

ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL DE LA MADERA

*EDUARDO GÓMEZ IHMAIDAN*¹
*MILTON RAMÍREZ MONARDEZ*²

Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile

RESUMEN

La finalidad de este trabajo es proporcionar e interactuar con la información referente al proceso de secado industrial de Pino Radiata, tomando como variable el contenido de humedad final de la madera, en términos generales esta información será útil para negociar y tomar decisiones frente a clientes que demandan por productos con ciertas especificaciones técnicas, cuantificando además los costos en que se incurre por estar fuera de los parámetros solicitados.

La primera parte de este trabajo consistió en la recolección de datos del contenido de humedad final de los principales productos de Aserraderos Arauco S.A., los que fueron tomados manualmente por personal de la empresa con equipos xilohigrómetros de marca Wagner L612 y medidores automatizados en línea Brookhuis. Con estos datos, el histograma fue la herramienta gráfica que permitió el ajuste de curvas de las distribuciones de probabilidad de cada producto utilizando el software @Risk 4.5, con esta información se procedió a buscar las funciones de probabilidad acumulada respectivas, y además aproximaciones matemáticas que permitieran el cálculo de éstas para conocer la probabilidad de estar entre un mínimo y un máximo de contenido de humedad.

Para evaluar la variabilidad y tendencia central del contenido de humedad se procedió a calcular mediante los índices de la capacidad de procesos C_p y C_{pk} en qué medida el proceso de secado es capaz de cumplir con las especificaciones solicitadas por el cliente, debido a que los datos no presentaban un comportamiento normal fue necesario investigar y encontrar el cálculo de estos índices de capacidad para este caso. Otro aspecto importante considerado en este trabajo fue la incorporación de la función de Costo de Calidad del Dr. Taguchi en la cuál se evalúa monetariamente todos los costos en que se incurre cuando el producto no satisface las especificaciones del cliente, ya sea productos demasiado húmedos a veces atacados por hongos o por el contrario demasiado secos con problemas de grietas y alabeos.

Por último, toda esta información se incorporó a una interfase computacional desarrollada en Excel, en la cuál se podrá ingresar las especificaciones técnicas de un pedido y el programa entregará información que permitirá al usuario evaluar la conveniencia de aceptar el pedido o la necesidad de negociar con las especificaciones técnicas a fin de cumplir con lo que finalmente se pedirá evitando posteriores reclamos. Además el programa podrá ser utilizado para capacitar al personal sobre el proceso de secado y explicar el comportamiento que sigue el contenido de humedad final en los productos.

¹ Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

² Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.
e-mail: miramire@ubiobio.cl

1. INTRODUCCIÓN

El contenido de humedad de la madera es uno de los parámetro más importante a considerar para los distintos propósitos en que será utilizada, actualmente se utilizan secadores industriales para satisfacer estrictamente las exigencias de los mercados internacionales, que se orientan crecientemente hacia madera seca. Las nuevas normas de la Comunidad Europea, por ejemplo, prevén la prohibición en un futuro próximo de la entrada de madera aserrada verde a los países asociados, incluso a la madera para pallets se anticipa que las exigencias de calidad llegarán a tal nivel que incluirán normas estrictas no sólo para sus dimensiones y resistencia mecánica sino también para su contenido de humedad.

Por otro lado, hay una tendencia negativa en los precios e incrementos en los costos de envío, lo que está reduciendo los márgenes de utilidad, es por esto que se hace necesario estudiar y analizar la variable "contenido de humedad final" a fin de reducir costos por no cumplimiento de calidad y satisfacer los requerimientos de todos los clientes.

2. JUSTIFICACIÓN

El secado industrial de madera es un proceso que genera mucha dispersión en el valor del contenido de humedad de cada pieza y entre piezas, debido a la influencia de múltiples variables externas e intrínsecas a la madera, esta dispersión provoca problemas en términos de calidad ya que muchos reclamos y rechazos se producen por envíos que no cumplen con lo especificado por el cliente, ya sea el promedio y límite superior e inferior de contenido de humedad. Con el fin de reducir estos reclamos se desarrollará una herramienta que ayudará al departamento comercial en su gestión de asegurar los parámetros que realmente la empresa es capaz de satisfacer, lo que traerá como resultado la disminución de éstos reclamos y de los costos involucrados.

