

## CAPÍTULO 7

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 7.1 Introducción

En este capítulo se presenta un análisis de resultados, estos con base a los experimentos y la teoría que se aplicó para realizar las pruebas de fluidinámica.

#### 7.2 Análisis de experimentos

El objetivo de los experimentos fluidinámicos es claro, el cual es encontrar el valor de la velocidad mínima de fluidización para las partículas en diferentes condiciones de temperatura, presión y humedad.

Se escogieron las partículas con un alto grado de esfericidad y una baja densidad para poder realizar experimentos con diferentes humedades ya que se encontraron dificultades con algunas partículas usadas, algunas de ellas eran muy densas y al agregar agua a estas incrementaron su peso ocasionando que no fuera posible la medición de la velocidad mínima de fluidización, ya que estas no fluidizaban.

#### 7.3 Velocidades mínimas de fluidización

Después de calcular las velocidades mínimas de fluidización teóricas, se presentan a continuación las velocidades mínimas de fluidización experimentales para poder hacer un análisis de los parámetros que afectan a la velocidad mínima de fluidización

**Tabla 7.1** Velocidades mínimas de fluidización para cilantro natural

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.696	30	0.741	30	0.812
45	0.705	45	0.759	45	0.823
60	0.717	60	0.802	60	0.844

**Tabla 7.2** Velocidades mínimas de fluidización para cilantro seco

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.665	30	0.713	30	0.797
45	0.673	45	0.741	45	0.806
60	0.692	60	0.781	60	0.833

**Tabla 7.3** Velocidades mínimas de fluidización para cilantro húmedo

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.844	30	0.886	30	0.918
45	0.865	45	0.897	45	0.928
60	0.876	60	0.907	60	0.939

**Tabla 7.4** Velocidades mínimas de fluidización para mijo blanco natural

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.53	30	0.582	30	0.612
45	0.559	45	0.591	45	0.624
60	0.57	60	0.601	60	0.633

**Tabla 7.5** Velocidades mínimas de fluidización para mijo blanco seco

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.506	30	0.559	30	0.599
45	0.527	45	0.57	45	0.605
60	0.549	60	0.589	60	0.622

**Tabla 7.6** Velocidades mínimas de fluidización para mijo blanco húmedo

80 kPa		67 kPa		40 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.559	30	0.591	30	0.62
45	0.57	45	0.601	45	0.633
60	0.58	60	0.612	60	0.665

**Tabla 7.7** Velocidades mínimas de fluidización para mijo rojo natural

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.538	30	0.589	30	0.624
45	0.561	45	0.601	45	0.633
60	0.58	60	0.612	60	0.643

**Tabla 7.8** Velocidades mínimas de fluidización para mijo rojo seco

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.517	30	0.551	30	0.603
45	0.523	45	0.57	45	0.612
60	0.54	60	0.591	60	0.627

**Tabla 7.9** Velocidades mínimas de fluidización para mijo rojo húmedo

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.559	30	0.603	30	0.633
45	0.57	45	0.612	45	0.654
60	0.591	60	0.622	60	0.665

**Tabla 7.10** Velocidades mínimas de fluidización para alpiste natural

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.823	30	0.865	30	0.928
45	0.833	45	0.886	45	0.939
60	0.844	60	0.907	60	0.949

**Tabla 7.11** Velocidades mínimas de fluidización para alpiste seco

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.802	30	0.84	30	0.899
45	0.812	45	0.865	45	0.918
60	0.823	60	0.882	60	0.928

**Tabla 7.12** Velocidades mínimas de fluidización para alpiste húmedo

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.833	30	0.882	30	0.949
45	0.844	45	0.905	45	0.96
60	0.859	60	0.928	60	0.964

**Tabla 7.13** Velocidades mínimas de fluidización para linaza natural

80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.802	30	0.865	30	0.911
45	0.823	45	0.876	45	0.928
60	0.844	60	0.918	60	0.949

**Tabla 7.14** Velocidades mínimas de fluidización para linaza seco

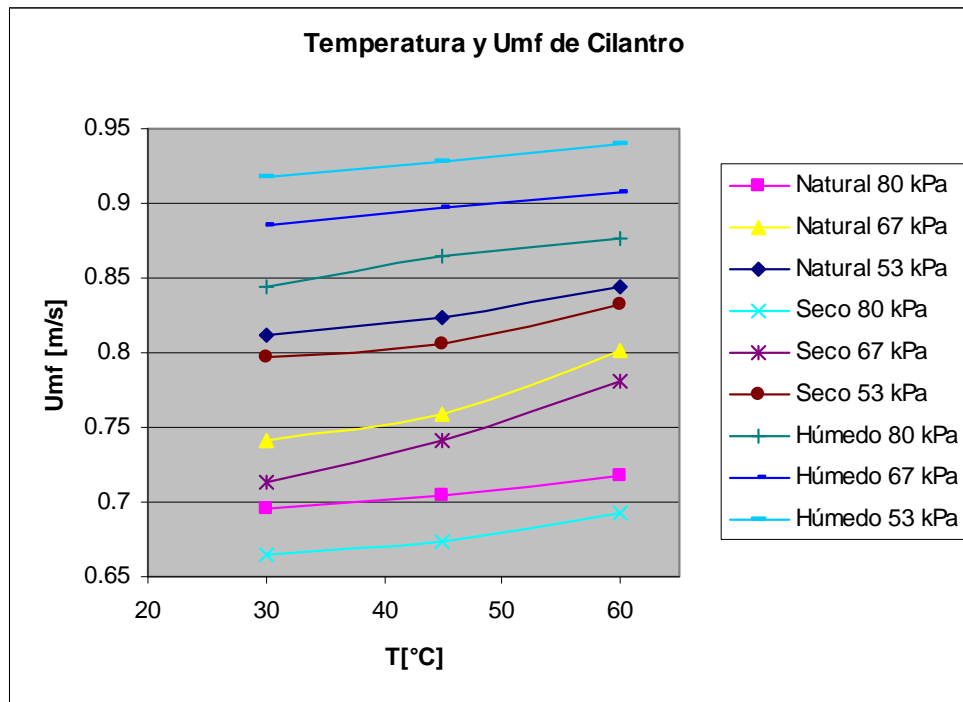
80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.781	30	0.823	30	0.897
45	0.791	45	0.865	45	0.907
60	0.804	60	0.886	60	0.928

