

APLICACIÓN DEL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP) PARA LA SELECCIÓN DE UN SECADOR DE FRUTAS Y VEGETALES

Harrar, A ^(p) ; Martínez, G

Abstract

A methodology is proposed for the selection of the most suitable drying equipment for the dehydration of tropical fruits and vegetables through the use of the Analytic Hierarchy Process (AHP). The choice of drying equipment alternatives was based on surveys with experts to choose among the following types of dryers: Cabin Dryer, Tunnel Dryer, Conveyor belt Dryer, fluidized bed dryer and freeze dryer (lyophilizer). Evaluation criteria were based on product quality factors, investment and operational costs, flexibility, productivity, equipment maintenance and human resources. An evaluation matrix was built with 14 criteria split in three levels and 5 alternatives. A group of experts was selected from the academic and manufacturing areas. The surveys were processed using EC 2000 (Expert Choice 2000 Team, Pittsburgh: Expert Choice Inc, 2001). Criteria ponderation yield as priority areas "conformation to specs" (0,225) and "Investment"(0,102). The choice of alternatives was favorable for the freeze dryer (0,251) and performance sensitivity analysis showed little dependence between criteria and alternatives. This study confirms the usefulness of this method for the selection of industrial equipment in the food industry.

Keywords: Fruit and vegetables drying, dryers, Multicriteria Decission, AHP.

Resumen

En este trabajo se propone una metodología para seleccionar el equipo de secado más adecuado para la deshidratación de frutas y vegetales mediante el método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP). La escogencia de los equipos de secado se basó en encuestas a expertos para seleccionar entre los siguientes tipos de secadores: de cabina, túnel, banda transportadora, lecho fluidizado y secado por congelación (liofilizador). Los criterios de evaluación se basaron en factores de calidad de producto, costes de inversión y operación, flexibilidad, productividad, mantenimiento de equipo y recursos humanos. Se construyó una matriz de evaluación de 14 criterios repartidos en tres niveles y 5 alternativas. Se seleccionó un grupo de expertos provenientes del área académica e industrial. Se procesaron las encuestas utilizando el programa EC 2000 [Expert Choice 2000 Team. Pittsburg: Expert Choice, Inc.; 2001]. La ponderación de los criterios arrojó como prioritarias las áreas de "conformidad de especificaciones" (0,225) e "inversión" (0,102). La selección de alternativas resultó favorable para el liofilizador (0,251) y el análisis de sensibilidad de rendimiento demostró poca dependencia entre las alternativas y los criterios. Se confirma la utilidad del método para la selección de equipos industriales en la industria de los alimentos.

Palabras claves: Deshidratación de frutas y vegetales, secadores, Decisión Multicriterio, AHP

1. Introducción

La producción de frutas y vegetales deshidratados constituyen un mecanismo de conservación bien conocido y aplicado en diferentes sectores de la industria de los alimentos. En los últimos años se ha popularizado el consumo de frutas desecadas especialmente entre las personas jóvenes, activas y concientes de la salud, que buscan “snacks” (aperitivos) de bajo valor calórico, alto contenido de fibra, y sobre todo que sean naturales y no contengan aditivos químicos; específicamente ciertas frutas tropicales como piña, mango, papaya, naranja, banana, etc. que pueda satisfacer la demanda de este grupo de consumidores y que posean excelentes propiedades nutricionales, organolépticas, una calidad higiénica y una presentación atractiva y apetitosa. En estudios previos se han realizado algunas pruebas con rebanadas delgadas en secadores de cabina en un proceso por carga. Los productos así obtenidos son de buena calidad, siempre que se seleccione la materia prima y se controle los parámetros de tamaño, variedad, índice de madurez. Sin embargo los tiempos de secado son largos (12 a 14 horas), el proceso es altamente laborioso y con un coste final de producto muy elevado [1].

Este estudio persigue definir las mejores opciones para industrializar el proceso a través de la selección de los equipos adecuados y la optimización de las variables de proceso.