3. OBJETIVO PRINCIPAL Y ESPECÍFICOS

El objetivo principal es: "Establecer una metodología que permita la toma de decisiones frente a la factibilidad de aceptar o no un pedido, tomando como variable de decisión el contenido de humedad final de los productos."

Los objetivos específicos son:

- "Encontrar la distribución de probabilidad para cada producto y su respectiva planta".
- "Validar las distribuciones encontradas".
- "Encontrar las funciones matemáticas que permitan calcular la probabilidad acumulada para cada una de las distribuciones".
- "Encontrar las funciones matemáticas que permitan calcular la función de densidad de probabilidad para cada distribución de probabilidad".
- "Encontrar un método para obtener el índice de capacidad C_p y C_{pk} cuando los datos no siguen una distribución normal".
- "Encontrar un método que permita evaluar económicamente el no cumplimiento de la calidad solicitada".
- "Diseñar una interfase computacional que permita calcular la probabilidad de tener un producto dentro de los límites de contenido de humedad final que sean especificados por el usuario, el porcentaje superior e inferior fuera de especificación, además para éstos límites se dará a conocer cual es la capacidad del proceso utilizando los índices C_p y C_{pk} cuando se trate de cualquier distribución de probabilidad y el costo en que se incurre por estar fuera de estos límites".

4. METODOLOGÍA

Lo primero que se realizó fue la recolección de datos del contenido de humedad final de los principales productos y para determinados aserraderos pertenecientes al complejo, la mayoría fueron datos históricos y algunos tomados en terreno, el tamaño de la muestra y la forma en cómo se realiza el muestreo ya está normalizado y no requiere de un estudio, este se realiza una vez que la carga sale de la cámara de secado donde se toman los datos manualmente y en forma aleatoria, luego se procedió con la ayuda del software @Risk al ajuste de distribuciones de probabilidad para cada producto, una vez asignadas las distribuciones se debió encontrar las funciones matemáticas que permitieran calcular las probabilidades acumuladas para cada distribución de probabilidad, además se debió encontrar las funciones matemáticas que permitieran el cálculo del coeficiente de asimetría y curtosis para cada distribución para luego utilizarlos para el cálculo de los coeficientes de capacidad de los procesos C_p y C_{pk} para distribuciones no normales. Por otra parte se introdujo la función de pérdida de Taguchi para poder cuantificar monetariamente los gastos en que se incurre por estar fuera de las especificaciones solicitadas por el cliente. Toda esta información fue incorporada a una interfase computacional desarrollada en Excel que permite al usuario especificar las características del producto seleccionado, ya sea nombre del producto, límite inferior y superior de contenido de humedad, el promedio y la desviación estándar del proceso, dónde la interfase proporciona información acerca de la probabilidad de estar dentro de los límites especificados, cuán capaz es el proceso de cumplir con lo solicitado por el cliente y entregar el costo en US\$/m³ que estaría generando un pedido si este no fuese satisfecho en forma óptima.

5. EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Una buena herramienta para asegurar y controlar que las variables de calidad estén dentro de las especificaciones es el modelamiento mediante distribuciones de probabilidad, ajustadas a partir del histograma, en el caso específico de la variable de calidad “Contenido de humedad final” se observa de la Figura 5.1. que existe un sesgo hacia la izquierda, lo que significa que existe una mayor cantidad de datos que tienen el contenido de humedad final menor que el promedio, pero existe una mayor dispersión con los datos que están por sobre el promedio, lo que significa que se debe centrar la atención en disminuir esta dispersión y al momento de negociar las especificaciones del producto con el cliente, la amplitud entre el límite superior de especificación y el promedio deberá ser mayor que la amplitud entre el límite inferior de especificación y el promedio, lo que significará que las “piezas problema” (contenido de humedad mayor al promedio) estén dentro de los límites especificados.

