopo son:

### Analizar Experimento - d geom

#### Efectos estimados para d geom

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,548823	0,00796059	
A:Humedad	0,122362	0,0166508	1,0
B:input size	-0,0317125	0,0166508	1,0
C:d target	0,40895	0,0166508	1,0
D:revoluciones	-0,032475	0,0166508	1,0
AB	0,0142625	0,0166508	1,0
AC	0,083125	0,0166508	1,0
AD	0,00195	0,0166508	1,0
BC	-0,0002	0,0166508	1,0
BD	0,032475	0,0166508	1,0
CD	0,0136625	0,0166508	1,0
bloque	-0,00405294	0,0161536	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

#### Análisis de Varianza para d geom

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,119781	1	0,119781	54,00	0,0000
B:input size	0,00804546	1	0,00804546	3,63	0,0694
C:d target	1,33792	1	1,33792	603,21	0,0000
D:revoluciones	0,008437	1	0,008437	3,80	0,0634
AB	0,00162735	1	0,00162735	0,73	0,4005
AC	0,0552781	1	0,0552781	24,92	0,0000
AD	0,00003042	1	0,00003042	0,01	0,9078
BC	3,2E-7	1	3,2E-7	0,00	0,9905
BD	0,00843701	1	0,00843701	3,80	0,0634
CD	0,00149331	1	0,00149331	0,67	0,4203
bloques	0,000139624	1	0,000139624	0,06	0,8041
Error total	0,0510137	23	0,00221799		
Total (corr.)	1,5922	34			

R-cuadrada = 96,796 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 95,461 por ciento

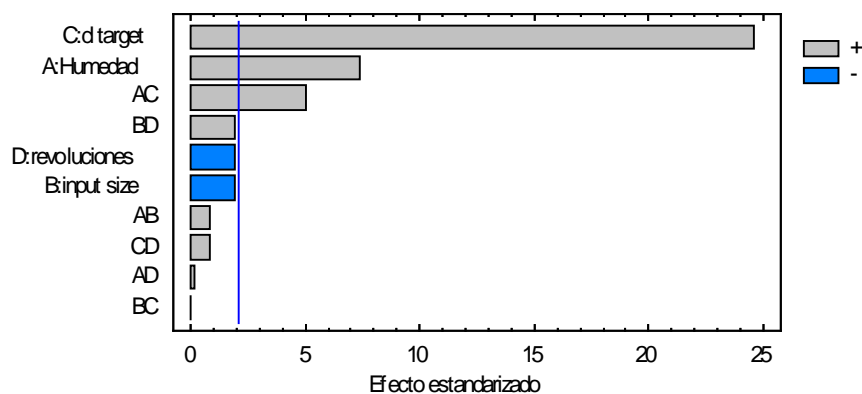
Error estándar del est. = 0,0470955

Error absoluto medio = 0,0294762

Estadístico Durbin-Watson = 2,31359 (P=0,8094)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,162838

Diagrama de Pareto Estandarizada para d geom



## Analizar Experimento - d50

### Efectos estimados para d50

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,690769	0,00968719	
A:Humedad	0,217281	0,0202622	1,0
B:input size	-0,0609063	0,0202622	1,0
C:d target	0,529481	0,0202622	1,0
D:revoluciones	-0,0610188	0,0202622	1,0
AB	-0,00204375	0,0202622	1,0
AC	0,139569	0,0202622	1,0
AD	-0,0104812	0,0202622	1,0
BC	-0,00434375	0,0202622	1,0
BD	0,0530813	0,0202622	1,0
CD	0,0161438	0,0202622	1,0
bloque	-0,0218706	0,0196572	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para d50

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,377689	1	0,377689	114,99	0,0000
B:input size	0,0296766	1	0,0296766	9,04	0,0063
C:d target	2,2428	1	2,2428	682,85	0,0000
D:revoluciones	0,0297863	1	0,0297863	9,07	0,0062
AB	0,0000334153	1	0,0000334153	0,01	0,9205
AC	0,155835	1	0,155835	47,45	0,0000
AD	0,000878853	1	0,000878853	0,27	0,6099
BC	0,000150945	1	0,000150945	0,05	0,8321
BD	0,022541	1	0,022541	6,86	0,0153
CD	0,00208497	1	0,00208497	0,63	0,4337
bloques	0,00406574	1	0,00406574	1,24	0,2774
Error total	0,0755426	23	0,00328446		
Total (corr.)	2,94109	34			