La selección de secador es predominantemente un arte, en el cual el conocimiento, la experiencia y la ciencia todos juegan un papel importante. Frecuentemente no existe una sola respuesta correcta en el sentido absoluto, ya que más de una opción puede ser técnica y económicamente viable. Históricamente la selección de los secadores ha sido hecha por expertos sobre la base estos factores y frecuentemente de la “intuición” [2].

El uso de métodos de decisión multicriterio (MDDS) ha sido sugerido por varios autores en la industria de los alimentos como una forma de sistematizar y proveer un marco de referencia formal a los expertos en procesamiento de alimentos para facilitarles este proceso de toma de decisiones [3]. Una de las técnicas de decisión multicriterio más destacadas es el proceso analítico jerárquico (AHP) que tiene sus raíces en el cálculo de los pesos relativos entre los factores o criterios y los valores totales de cada alternativa basado en esos pesos [4]. El propósito del presente trabajo es presentar una aplicación del método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como un sistema de soporte de decisión para determinar el mejor método de secado para la instalación de una línea de deshidratación de frutas tropicales en Venezuela.

Clasificación de los secadores

Una de las maneras de clasificar a los secadores consiste en el tipo de medio de calentamiento utilizado para proveer la energía del secado [5]. En términos generales estos pueden ser clasificados en las siguientes categorías: **secadores de contacto directo**, donde el aire caliente provee el efecto de secado, secadores infrarrojos o dieléctricos donde la energía es obtenida de fuentes radiantes, y **secadores de contacto indirecto** donde la transferencia de calor ocurre a través de algún mecanismo secundario. Ambas categorías pueden operar a presión atmosférica o al vacío, y esta última opción provee la posibilidad del secado a bajas temperaturas (liofilización) donde la humedad es removida por sublimación a baja presión [6].

2. Metodología de investigación

Para concretar el proceso de toma de decisiones, debemos desarrollar las siguientes etapas. El primer paso consiste en definir el foco del problema, identificar los criterios y subcriterios que servirán para la evaluación de un conjunto de opciones que permitan lograr el objetivo final.

El siguiente paso es ordenar los diversos criterios en una jerarquía y ponderarlos, atribuyendo a cada elemento un juicio numérico que corresponda con una evaluación cualitativa. Se utiliza la técnica de el AHP para procesar los datos obtenidos y obtener una evaluación del orden de importancia de las diversas opciones en términos del objetivo final. Finalmente es necesario revisar si la alternativa preferida en el AHP resulta industrialmente factible. Esta sería la opción que mejor se adapta a los resultados deseados en el tratamiento de las frutas; de lo contrario se debería considerar opciones con menor puntaje para identificar las que mejor representen una opción industrial [7].

2.1 Definición del estudio

El foco central del proceso de toma de decisión y del modelo de análisis jerárquico propuesto en este proyecto consiste en la selección de un secador que constituirá un elemento de una línea de procesamiento de frutas y vegetales deshidratados que responda a criterios de calidad de producto, costes de inversión y operación, productividad y versatilidad

En el caso de las frutas tropicales y de los vegetales debemos establecer el alcance de la variedad y calidad de productos que deseamos procesar. Algunos de los factores determinantes en la selección del tipo de proceso son los siguientes: variedad de fruta o vegetal a deshidratar, características de producto final (humedad baja, intermedia, etc) configuración dimensional (tamaño, espesor, tipo de corte, etc), calidad percibida (color, textura, olor, contenido nutricional y vitamínico, aspecto etc), coste, y la versatilidad que deberán tener los equipos para procesar variedad en condiciones diversas y en épocas distintas debido a la natural estacionalidad de la agroindustria.