**Tabla 7.15** Velocidades mínimas de fluidización para linaza húmedo

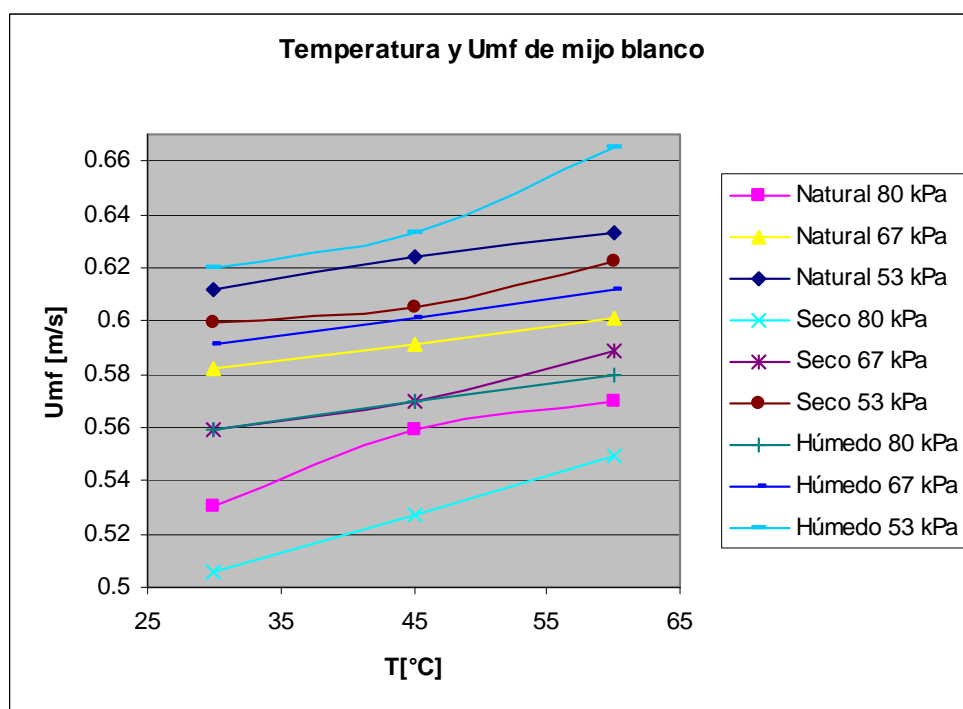
80 kPa		67 kPa		53 kPa	
T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]	T [°C]	Umf [m/s]
30	0.812	30	0.878	30	0.928
45	0.833	45	0.886	45	0.939
60	0.857	60	0.939	60	0.96

#### 7.4 Efecto de la temperatura de operación a la $U_{mf}$

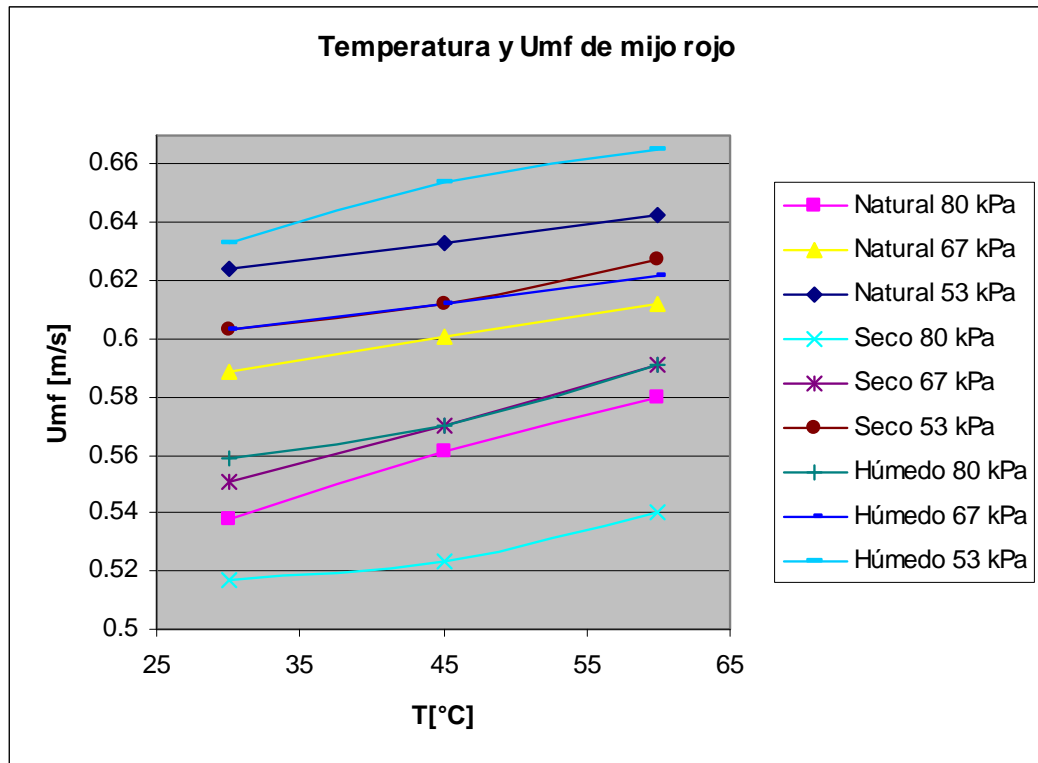
Con las gráficas siguientes es posible notar el efecto que causa la temperatura a la velocidad mínima de fluidización, ya que al aumentar la temperatura el aire se vuelve menos denso, el flujo de aire necesario para mover a las partículas debe ser mayor, al observar las gráficas se determina que entre mas temperatura la velocidad mínima de fluidización es mas alta, no importando el porcentaje de humedad que tenga la partícula.