R-cuadrada = 97,4315 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96,3613 por ciento

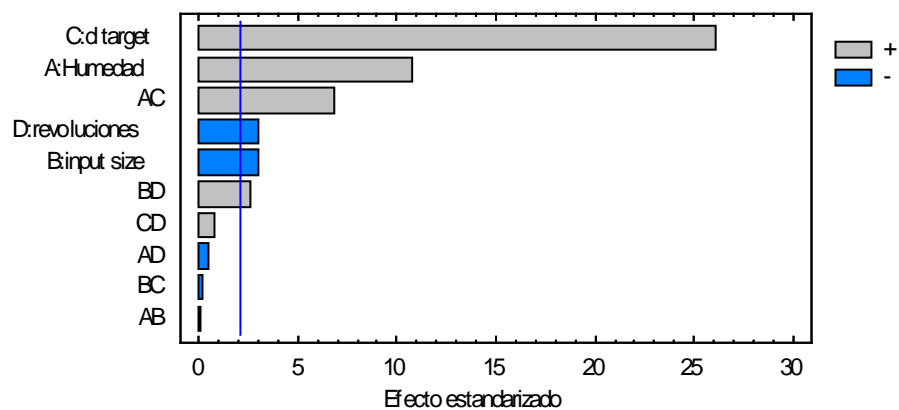
Error estándar del est. = 0,0573102

Error absoluto medio = 0,0345623

Estadístico Durbin-Watson = 2,59997 (P=0,9538)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,305912

Diagrama de Pareto Estandarizada para d50



## Analizar Experimento - d10

### Efectos estimados para d10

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,185617	0,00443701	
A:Humedad	0,0468687	0,00928066	1,0
B:input size	-0,0163313	0,00928066	1,0
C:d target	0,114331	0,00928066	1,0
D:revoluciones	0,00828125	0,00928066	1,0
AB	0,0135188	0,00928066	1,0
AC	0,0281313	0,00928066	1,0
AD	0,00323125	0,00928066	1,0
BC	0,00243125	0,00928066	1,0
BD	0,0215562	0,00928066	1,0
CD	0,0232937	0,00928066	1,0
bloque	-0,00162353	0,00900356	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para d10

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,0175734	1	0,0175734	25,50	0,0000
B:input size	0,00213368	1	0,00213368	3,10	0,0918
C:d target	0,104573	1	0,104573	151,77	0,0000
D:revoluciones	0,000548633	1	0,000548633	0,80	0,3815
AB	0,00146205	1	0,00146205	2,12	0,1587
AC	0,00633094	1	0,00633094	9,19	0,0059
AD	0,0000835278	1	0,0000835278	0,12	0,7309
BC	0,0000472878	1	0,0000472878	0,07	0,7957
BD	0,00371738	1	0,00371738	5,39	0,0294
CD	0,00434079	1	0,00434079	6,30	0,0196
bloques	0,0000224047	1	0,0000224047	0,03	0,8585
Error total	0,015848	23	0,000689046		
Total (corr.)	0,156681	34			

R-cuadrada = 89,8852 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 85,6707 por ciento

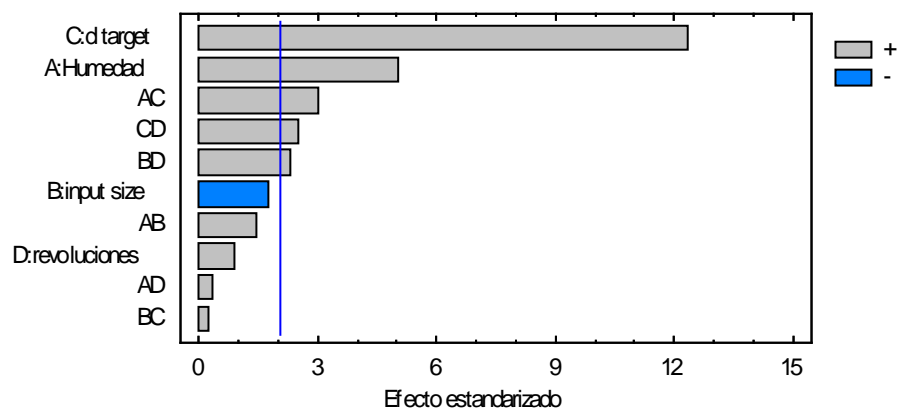
Error estándar del est. = 0,0262497

Error absoluto medio = 0,0166925

Estadístico Durbin-Watson = 2,45633 (P=0,8984)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,233604