2.2 Selección de expertos

En el mundo globalizado los líderes empresariales [8] están reconociendo cada vez más la importancia de involucrar a los miembros de la organización en la toma de las decisiones estratégicas. Ya que las organizaciones usualmente dedican la mayor parte de sus activos humanos y financieros a la operación, se deriva que las operaciones constituyen una función vital para cumplir con las metas de competitividad global. El incremento en la competencia y la explosión de nuevas tecnologías están ocasionando que las empresas deben competir no solamente ofreciendo nuevos productos y servicios sino también desarrollando proyectos que le permitan rebajar costes, incrementar la flexibilidad, calidad, velocidad y confiabilidad en sus operaciones. Esto significa que el rendimiento relacionado con los factores de la manufactura son cruciales y contribuyen a la rentabilidad y la competitividad que constituyen factores claves de éxito empresarial.

Estas razones nos conducen a plantear la selección de expertos especializados y directamente relacionados con el área de procesamiento de alimentos y preferiblemente en

el campo de la deshidratación. Esto constituye una dificultad en un país como Venezuela donde los recursos profesionales en esta área son limitados. En vista de esto, se tomó la decisión de seleccionar un grupo de expertos provenientes de diferentes campos desde el académico hasta el industrial para cubrir la mayor cantidad de experticia posible. Se seleccionaron dos profesores universitarios del área, dos consultores del sector agroindustrial y dos gerentes de manufactura del sector procesamiento de alimentos.

2.3 Selección de alternativas

Para los fines del presente estudio se escogieron aquellos tipos de secadores que mejor se adapten a la deshidratación de frutas y vegetales en forma de rebanadas, cubos, etc. En principio los más usados son aquellos que permiten colocar el producto a secar sobre un soporte (bandeja, malla, correa transportadora, etc) a través del cual fluye aire caliente. Las variedades más usadas son secador de cabina, de túnel, y de cinta transportadora. También incluimos el secador de lecho fluidizado como una alternativa para cierto tipo de producción que pudieran comportarse con cierta fluidez (fresas, guisante, granos de maíz, etc) por último colocamos la posibilidad de utilizar secado por congelación por la alta calidad del producto que se obtiene y por la conservación de los elementos nutricionales (vitaminas) pero que posee un coste de operación más elevado que los secadores de aire caliente. A continuación describimos cada uno de ellos [6].

A₁. Secador de cabina

Consiste en una cabina aislada provista interiormente de un ventilador para circular el aire a través de un calentador; el aire caliente sale por una rejilla de láminas ajustables y es dirigido bien horizontalmente entre bandejas cargadas de alimento o bien verticalmente a través de bandejas perforadas y el alimento.

A₂. Secador de túnel

Consiste en un túnel que puede tener hasta 24 m de longitud con una sección transversal rectangular cuadrada de unos 2 por 2 m. El producto húmedo se extiende en capas uniformes sobre bandejas de listones de madera o malla metálica. Las bandejas se apilan en carretillas que se introducen una a una, a intervalos adecuados, en el túnel de desecación. El aire se mueve mediante ventiladores que lo hacen pasar a través de calentadores y luego fluye horizontalmente entre las bandejas.

A₃. Secador de cinta transportadora

El principio de este sistema es similar al túnel de desecación, pero el producto húmedo es conducido a través del sistema sobre una cinta transportadora que sustituye a las carretillas.

A₄. Secador de lecho fluidizado

En este tipo de secador el aire caliente es forzado a través de un lecho de sólidos de forma tal que los sólidos quedan suspendidos en el aire. El aire caliente actúa tanto como medio fluidizante como de desecación. Sólo pueden aplicarse a sólidos susceptibles a la fluidización, las velocidades de desecación son relativamente altas y se controlan con falibilidad.

A₅ Secado por congelación (liofilización)

En estos equipos el producto se deseca congelándolo primero y sublimando después el hielo desde el estado congelado. Los liofilizadores discontinuos contienen una cámara de vacío, un sistema de vacío y un sistema de congelación. El interior de la cámara está provista de placas huecas horizontales y paralelas por las que circula el medio de calentamiento. El alimento se extiende en capas uniformes y delgadas sobre bandejas metálicas que se colocan encima de las placas huecas. El sistema de vacío tiene que ser capaz de evacuar inicialmente la cámara en un corto periodo de tiempo para evitar la fusión del producto congelado. El aporte de calor al producto congelado puede hacerse por conducción o radiación o a partir de una fuente de microondas.