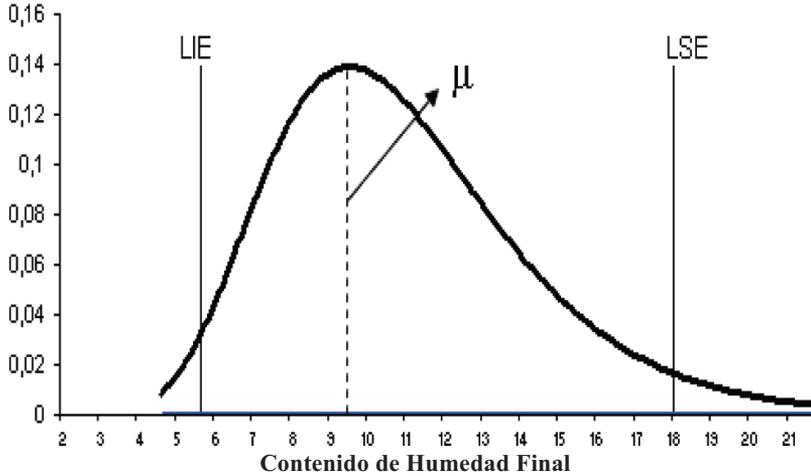


Figura 5.1. Distribución de probabilidad para la variable “contenido de humedad final”.

Otro punto importante a destacar es que conociendo la distribución de probabilidad se puede obtener cuantitativamente el porcentaje de piezas que tienen el contenido de humedad entre uno o más límites de especificación dados por el cliente, mediante el uso de la función de probabilidad acumulada, lo que permite variar estos límites a fin de encontrar aquellos que encierren una mayor cantidad de piezas, dicho en forma práctica, mediante estas funciones de probabilidad acumulada se podrá negociar con el cliente los límites de especificación visualizando numéricamente como influye la variación de estos en el porcentaje de la producción que cumpliría realmente con estas especificaciones. Para facilitar esta negociación se introdujo estas funciones a una planilla Excel (Figura 5.2.) la que irá mostrando el porcentaje de piezas que quedan dentro y fuera de las especificaciones cuando estas varían.

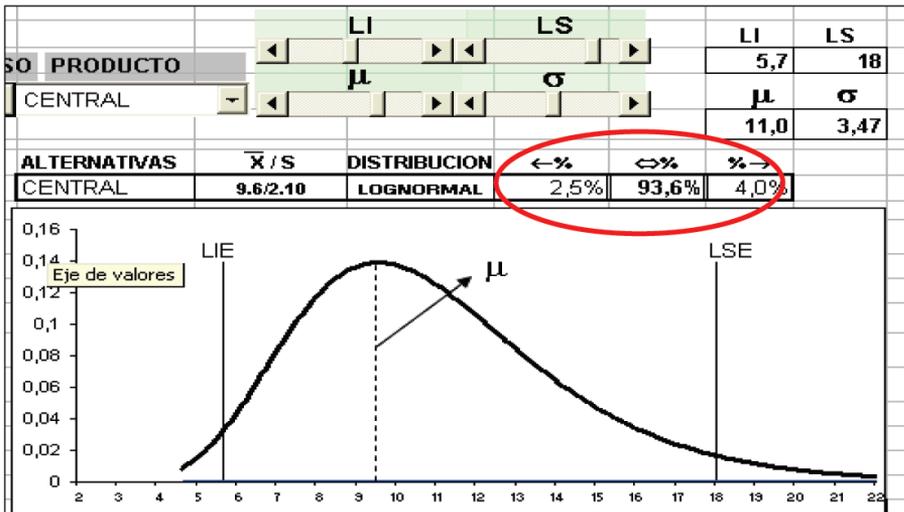


Figura 5.2. El área encerrada representa el porcentaje de piezas que está dentro de las especificaciones y el porcentaje que esta fuera de cada una de las especificaciones.

Se debe mencionar que una carga mayor al 90% de la producción dentro de los límites especificados no generará reclamos ya que por las propiedades intrínsecas de la madera, las piezas tenderán a mantener un cierto contenido de humedad homogéneo dentro de cada pieza y entre las piezas.

5.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE ÍNDICES DE CAPACIDAD Cp Y Cpk

Los índices de capacidad muestran qué tan capaz es el proceso de estar dentro de las especificaciones técnicas dadas por el cliente. Si bien el valor numérico dado por estos índices tiene una representación cualitativa estándar, ésta no es determinante ya que el valor numérico aceptado para estos índices los determinará el fabricante dependiendo del margen de piezas fuera de especificaciones que se acepta para cada proceso.