Diagrama de Pareto Estandarizada para d10



## Analizar Experimento - I

### Efectos estimados para I

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0,879557	0,0323381	
A:Humedad	0,274956	0,06764	1,0
B:input size	0,0177563	0,06764	1,0
C:d target	0,582456	0,06764	1,0
D:revoluciones	-0,0154063	0,06764	1,0
AB	0,0680563	0,06764	1,0
AC	0,0611813	0,06764	1,0
AD	0,0583187	0,06764	1,0
BC	-0,0747438	0,06764	1,0
BD	0,119544	0,06764	1,0
CD	-0,0712812	0,06764	1,0
bloque	0,0611059	0,0656204	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para I

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,604808	1	0,604808	16,52	0,0005
B:input size	0,00252228	1	0,00252228	0,07	0,7953
C:d target	2,71404	1	2,71404	74,15	0,0000
D:revoluciones	0,00189882	1	0,00189882	0,05	0,8218
AB	0,0370532	1	0,0370532	1,01	0,3248
AC	0,0299452	1	0,0299452	0,82	0,3751
AD	0,0272086	1	0,0272086	0,74	0,3975
BC	0,044693	1	0,044693	1,22	0,2806
BD	0,114326	1	0,114326	3,12	0,0904
CD	0,0406481	1	0,0406481	1,11	0,3029
bloques	0,0317384	1	0,0317384	0,87	0,3614
Error total	0,841831	23	0,0366013		
Total (corr.)	4,49071	34			

R-cuadrada = 81,254 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 73,4431 por ciento

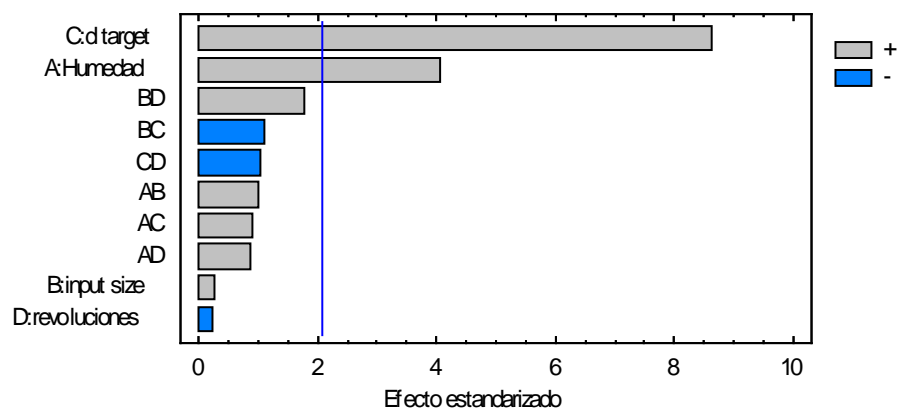
Error estándar del est. = 0,191315

Error absoluto medio = 0,093472

Estadístico Durbin-Watson = 2,35055 (P=0,8359)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,178493

Diagrama de Pareto Estandarizada para I



## Analizar Experimento - desv geom

### Efectos estimados para desv geom

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	2,55937	0,0237571	
A:Humedad	0,0435	0,0496915	1,0
B:input size	0,0301	0,0496915	1,0
C:d target	0,163475	0,0496915	1,0
D:revoluciones	-0,150963	0,0496915	1,0
AB	-0,08445	0,0496915	1,0
AC	-0,053125	0,0496915	1,0
AD	-0,0109125	0,0496915	1,0
BC	-0,0179	0,0496915	1,0
BD	-0,0133625	0,0496915	1,0
CD	-0,0562625	0,0496915	1,0
bloque	-0,00102353	0,0482078	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para desv geom

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,015138	1	0,015138	0,77	0,3904
B:input size	0,00724808	1	0,00724808	0,37	0,5506
C:d target	0,213793	1	0,213793	10,82	0,0032
D:revoluciones	0,182317	1	0,182317	9,23	0,0058
AB	0,0570544	1	0,0570544	2,89	0,1027
AC	0,0225781	1	0,0225781	1,14	0,2961
AD	0,000952661	1	0,000952661	0,05	0,8281
BC	0,00256328	1	0,00256328	0,13	0,7220
BD	0,00142845	1	0,00142845	0,07	0,7904
CD	0,0253238	1	0,0253238	1,28	0,2692
bloques	0,00000890471	1	0,00000890471	0,00	0,9832
Error total	0,454341	23	0,0197539		
Total (corr.)	0,982746	34			