2.4 Selección de criterios

La selección de los criterios se basó en un estudio progresivo sobre los secadores para crear una base adecuada de conocimiento a través de una serie de sesiones de consultas con expertos en deshidratación. Esta base de conocimiento nos conduce a un módulo de variables compuesto por 6 atributos que se consideran claves a la hora de escoger equipos de secado y que se presentan en orden de prioridad

- *C_I Criterios relacionados con calidad de producto*

Algunos autores [9] consideran que la calidad representa una oportunidad para satisfacer al consumidor y no solo una forma de evitar problemas o reducir costes de reproceso. La calidad del proceso también es importante para lograr el cumplimiento de especificaciones estrictas en términos de color, sabor, textura, preservación de nutrientes, etc [8]. A continuación se presentan algunos criterios que consideramos importantes en el logro de un producto de calidad aunque esta lista no es exhaustiva.

- ✓ C₁ Control a la temperatura
 - ✓ C₂ Humedad del producto final
 - ✓ C₃ Cohesividad
 - ✓ C₄ Fragilidad
 - ✓ C₅ Valor del producto final
- *C_{II} Criterios de coste*

Las decisiones en las cuales se basa en las empresas modernas la adquisición y la estimación de costes de operación de equipos industriales es vista desde una óptica distinta. En el pasado se trataba de generar grandes volúmenes de productos estandarizados, estabilizando los procesos de producción, estableciendo estándares de productividad estrechos e invirtiendo en automatización con la finalidad de reducir los costes de operación y minimizar los desperdicios [8]. Actualmente la producción de altos volúmenes y automatización puede o no ser la vía más efectiva en costes. La rentabilidad en los procesos de manufactura dependen de adaptar los recursos adecuados con la demanda del público, en el caso de las alternativas que nos ocupan se trata de evaluar los costes en función de lograr la calidad adecuada en producciones de relativo bajo volumen, variedad de productos (tipos de frutas y vegetales, así como el tamaño y el uso de las partículas secadas). Los criterios seleccionados son los siguientes:

- ✓ C₆ Inversión
- ✓ C₇ Operación

- *C_{III} Criterios de flexibilidad*

Las necesidades del mercado están constantemente incrementando la variedad de productos que se ofrecen al consumidor. Los procesos de manufactura se resisten a esta tendencia ya que la variedad afecta la estabilidad (y eficiencia) de los sistemas productivos e incrementa los costes. La capacidad de un sistema de manufactura para responder a las variaciones es considerado como una herramienta de competitividad. Incluye la habilidad para producir una gama de productos, introducir nuevos productos, y modificar rápidamente los existentes para responder a las necesidades de los consumidores. Algunas de las variedades incluidas dentro del criterio de la flexibilidad incluyen la *flexibilidad dimensional*, que se refiere a la capacidad que tiene un equipo de tratar productos alimenticios de diferentes formas y tamaños; la flexibilidad en *rata de flujo* que es la capacidad del equipo de procesar cantidades variables de productos y la flexibilidad en los *tiempos de tratamiento* que consiste en la habilidad de los equipos para completar el proceso de secado en un tiempo definido dependiendo del producto involucrado y maximizar la calidad [8]. Para los fines del presente trabajo se escogieron dos criterios que permiten decidir si un equipo específico puede cumplir con las condiciones de flexibilidad mencionadas. En el primero, el decisor evalúa cuál alternativa se ajusta mejor a las variadas necesidades de un sistema flexible y en el segundo criterio se pide evaluar si el equipo en particular puede procesar la calidad que satisfaga las necesidades variables del público consumidor, es decir, los criterios quedan justificados de acuerdo a la siguiente descripción:

- ✓ C₈ Conformidad con las especificaciones
- ✓ C₉ Calidad de mercado

- *C_{IV} Criterios de productividad*

- ✓ C₁₀ Tasa de producción

La tasa de producción, constituye un factor fundamental a la hora de llevar a cabo la selección de los equipos ya que es a través de ella que se puede obtener información clara y concisa acerca de la capacidad actual y la capacidad necesaria en la empresa si ese fuese el caso [10].