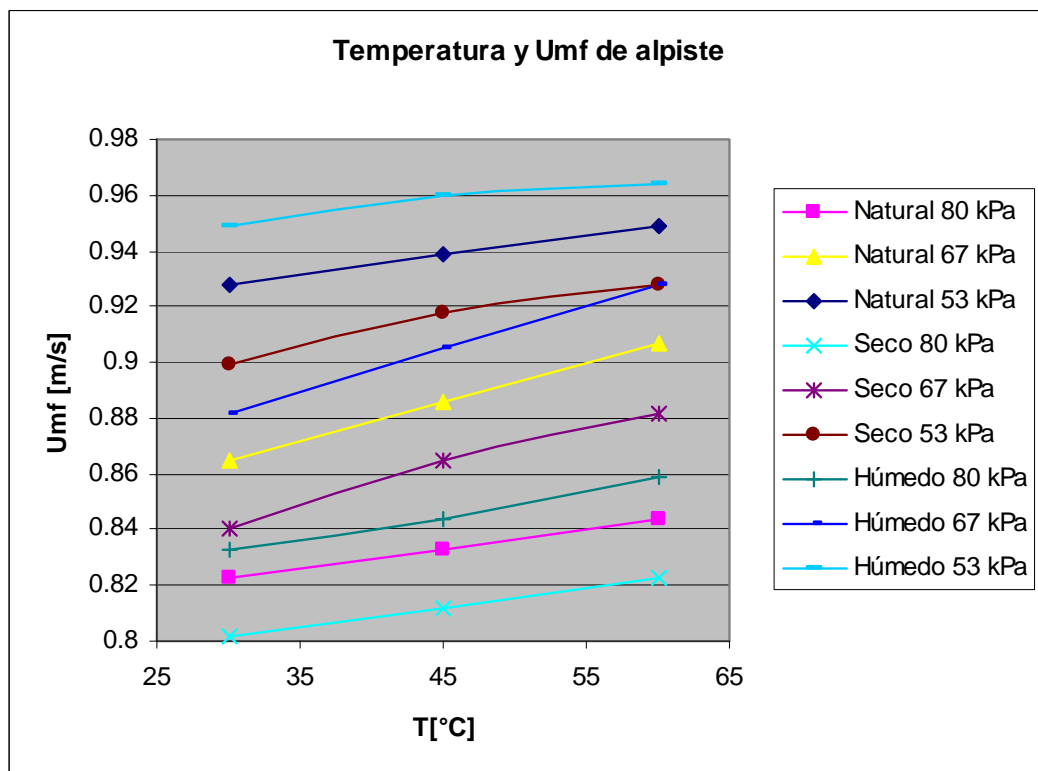
**Figura 7.1** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura del cilantro



**Figura 7.2** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura del mijo blanco



**Figura 7.3** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura del mijo rojo



**Figura 7.4** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura del alpiste

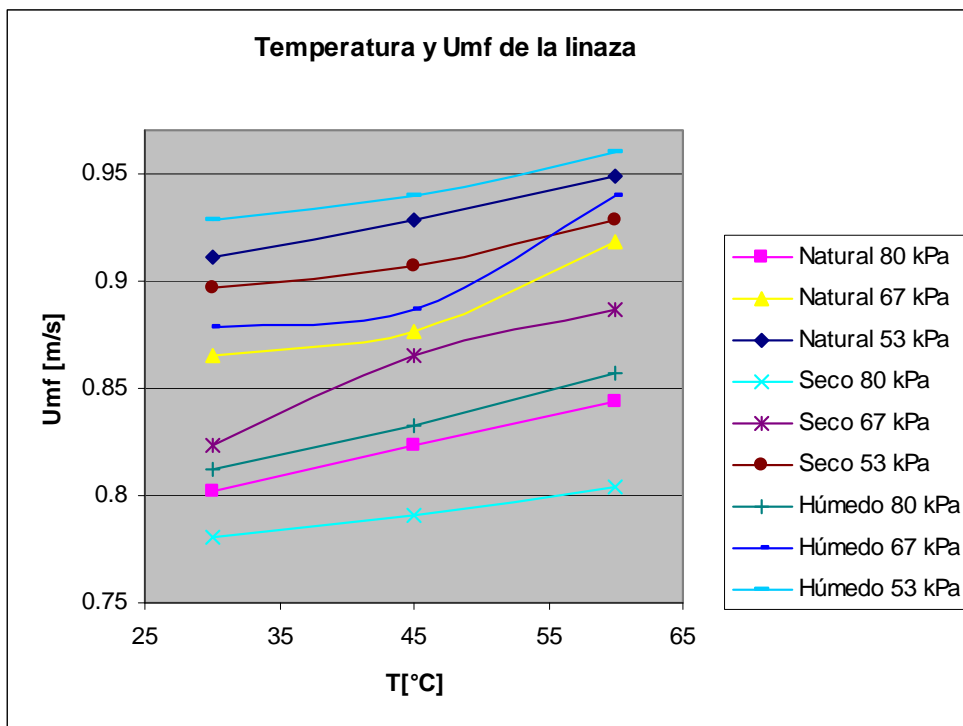
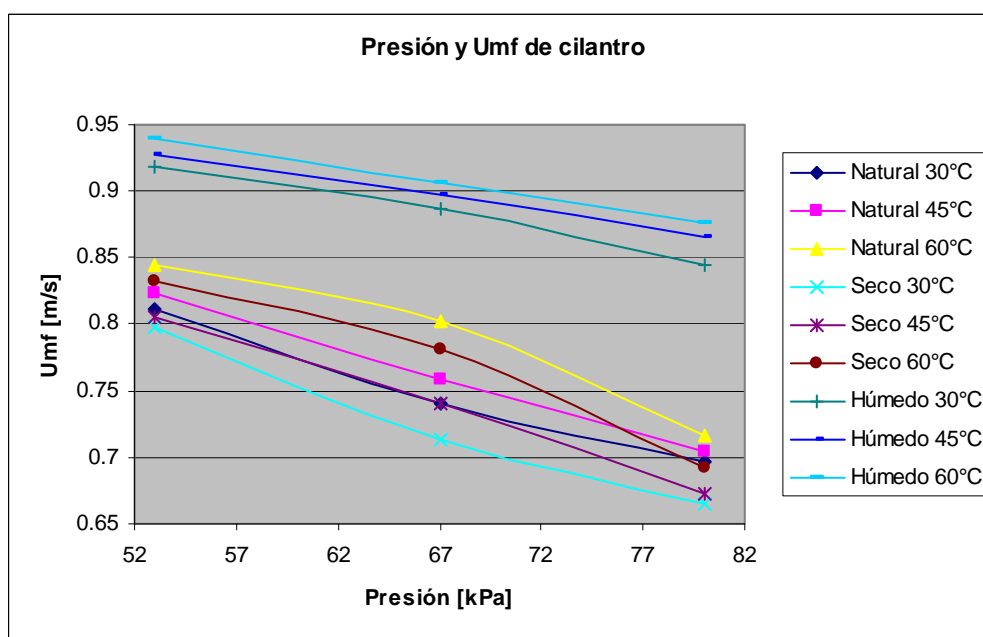