R-cuadrada = 53,7683 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 34,505 por ciento

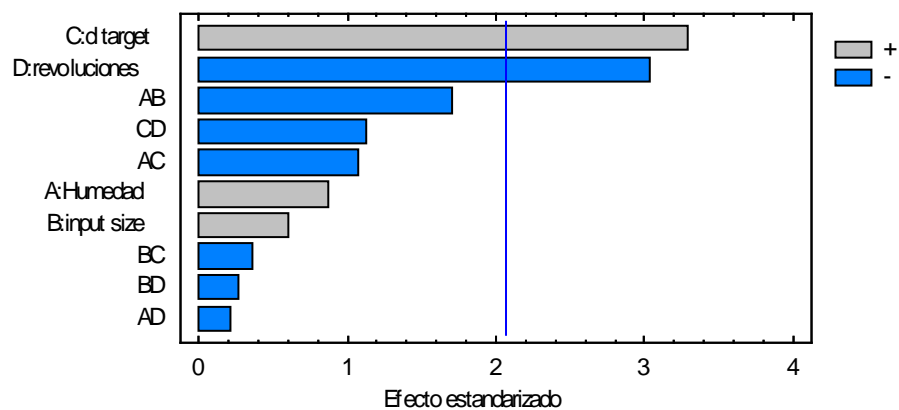
Error estándar del est. = 0,140549

Error absoluto medio = 0,0864173

Estadístico Durbin-Watson = 2,01163 (P=0,5219)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,0360845

Diagrama de Pareto Estandarizada para desv geom



## Analizar Experimento - skewness

### Efectos estimados para skewness

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	-0,337163	0,00919897	
A:Humedad	-0,03785	0,019241	1,0
B:input size	0,0348	0,019241	1,0
C:d target	-0,1182	0,019241	1,0
D:revoluciones	0,0183625	0,019241	1,0
AB	0,0551125	0,019241	1,0
AC	-0,0083375	0,019241	1,0
AD	0,025825	0,019241	1,0
BC	0,0004625	0,019241	1,0
BD	-0,0229	0,019241	1,0
CD	0,003175	0,019241	1,0
bloque	0,0169471	0,0186665	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para skewness

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,011461	1	0,011461	3,87	0,0613
B:input size	0,00968832	1	0,00968832	3,27	0,0836
C:d target	0,11177	1	0,11177	37,74	0,0000
D:revoluciones	0,00269745	1	0,00269745	0,91	0,3498
AB	0,0242991	1	0,0242991	8,20	0,0088
AC	0,000556111	1	0,000556111	0,19	0,6688
AD	0,00533545	1	0,00533545	1,80	0,1926
BC	0,00000171125	1	0,00000171125	0,00	0,9810
BD	0,00419528	1	0,00419528	1,42	0,2461
CD	0,000080645	1	0,000080645	0,03	0,8704
bloques	0,00244122	1	0,00244122	0,82	0,3734
Error total	0,0681199	23	0,00296174		
Total (corr.)	0,240646	34			

R-cuadrada = 71,6929 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 59,8983 por ciento

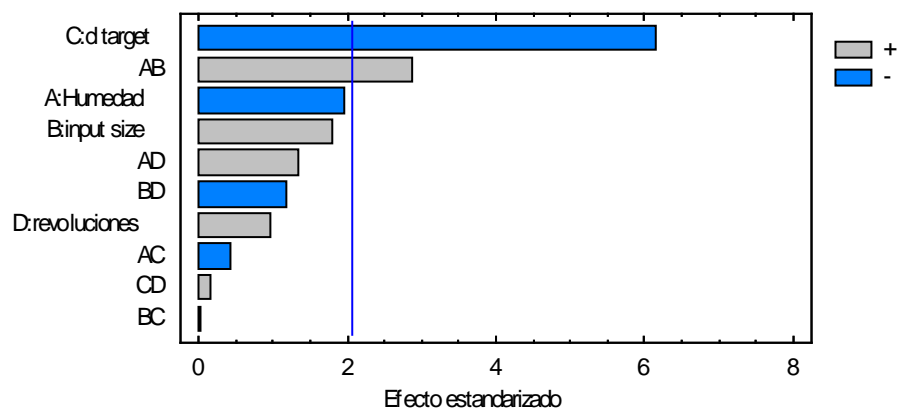
Error estándar del est. = 0,0544218

Error absoluto medio = 0,0348773

Estadístico Durbin-Watson = 2,23274 (P=0,7435)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,16797