Utilizando formulas y procedimientos para calcular estos índices tanto para distribuciones de probabilidad normal como no normales, se incorporaron a una planilla Excel al igual que en el caso anterior (Figura 5.3.), donde se observa que el valor de estos índices es directamente proporcional al porcentaje de piezas que cumplen con las especificaciones, es decir, que a mayor porcentaje de piezas dentro de los límites mayor son los índices de capacidad del proceso, cabe destacar que la disminución en la variabilidad del contenido de humedad de las piezas, hace aumentar notablemente la capacidad del proceso, o sea, los cambios que se hagan al proceso y que tengan por resultado piezas más homogéneas (menor dispersión en el contenido de humedad) va a contribuir a la disminución de reclamos y rechazos por parte de los clientes.

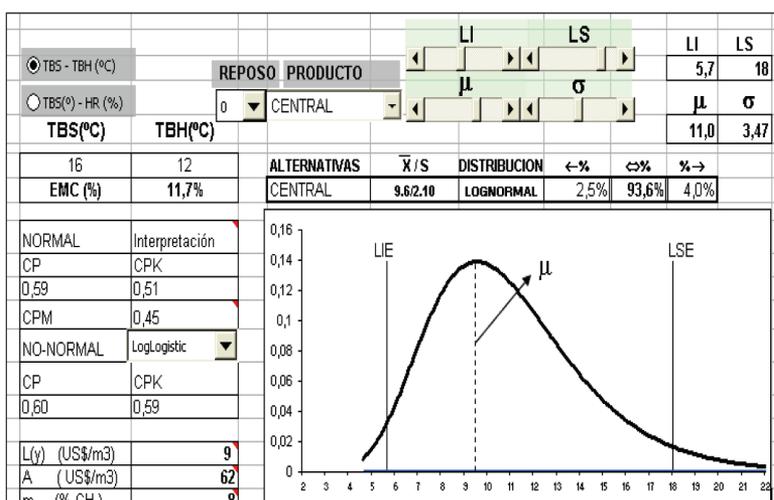


Figura 5.3. Índices de capacidad para ciertas especificaciones.

5.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA FUNCIONDE PERDIDA DE LA CALIDAD

La Función de Pérdida de la Calidad del Dr. Taguchi cuantifica monetariamente los costos que derivan de realizar un proceso donde el producto no está acorde con las especificaciones solicitadas por el cliente, el análisis y la interpretación no es más que visualizar en la planilla Excel (Figura 5.4.) que se ha venido creando y que incorpora esta función, como varía el costo adicional por no cumplir con la calidad deseada al introducir las características del proceso (desviación estándar y promedio) y las características solicitadas por el cliente (LIE, LSE y el promedio deseado).

L(y) (US\$/m3)	12	CPs	0,58	Carga (m3)	120	M3 Fuera LS	5,5
A (US\$/m3)	62	CPi	0,43	Pérd.Tot.US\$	223	M3 Fuera LI	12,3
m (% CH)	8						

Figura 5.4. Incorporación de la función de pérdida de Taguchi, donde se obtiene la pérdida en US\$ para una cierta carga en m3 por no cumplir con las especificaciones solicitadas.

La Figura 5.5. muestra la incorporación de todas las funciones y herramientas mencionadas a lo largo del trabajo y que tiene como función principal dar apoyo al departamento comercial en la toma de decisiones y en la negociación con los clientes sobre las especificaciones técnicas del pedido a fin de reducir el número de reclamos o rechazos y el costo adicional que esto implica. Esta práctica aplicación simula el comportamiento del proceso frente a distintos escenarios con diferentes promedios y desviaciones estándar que podrían resultar después de un programa de secado cualquiera y donde la aplicación mostraría si dicho escenario es beneficioso para la empresa o es producto de problemas operacionales que no están dando como resultado lo que el mercado desea.