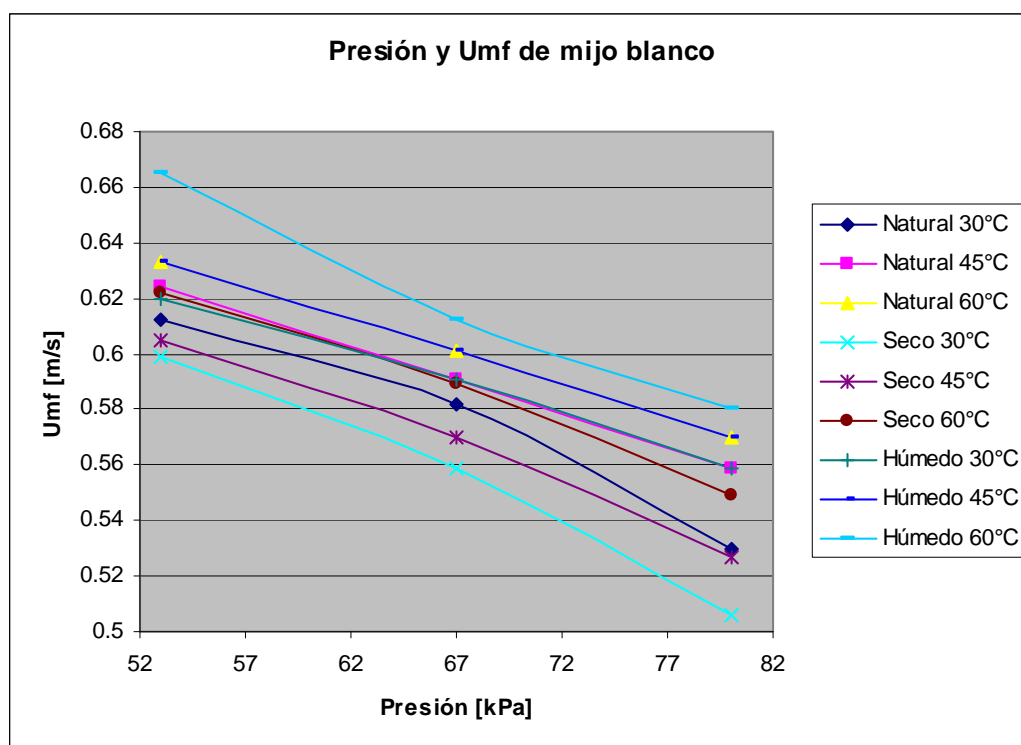
Figura 7.5 Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura de la linaza

### 7.5 Efecto de la presión de operación a la $U_{mf}$

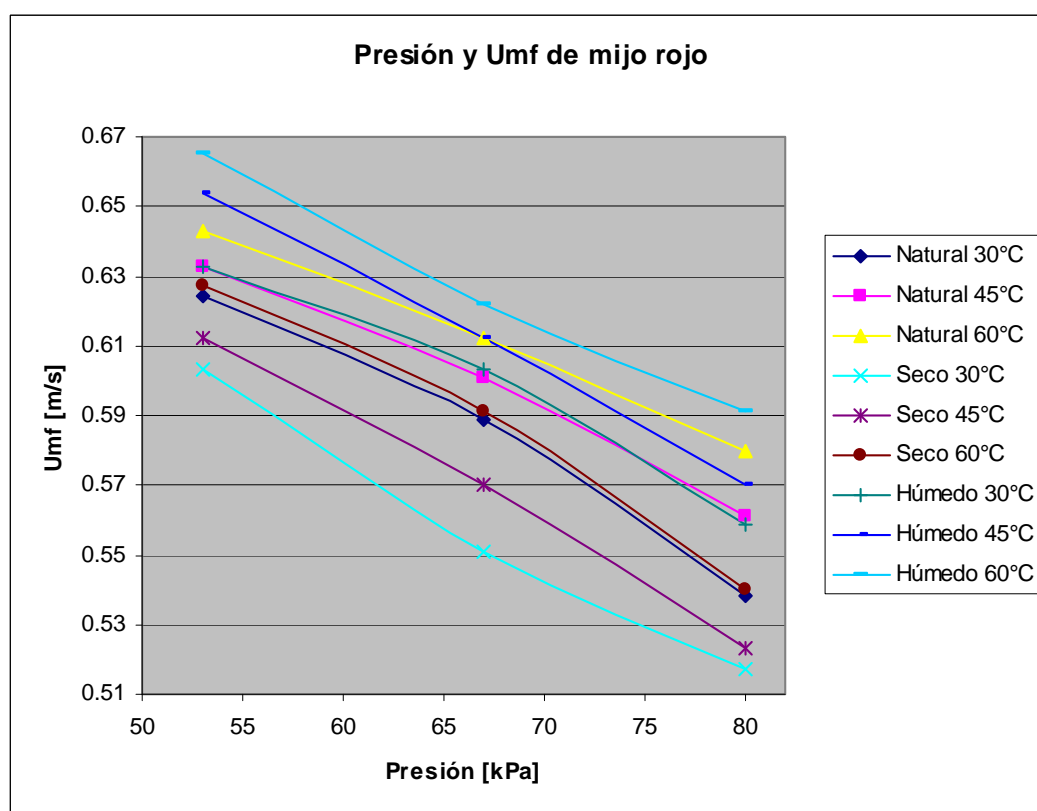
Al observar las gráficas que se muestran a continuación se puede observar que a menor presión de operación la velocidad mínima de fluidización es mayor, no importando el porcentaje de humedad que tenga la partícula.