Diagrama de Pareto Estandarizada para skewness



## Analizar Experimento - kurtosis

### Efectos estimados para kurtosis

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	-2,06974	0,0207977	
A:Humedad	0,0687563	0,0435015	1,0
B:input size	-0,0400313	0,0435015	1,0
C:d target	0,326819	0,0435015	1,0
D:revoluciones	-0,0972812	0,0435015	1,0
AB	-0,114494	0,0435015	1,0
AC	0,00175625	0,0435015	1,0
AD	-0,0468938	0,0435015	1,0
BC	-0,0286562	0,0435015	1,0
BD	0,0170187	0,0435015	1,0
CD	-0,0244063	0,0435015	1,0
bloque	-0,00741765	0,0422027	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para kurtosis

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,0378194	1	0,0378194	2,50	0,1276
B:input size	0,01282	1	0,01282	0,85	0,3670
C:d target	0,854484	1	0,854484	56,44	0,0000
D:revoluciones	0,0757091	1	0,0757091	5,00	0,0353
AB	0,104871	1	0,104871	6,93	0,0149
AC	0,0000246753	1	0,0000246753	0,00	0,9681
AD	0,0175922	1	0,0175922	1,16	0,2922
BC	0,00656945	1	0,00656945	0,43	0,5166
BD	0,0023171	1	0,0023171	0,15	0,6992
CD	0,00476532	1	0,00476532	0,31	0,5802
bloques	0,000467683	1	0,000467683	0,03	0,8620
Error total	0,348199	23	0,0151391		
Total (corr.)	1,46564	34			

R-cuadrada = 76,2425 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 66,3436 por ciento

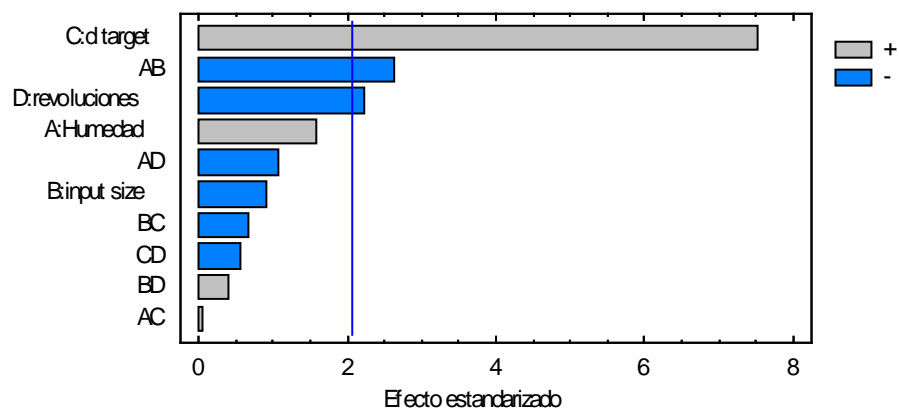
Error estándar del est. = 0,123041

Error absoluto medio = 0,0747492

Estadístico Durbin-Watson = 2,3249 (P=0,8178)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,206838

Diagrama de Pareto Estandarizada para kurtosis



## Analizar Experimento - unif index

### Efectos estimados para unif index

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	322,663	301,816	
A:Humedad	-675,18	631,294	1,0
B:input size	-674,055	631,294	1,0
C:d target	-667,471	631,294	1,0
D:revoluciones	670,525	631,294	1,0
AB	672,45	631,294	1,0
AC	674,123	631,294	1,0
AD	-672,972	631,294	1,0
BC	675,9	631,294	1,0
BD	-676,223	631,294	1,0
CD	-677,476	631,294	1,0
bloque	633,754	612,445	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para unif index