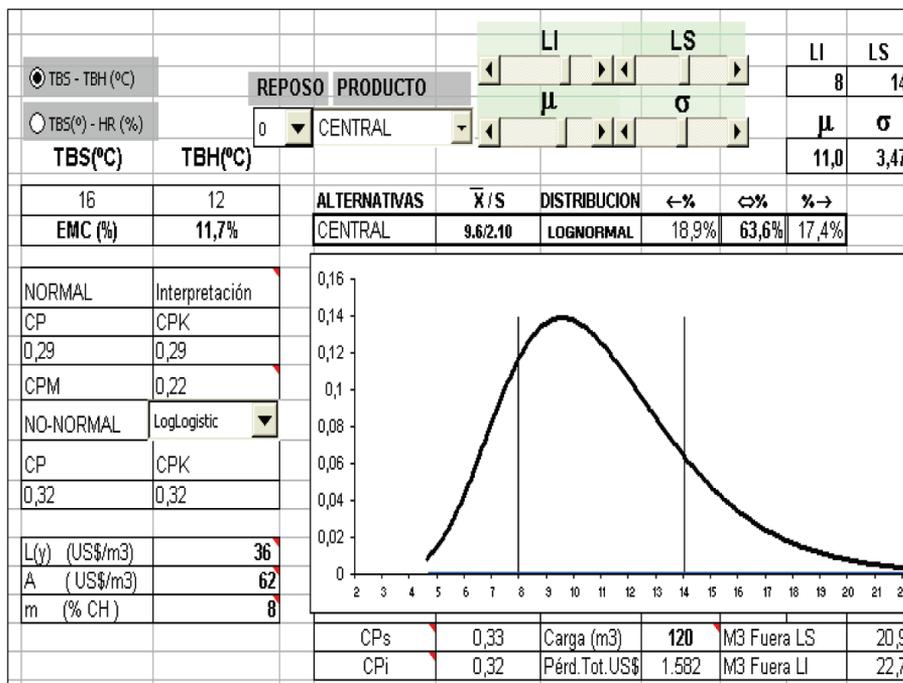


Figura 5.5. Incorporación de todas las funciones estudiadas a lo largo de este trabajo.

6. CONCLUSIONES

Del presente trabajo se pueden rescatar las siguientes conclusiones:

- El trabajo humano y los procesos industriales están afectados por un número casi infinito de factores diferentes. Esto quiere decir que, los resultados de cualquier proceso productivo siempre contiene variación, y al realizar un análisis estadístico de las variables involucradas sus distribuciones siguen un cierto patrón.
- Los datos de cualquier variable de calidad generados de un proceso productivo se pueden agrupar en tablas de frecuencias, las que permiten estudiar numérica y gráficamente su distribución y la cuantificación de su dispersión. Los histogramas de frecuencias, las medidas de centralización, dispersión, concentración, asimetría, curtosis y en general todas las herramientas de la estadística descriptiva, se pueden poner al servicio del control de calidad, y concretamente para el análisis de la dispersión de los datos.

- Una vez encontradas las distribuciones de frecuencias de las características de calidad de un proceso, incluso estratificándolas y actualizándolas diariamente, se transmite el concepto de dispersión a los encargados y a los operarios de base, lo que les ayuda a ser más conscientes y responsables en el control del o los procesos.
- El modelamiento estadístico de las características de calidad permite asegurar los parámetros que realmente una empresa es capaz de entregar a sus clientes.
- Una forma de evaluar la variabilidad y tendencia central del contenido de humedad es el cálculo mediante los índices de capacidad de los procesos C_p y C_{pk} en qué medida el proceso de secado es capaz de cumplir con las especificaciones solicitadas por el cliente.
- La función de Costo de Calidad de Taguchi es una forma práctica de evaluar monetariamente todos los costos en que se incurre cuando el producto no satisface las especificaciones del cliente, ya sea productos demasiado húmedos a veces atacados por hongos o por el contrario demasiado secos con problemas de grietas y alabeos.
- La aplicación desarrollada en Excel permite al usuario especificar las características del producto seleccionado, ya sea nombre del producto, límite inferior y superior de contenido de humedad requerido por el cliente, el promedio y la desviación estándar del proceso, dónde la interfase proporciona información acerca de la probabilidad de estar dentro de los límites especificados, cuán capaz es el proceso de cumplir con lo solicitado por el cliente y entregar el costo en US\$/m³ que estaría generando un pedido si este no fuese satisfecho en forma óptima.
- La aplicación desarrollada en Excel entrega información muy útil al usuario en el momento de evaluar la conveniencia de aceptar un pedido o la necesidad de negociar con las especificaciones técnicas a fin de cumplir con lo que finalmente se pedirá evitando posteriores reclamos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Coloma P. Juana Isabel, “contenido de humedad final de productos en plantas de remanufactura”, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Octubre 2000.
- Montgomery C. Douglas y Runger C. George, “Probabilidad y Estadística”.
- Mood M. Alexander y Graybill A. Franklin, “Introducción a la teoría de la Estadística”.
- Viscarra Silveiro “Guía para el Secado de la Madera en Hornos”, Bolivia, Agosto 1998.
- Sigrist Christophe, Berthoud Willy y Schilliger Ernest, “Drying of Softwood for Set Specifications Requirements and Industrial Application” , Suecia, 2001
- Tronstad Sverre, Magnar S. Knut y Toverod Hakon, “Drying quality of Softwood Based on 140 Industrial Test in Norwegian Sawmills and Actions to Improve the Quality”, Noruega, 2002.
- Gutiérrez P. Humberto, “Calidad Total y Productividad” McGRAW-Hill, 1997.