**Figura 7.6** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la presión del cilantro

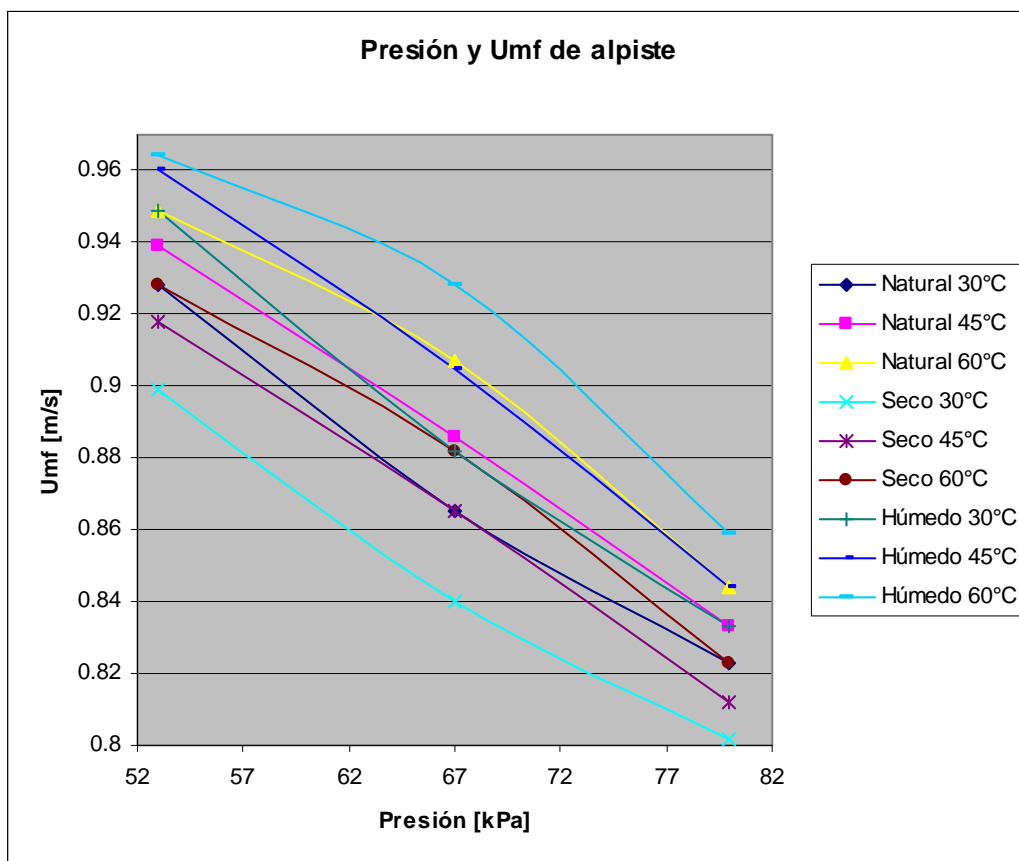


**Figura 7.7** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la presión del mijo blanco

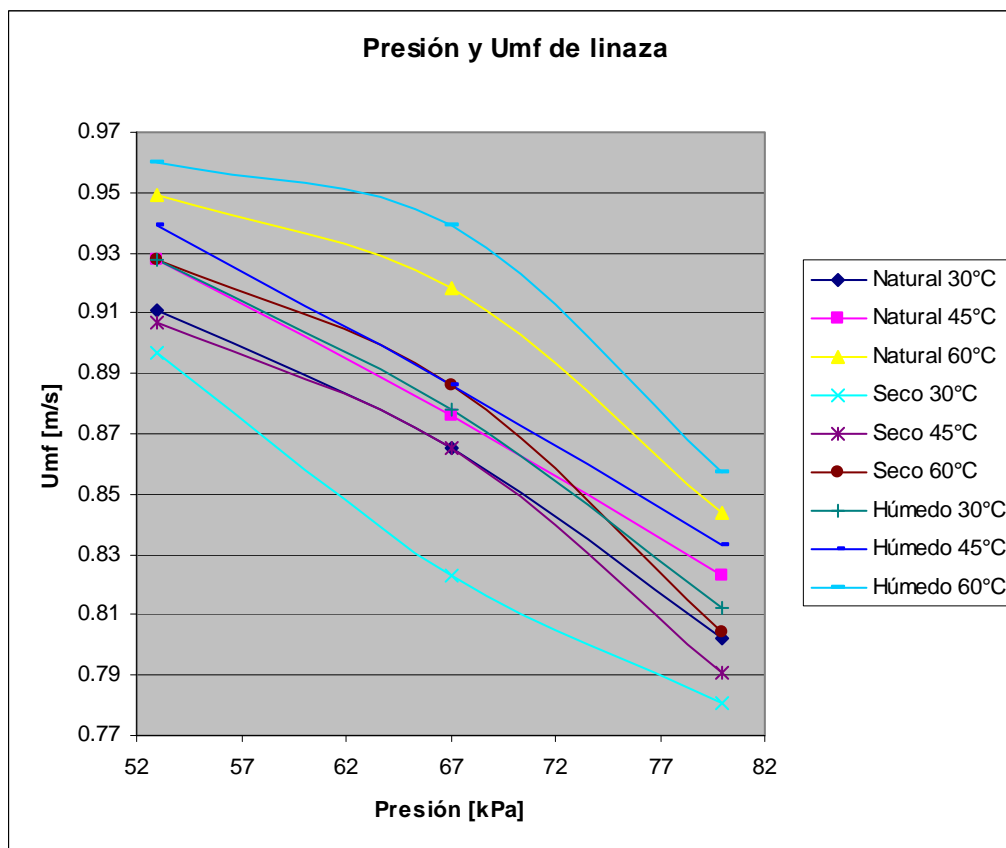


**Figura 7.8** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la presión del mijo rojo





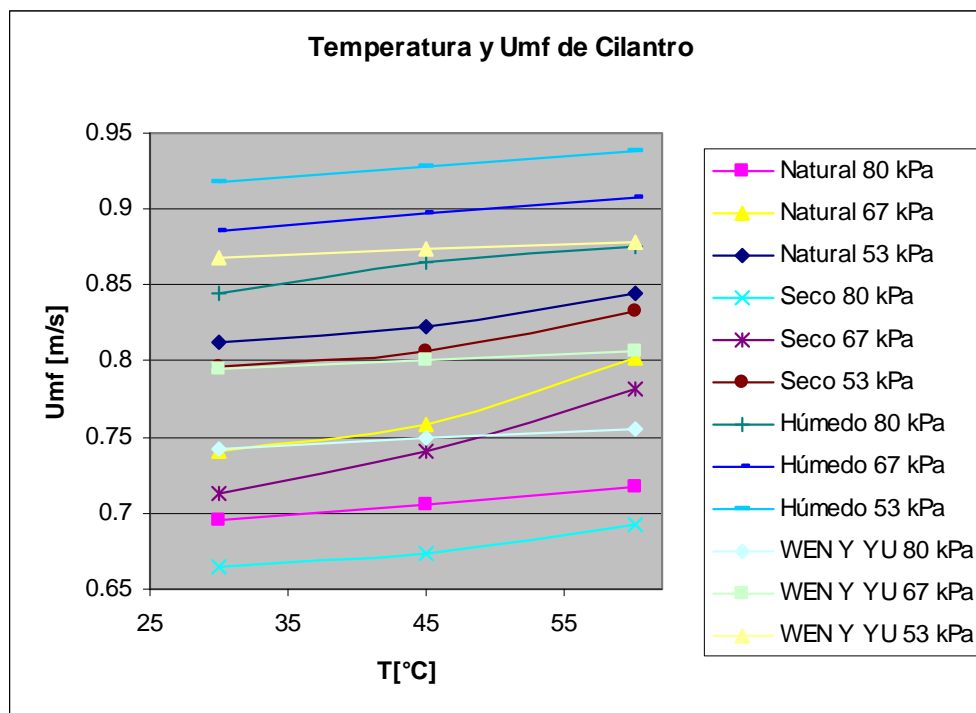
**Figura 7.9** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la presión del alpiste