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	3,64695E6	1	3,64695E6	1,14	0,2959
B:input size	3,6348E6	1	3,6348E6	1,14	0,2967
C:d target	3,56414E6	1	3,56414E6	1,12	0,3014
D:revoluciones	3,59683E6	1	3,59683E6	1,13	0,2992
AB	3,61751E6	1	3,61751E6	1,13	0,2978
AC	3,63553E6	1	3,63553E6	1,14	0,2967
AD	3,62313E6	1	3,62313E6	1,14	0,2975
BC	3,65473E6	1	3,65473E6	1,15	0,2954
BD	3,65822E6	1	3,65822E6	1,15	0,2952
CD	3,67179E6	1	3,67179E6	1,15	0,2943
bloques	3,41397E6	1	3,41397E6	1,07	0,3115
Error total	7,33298E7	23	3,18825E6		
Total (corr.)	1,13047E8	34			

R-cuadrada = 35,1336 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 8,10589 por ciento

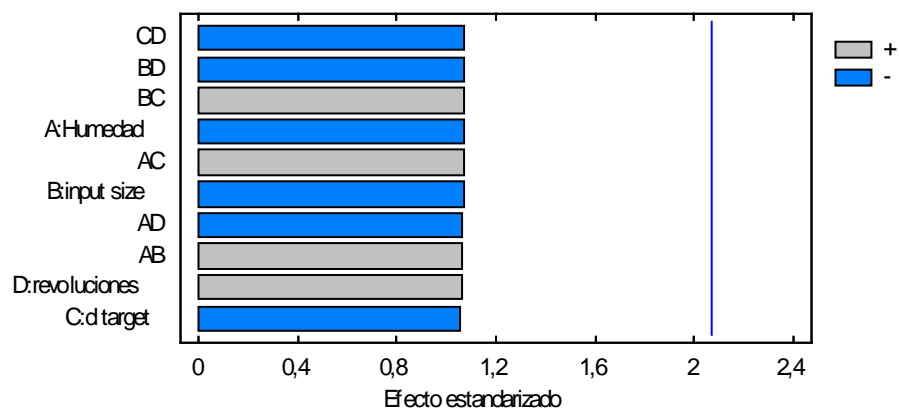
Error estándar del est. = 1785,57

Error absoluto medio = 807,573

Estadístico Durbin-Watson = 2,09502 (P=0,6103)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,0511978

Diagrama de Pareto Estandarizada para unif index





## Analizar Experimento - mass relat

### Efectos estimados para mass relat

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	1,86409	0,0193633	
A:Humedad	-0,16745	0,0405013	1,0
B:input size	0,123975	0,0405013	1,0
C:d target	0,250213	0,0405013	1,0
D:revoluciones	-0,138488	0,0405013	1,0
AB	-0,0767375	0,0405013	1,0
AC	-0,0446	0,0405013	1,0
AD	0,023825	0,0405013	1,0
BC	-0,028225	0,0405013	1,0
BD	-0,096925	0,0405013	1,0
CD	-0,145013	0,0405013	1,0
bloque	0,0455412	0,0392921	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para mass relat

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,224316	1	0,224316	17,09	0,0004
B:input size	0,122958	1	0,122958	9,37	0,0055
C:d target	0,50085	1	0,50085	38,17	0,0000
D:revoluciones	0,15343	1	0,15343	11,69	0,0023
AB	0,0471092	1	0,0471092	3,59	0,0708
AC	0,0159133	1	0,0159133	1,21	0,2822
AD	0,00454105	1	0,00454105	0,35	0,5621
BC	0,00637321	1	0,00637321	0,49	0,4929
BD	0,0751556	1	0,0751556	5,73	0,0253
CD	0,168229	1	0,168229	12,82	0,0016
bloques	0,017629	1	0,017629	1,34	0,2583
Error total	0,301826	23	0,0131229		
Total (corr.)	1,63833	34			

R-cuadrada = 81,5772 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 73,9011 por ciento