- ✓ *Criterios relacionados con el tipo de producción*

Los sistemas pueden operar en ciclos separados o por carga, en donde la carga y descarga se hacen de forma manual, o también puede ser operada en ciclos continuos. Se han hecho estudios que evidencian que los ciclos continuos presentan un mayor índice de productividad al compararlos con las máquinas de ciclos por carga. [7]. Esto nos permite utilizar estos criterios para la evaluación de alternativas en el presente análisis y de acuerdo a la siguiente clasificación:

- ❖ C₁₁ Proceso por carga (Batch)
- ❖ C₁₂ Proceso continuo

- *C₁₃ Criterios relacionados con el equipo (mantenimiento)*

Según algunos autores [11] el mantenimiento constituye una pieza fundamental a la hora de llevar a cabo la selección de equipos pues a través de él se pueden prevenir o solventar los diversos problemas que se vayan suscitando en el proceso de manufactura. Se debe considerar dos tipos de mantenimiento: el predictivo en el cual se realizan paradas

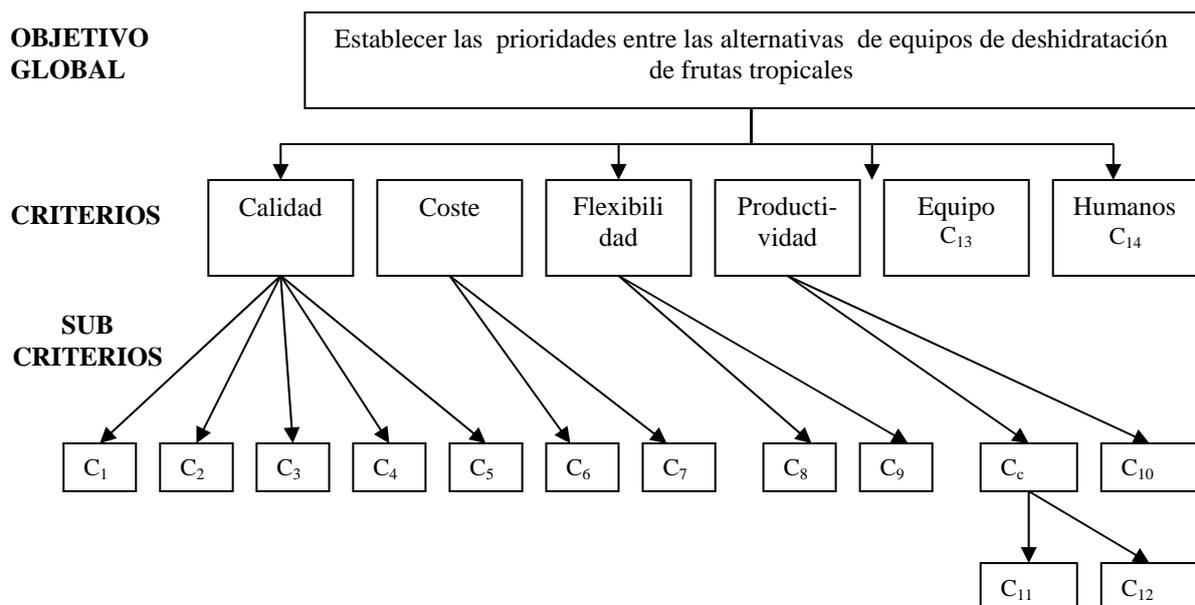
programadas antes de que los equipos fallen y el correctivo que se aplica cuando la falla ocurre .