- J. A. Clements (1989), Process capability calculations for non-normal distributions, *Quality Progress*, Vol.22 (2) 49-55.
- Oriol A. y Soldevila García P.: «Contabilidad y Gestión de Costes», Editora Gestión 2000, España, 1997, Capítulo 5.
- Kapla R. y Cooper R.: « Coste y Efecto» Editora Gestión 2000, España, 1999.
- Shank J.K. y Govindarajan V.: «Gerencia Estratégica de Costos», Editora Norma, España, 1995, Capítulos 11 y 12
- Kotz S. y Jonson N.: “Process Capability Indices”, Editora Chapman & May, London, 1993, Capítulo 4.

ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL DE LA MADERA

EDUARDO GÓMEZ IHMAIDAN¹
MILTON RAMÍREZ MONARDEZ²

Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile

RESUMEN

La finalidad de este trabajo es proporcionar e interactuar con la información referente al proceso de secado industrial de Pino Radiata, tomando como variable el contenido de humedad final de la madera, en términos generales esta información será útil para negociar y tomar decisiones frente a clientes que demandan por productos con ciertas especificaciones técnicas, cuantificando además los costos en que se incurre por estar fuera de los parámetros solicitados.

La primera parte de este trabajo consistió en la recolección de datos del contenido de humedad final de los principales productos de Aserraderos Arauco S.A., los que fueron tomados manualmente por personal de la empresa con equipos xilohigrómetros de marca Wagner L612 y medidores automatizados en línea Brookhuis. Con estos datos, el histograma fue la herramienta gráfica que permitió el ajuste de curvas de las distribuciones de probabilidad de cada producto utilizando el software @Risk 4.5, con esta información se procedió a buscar las funciones de probabilidad acumulada respectivas, y además aproximaciones matemáticas que permitieran el cálculo de éstas para conocer la probabilidad de estar entre un mínimo y un máximo de contenido de humedad.

Para evaluar la variabilidad y tendencia central del contenido de humedad se procedió a calcular mediante los índices de la capacidad de procesos C_p y C_{pk} en qué medida el proceso de secado es capaz de cumplir con las especificaciones solicitadas por el cliente, debido a que los datos no presentaban un comportamiento normal fue necesario investigar y encontrar el cálculo de estos índices de capacidad para este caso. Otro aspecto importante considerado en este trabajo fue la incorporación de la función de Costo de Calidad del Dr. Taguchi en la cuál se evalúa monetariamente todos los costos en que se incurre cuando el producto no satisface las especificaciones del cliente, ya sea productos demasiado húmedos a veces atacados por hongos o por el contrario demasiado secos con problemas de grietas y alabeos.

Por último, toda esta información se incorporó a una interfase computacional desarrollada en Excel, en la cuál se podrá ingresar las especificaciones técnicas de un pedido y el programa entregará información que permitirá al usuario evaluar la conveniencia de aceptar el pedido o la necesidad de negociar con las especificaciones técnicas a fin de cumplir con lo que finalmente se pedirá evitando posteriores reclamos. Además el programa podrá ser utilizado para capacitar al personal sobre el proceso de secado y explicar el comportamiento que sigue el contenido de humedad final en los productos.

¹ Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.

² Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío, Concepción – Chile.
e-mail: miramire@ubiobio.cl