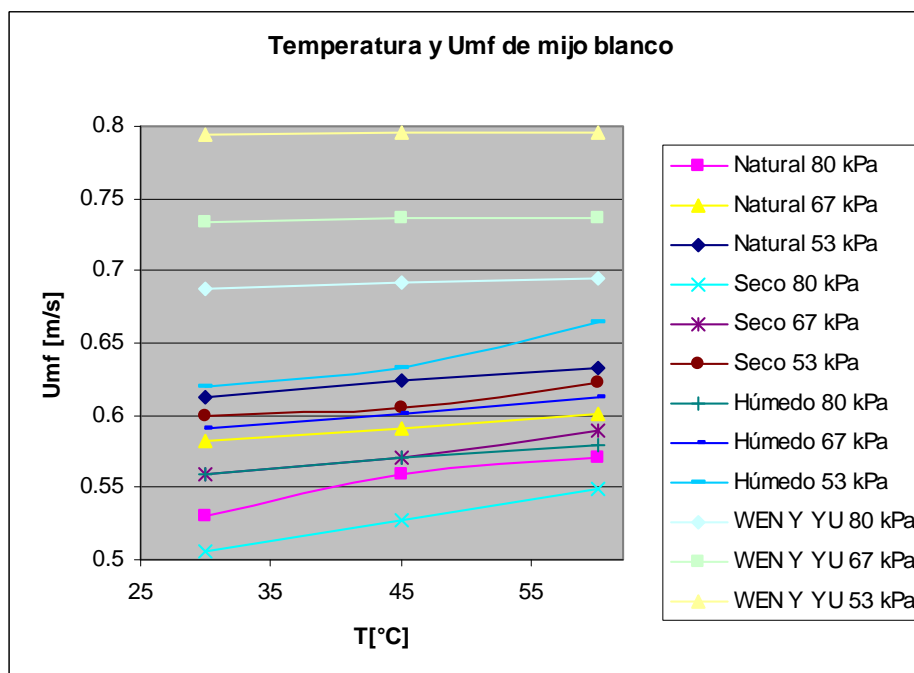
**Figura 7.10** Comportamiento de la  $U_{mf}$  con respecto a la presión de la linaza

## 7.6 Comparación de datos teóricos con experimentales

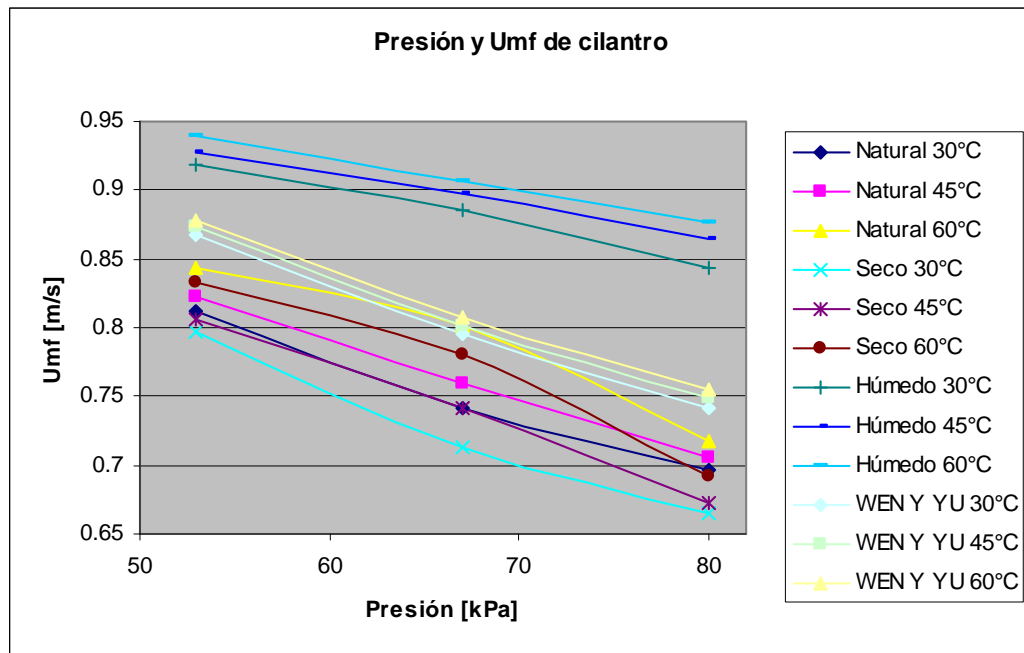
A continuación se presentan las graficas de comparación entre datos teóricos y experimentales de las semillas de cilantro y de mijo blanco.



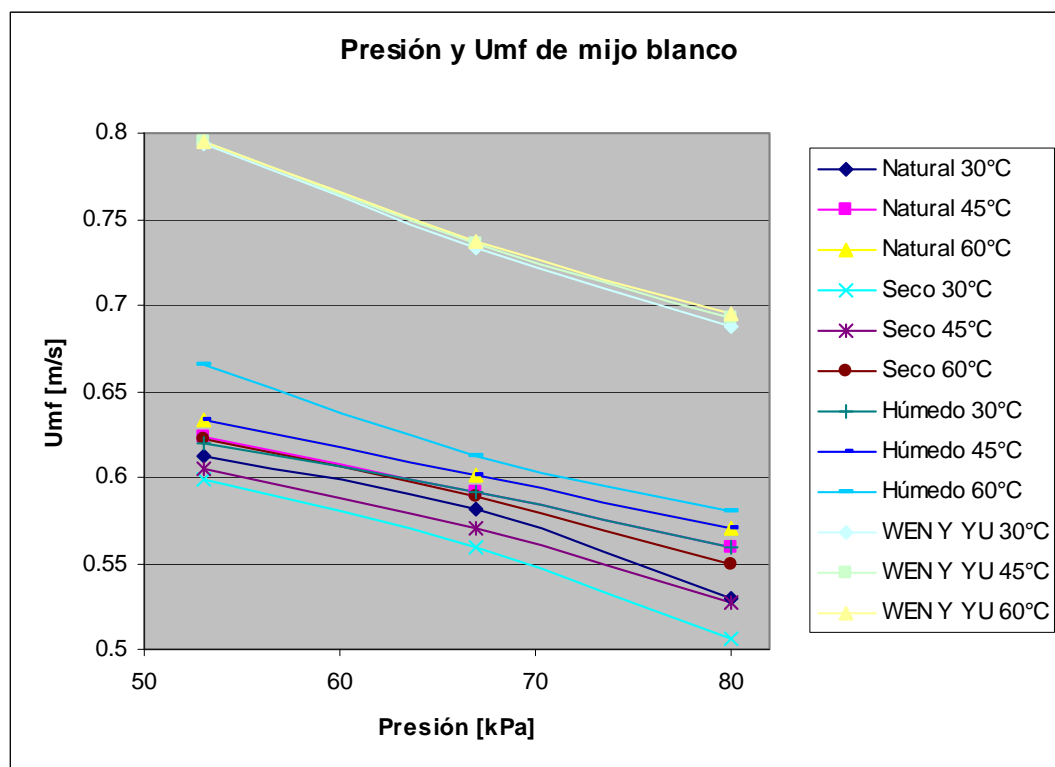
**Figura 7.11** Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura del cilantro según Wen y Yu [10]