- C_{14} Criterios humanos (Número de operarios)

Algunos autores afirman [7] que el número de operarios depende de la forma en que el equipo se opere por carga o continuo. El adiestramiento de los operarios, depende de sí el proceso es manual, en cuyo caso se requiere que haya precisión en el trabajo del operario, pero si por el contrario es automatizado se requiere que el personal esté pendiente de la supervisión. Generalmente se busca personal altamente innovador y que busque siempre mayores beneficios para la empresa, es decir, aprovechar al máximo los recursos.

2.5 Estructuración del problema de decisión como un modelo jerárquico

Se consideraron tres niveles jerárquicos. El vértice de la jerarquía está ocupado por el objetivo global del trabajo que es la *Ordenación de las Alternativas*. Los siguientes dos niveles están constituidos por los criterios, el tercer nivel son las alternativas. La Figura 1 muestra la estructura jerárquica del problema planteado.



Donde:

C_1 : Control de temperatura	C_2 : Humedad del producto final	C_3 : Cohesividad
C_4 : Fragilidad	C_5 : Valor del producto terminado	C_6 : Inversión
C_7 : Operación	C_8 : Conformidad con especificaciones	
C_9 : Calidad de mercado	C_{10} : Tasa de producción	C_{11} : Proceso por carga
C_{12} : Proceso continuo	C_{13} : Equipo	C_{14} : Humanos

ALTERNATIVAS

A_1 : Secador de Cabina A_2 : Secador de túnel A_3 : Secador de cinta transportadora
 A_4 : Secador de lecho fluidizado A_5 : Liofilizador

Figura 1. Modelo de jerarquización planteado
 Fuente: elaboración propia

3. Resultados

3.1 Ponderación de criterios

En la Figura 2 se muestra el resultado del cálculo de los valores correspondientes al peso relativo de cada uno de los criterios para el combinado de los 6 expertos. El criterio más importante para los expertos es "conformidad con especificaciones" (0.225). Este criterio se refiere a la capacidad del equipo de adaptarse a las necesidades del mercado y la diversidad de productos que reflejan un sistema flexible de manufactura. Este resultado era en cierta forma predecible ya que este criterio engloba varios de los otros criterios relacionados con las condiciones de operación de los equipos. Por ejemplo un equipo con buen control de temperatura será capaz de entregar un producto terminado más uniforme, con menos variaciones de color y textura, una presencia estética excelente, etc, todos estos parámetros que son precondición para un producto de calidad.

En segundo lugar podemos apreciar que la "inversión" (0.102) es un criterio importante para los expertos lo cual suponemos es natural y lógico en una operación comercial y en la cual los decisores deben incluir el elemento financiero como criterio primordial de escogencia.

Otros criterios importantes, en opinión de los expertos, son la "humedad" (0,087) y el control de la temperatura (0,075), parámetros relacionados con la calidad del producto y el control del proceso.