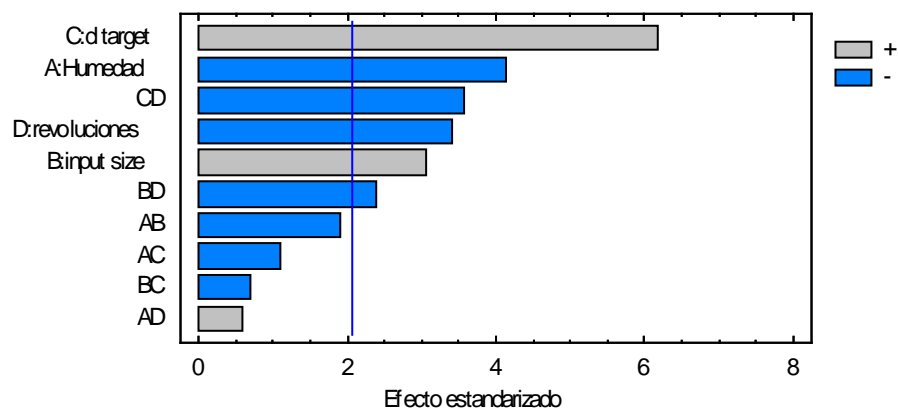
Error estándar del est. = 0,114555

Error absoluto medio = 0,0716877

Estadístico Durbin-Watson = 1,71893 (P=0,2298)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,108242

Diagrama de Pareto Estandarizada para mass relat



## Analizar Experimento - unif coef

### Efectos estimados para unif coef

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	4,15316	0,0985417	
A:Humedad	-0,302719	0,206115	1,0
B:input size	0,0940188	0,206115	1,0
C:d target	0,683606	0,206115	1,0
D:revoluciones	-0,660919	0,206115	1,0
AB	-0,435469	0,206115	1,0
AC	-0,149981	0,206115	1,0
AD	-0,118806	0,206115	1,0
BC	-0,207519	0,206115	1,0
BD	-0,402319	0,206115	1,0
CD	-0,599881	0,206115	1,0
bloque	-0,106029	0,199961	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para unif coef

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,733109	1	0,733109	2,16	0,1555
B:input size	0,0707162	1	0,0707162	0,21	0,6526
C:d target	3,73854	1	3,73854	11,00	0,0030
D:revoluciones	3,49451	1	3,49451	10,28	0,0039
AB	1,51706	1	1,51706	4,46	0,0457
AC	0,179955	1	0,179955	0,53	0,4742
AD	0,112919	1	0,112919	0,33	0,5699
BC	0,344512	1	0,344512	1,01	0,3245
BD	1,29488	1	1,29488	3,81	0,0632
CD	2,87886	1	2,87886	8,47	0,0079
bloques	0,095559	1	0,095559	0,28	0,6010
Error total	7,81693	23	0,339866		
Total (corr.)	22,2776	34			

R-cuadrada = 64,9112 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 50,2909 por ciento

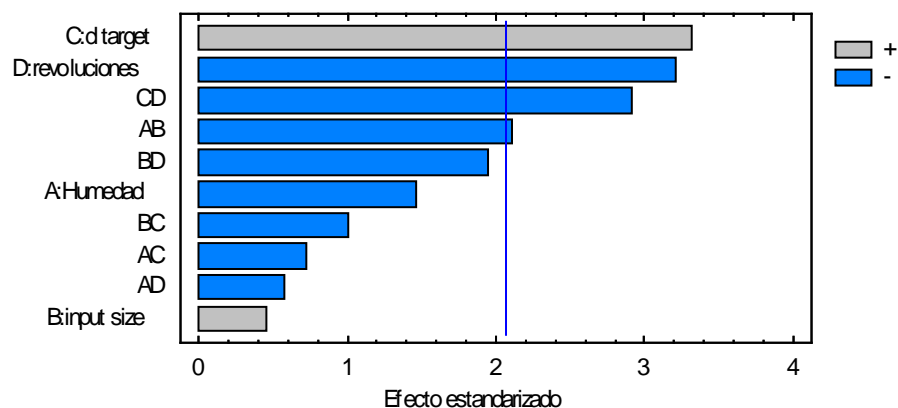
Error estándar del est. = 0,582981

Error absoluto medio = 0,334082

Estadístico Durbin-Watson = 1,71955 (P=0,2303)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,128797