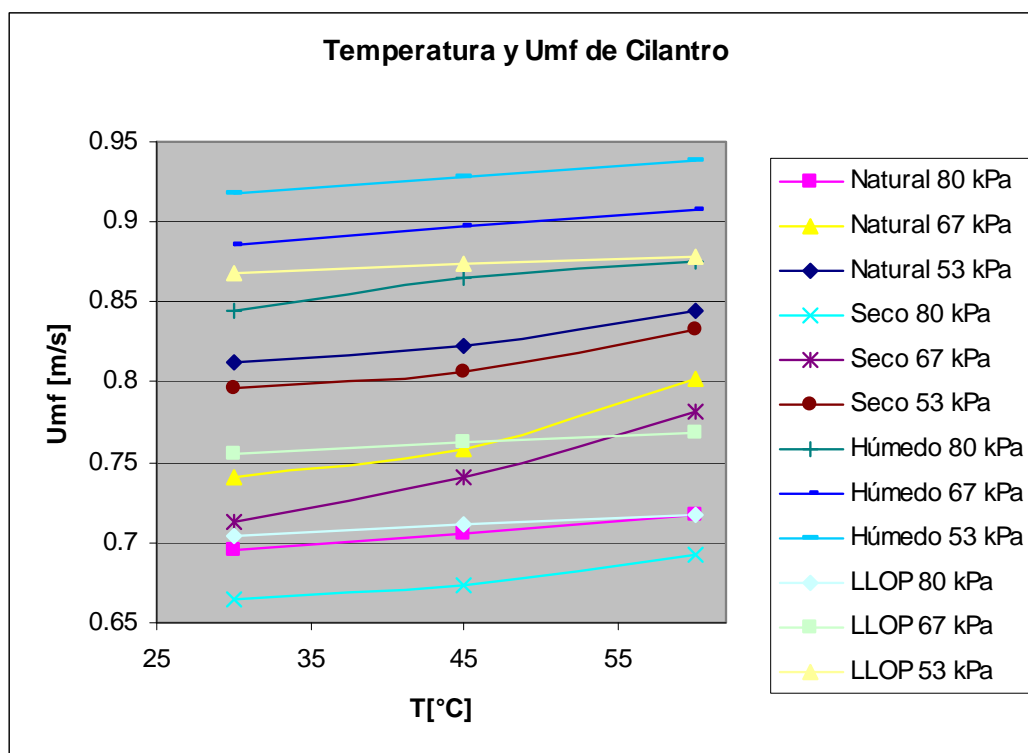
**Figura 7.12** Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura de mijo blanco según Wen y Yu [10]



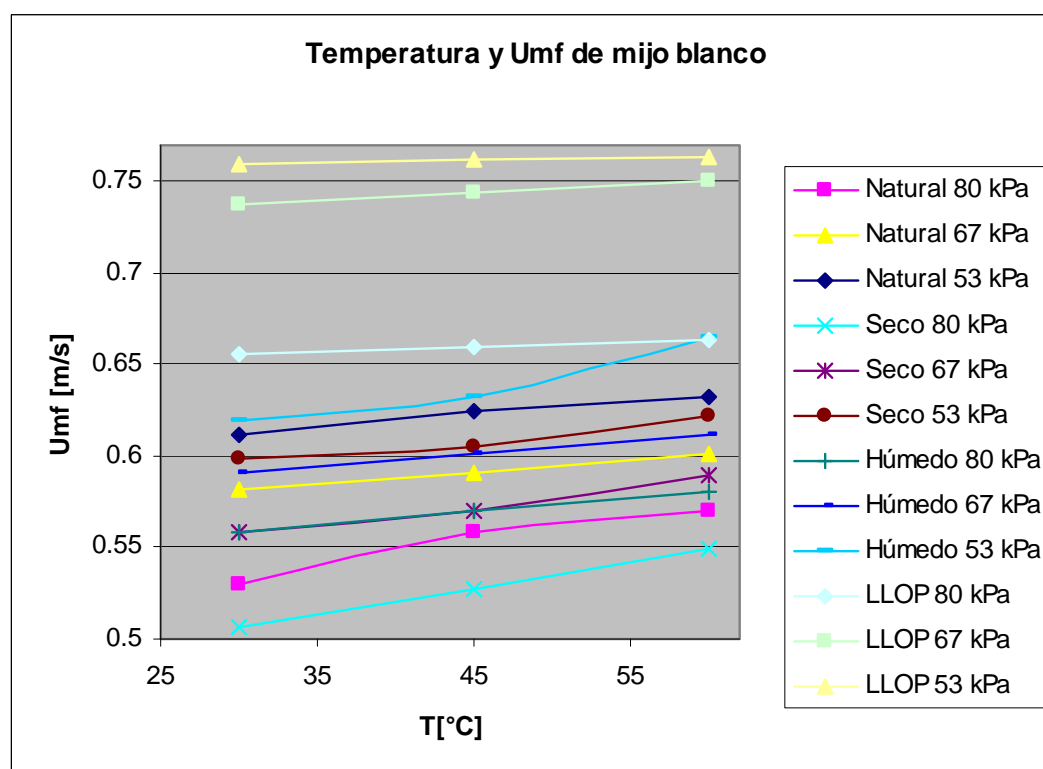
**Figura 7.13** Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la presión del cilantro según Wen y Yu [10]



**Figura 7.14** Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la presión de mijo blanco según Wen y Yu [10]



**Figura 7.15** Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura del cilantro según Llop[3]



**Figura 7.16** Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la temperatura de mijo blanco según Llop[3]

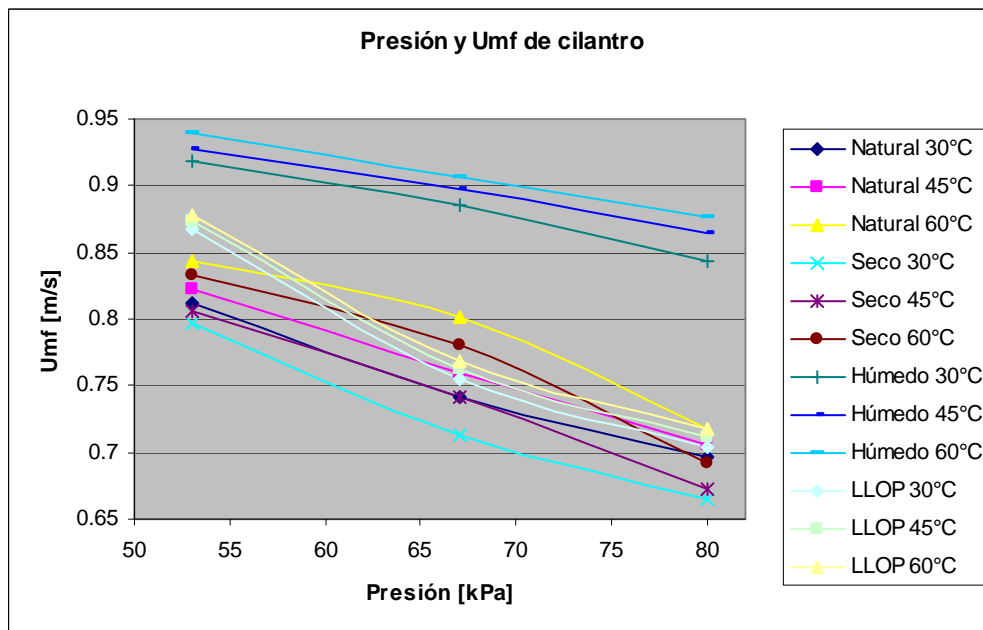


Figura 7.17 Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la presión del cilantro según Llop[3]

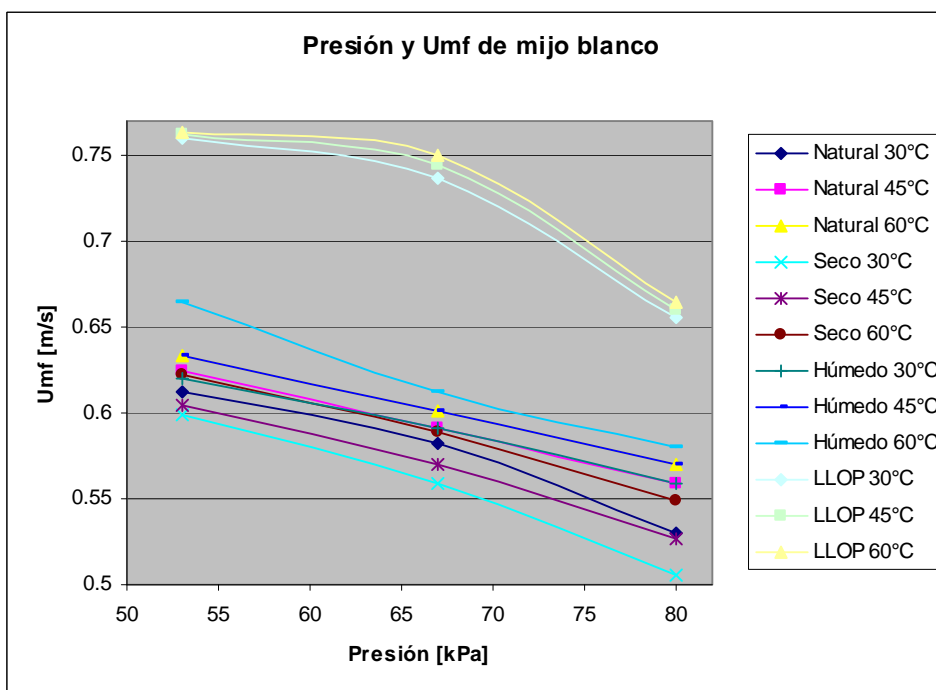


Figura 7.18 Comparación  $U_{mf}$  con respecto a la presión de mijo blanco según Llop[3]

Al observar las comparaciones teóricas con las prácticas es notoria la tendencia que se tiene al estudiar la velocidad mínima de fluidización ya que en estas gráficas se observan los cambios que se tienen en la  $U_{mf}$  con respecto al aumento de temperatura y a la disminución de la presión. Haciendo comparaciones de la  $U_{mf}$  cuando se realizan

cambios de humedad, estos casos naturales, secos, y húmedos, se observa un claro comportamiento el cual no deja duda que las ecuaciones predicen correctamente el comportamiento de las partículas al ser fluidizadas.

Se puede observar que los datos teóricos difieren muy poco, en este caso se utilizaron dos tipos de ecuaciones para calcular la  $U_{mf}$  teórica las ecuaciones de Wen y Yu [10] y de Llop [3] , estas ecuaciones se basan en las características físicas de la partícula y del fluido. En algunas situaciones los resultados experimentales se acercan mas a las  $U_{mf}$  obtenidas por las ecuaciones de Wen y Yu [10] como se presentan en las figuras 7.11 y 7.12, en otras tablas como en la 7.15 y 7.16 se puede observar que los datos experimentales son cercanos a los datos teóricos.

No hay que olvidar que las ecuaciones desarrolladas por Llop[3] son mas confiables, puesto que toma en cuenta los efectos causados por el vacío, algo que la ecuación de Wen y Yu no hace.

Es notable que en las figuras 7.15, 7.16 y 7.17 los datos teóricos son una media de los experimentos hechos en el laboratorio, se puede observar que las variaciones hechas de humedad en las partículas, entran en los rangos teóricos. En otras figuras como 7.14 y 7.18 se observa que los datos teóricos son más altos que los experimentales, haciendo más grande el porcentaje de error en estos experimentos.

Se deben tomar en cuenta todos los errores posibles cometidos en el proceso de experimentación, ya que interviene el factor humano, y también las limitaciones del equipo experimental, es por eso que se deben realizar un número elevado de experimentos, para reducir los porcentajes de error y encontrar tendencias que puedan ser interpretadas.