Diagrama de Pareto Estandarizada para unif coef



## Analizar Experimento - coef grad

### Efectos estimados para coef grad

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	1,20079	0,00196328	
A:Humedad	-0,00445	0,00410649	1,0
B:input size	0,0082375	0,00410649	1,0
C:d target	0,0293625	0,00410649	1,0
D:revoluciones	-0,0175125	0,00410649	1,0
AB	-0,0099375	0,00410649	1,0
AC	0,0002625	0,00410649	1,0
AD	0,0007625	0,00410649	1,0
BC	-0,002675	0,00410649	1,0
BD	-0,0074	0,00410649	1,0
CD	-0,0137	0,00410649	1,0
bloque	0,000911765	0,00398388	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para coef grad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,00015842	1	0,00015842	1,17	0,2897
B:input size	0,000542851	1	0,000542851	4,02	0,0568
C:d target	0,00689725	1	0,00689725	51,13	0,0000
D:revoluciones	0,0024535	1	0,0024535	18,19	0,0003
AB	0,000790031	1	0,000790031	5,86	0,0238
AC	5,5125E-7	1	5,5125E-7	0,00	0,9496
AD	0,00000465125	1	0,00000465125	0,03	0,8543
BC	0,000057245	1	0,000057245	0,42	0,5212
BD	0,00043808	1	0,00043808	3,25	0,0847
CD	0,00150152	1	0,00150152	11,13	0,0029
bloques	0,00000706618	1	0,00000706618	0,05	0,8210
Error total	0,00310284	23	0,000134906		
Total (corr.)	0,015954	34			

R-cuadrada = 80,5514 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 72,4477 por ciento

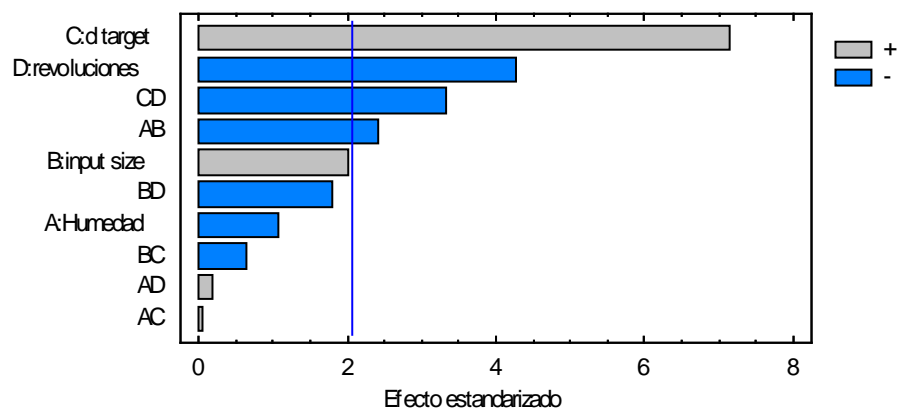
Error estándar del est. = 0,0116149

Error absoluto medio = 0,00752732

Estadístico Durbin-Watson = 1,99695 (P=0,5061)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,0210907

Diagrama de Pareto Estandarizada para coef grad



## Analizar Experimento - m

### Efectos estimados para m

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	1,51388	0,0194552	
A:Humedad	0,0103688	0,0406935	1,0
B:input size	-0,0352438	0,0406935	1,0
C:d target	-0,178444	0,0406935	1,0
D:revoluciones	0,129256	0,0406935	1,0
AB	0,0842938	0,0406935	1,0
AC	0,0145187	0,0406935	1,0
AD	0,0134437	0,0406935	1,0
BC	0,0158563	0,0406935	1,0
BD	0,0241062	0,0406935	1,0
CD	0,0564562	0,0406935	1,0
bloque	0,0176294	0,0394785	1,0

Errores estándar basados en el error total con 23 g.l.

### Análisis de Varianza para m

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad	0,000860088	1	0,000860088	0,06	0,8011
B:input size	0,00993698	1	0,00993698	0,75	0,3954
C:d target	0,254737	1	0,254737	19,23	0,0002
D:revoluciones	0,133657	1	0,133657	10,09	0,0042
AB	0,0568435	1	0,0568435	4,29	0,0497
AC	0,00168635	1	0,00168635	0,13	0,7245
AD	0,00144588	1	0,00144588	0,11	0,7441
BC	0,00201137	1	0,00201137	0,15	0,7004
BD	0,00464889	1	0,00464889	0,35	0,5594
CD	0,0254985	1	0,0254985	1,92	0,1786
bloques	0,00264177	1	0,00264177	0,20	0,6594
Error total	0,304697	23	0,0132477		
Total (corr.)	0,798665	34			

R-cuadrada = 61,8492 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 45,953 por ciento

Error estándar del est. = 0,115099

Error absoluto medio = 0,0640216

Estadístico Durbin-Watson = 2,29694 (P=0,7967)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,159688

Diagrama de Pareto Estandarizada para m