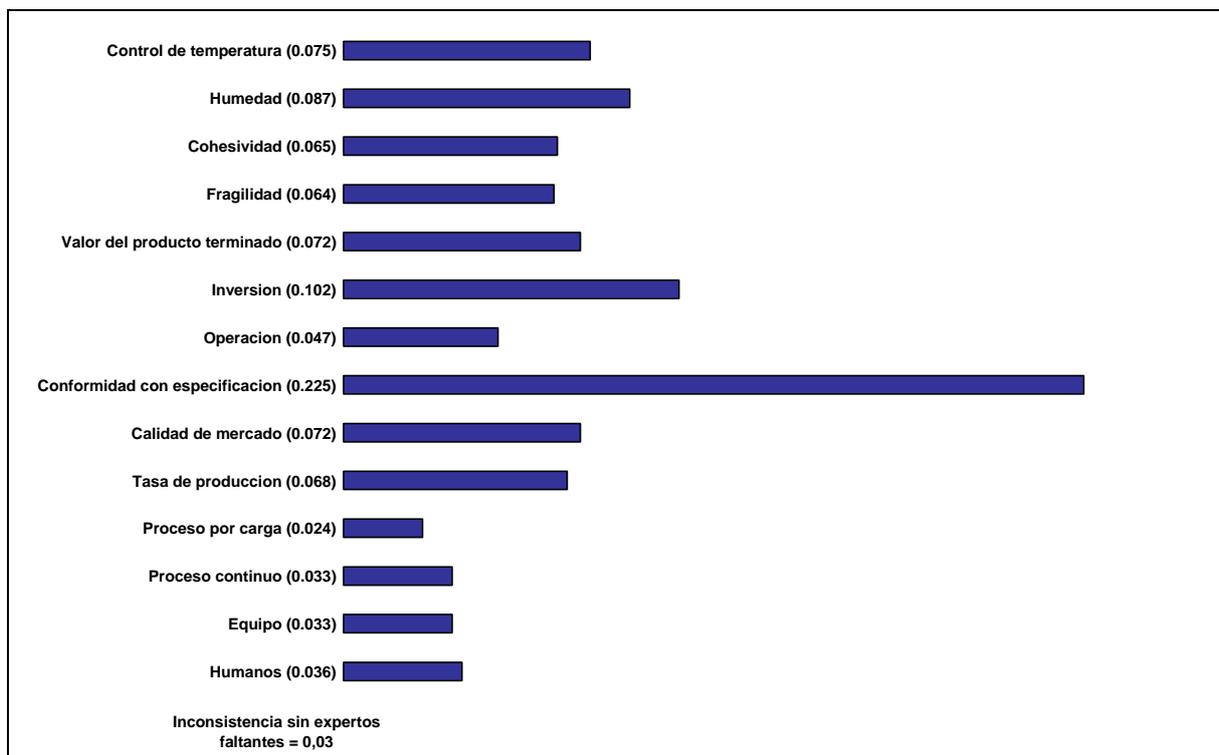


Figura 2. Peso relativo de cada uno de los criterios para el combinado de los 6 expertos
Fuente: EC 2000

Los criterios relacionados con la “mano de obra” (0,033), mantenimiento (0,033) y proceso por carga (0,024) y proceso continuo (0,033), fueron los que recibieron menor puntuación como criterios de selección. Esto apuntaría al hecho de que la mayoría de los gerentes de manufactura no consideran que el factor humano es significativamente distinto al seleccionar diferentes tipos de equipos. Probablemente los costes de operación en lo que se refiere a mano de obra son bastante similares y por ende no se consideran de mucho peso en el proceso de toma de decisión.

3.2 Resolución analítica. Índice de ordenación de las alternativas

La jerarquía de las alternativas según se observa en la Figura 3, muestra que los equipos de secado por congelación (liofilización) son los preferidos por todos los expertos que evaluaron las alternativas obteniéndose un puntaje global de 0.251 para el valor combinado de todos los expertos con una inconsistencia de 0.02. Esto es consistente con el alto peso relativo que los expertos otorgaron al criterio de “conformidad con las especificaciones” debido a que en la industria es bien conocido que la calidad del producto que se obtiene con los criodesecadores es muy superior que la de todos los demás deshidratadores sea cual fuere su diseño. La liofilización como proceso de deshidratación es más costosa pero se obtiene una calidad de producto muy superior. Esto también confirma lo expresado por los jueces en que las condiciones de operación de los equipos no son criterios tan relevantes a la hora de seleccionar como lo es la calidad. Es decir la calidad del producto ocupa el interés y la prioridad más alta en el proceso de selección de alternativas.

En el segundo lugar de preferencia aparecen los secadores de “cabina” (0,215) y el de “túnel” (0,207) patrón que se repite muy coherentemente con todos los expertos. La razón por la cual estos dos tipos de secadores obtienen una prioridad similar es debido a que en esencia ambos son secadores de bandeja con características de operación bastante similares y criterios de calidad muy parecidos. La calidad y las condiciones de secado que se obtienen en este tipo de secadores son prácticamente las mismas. En último lugar de preferencia los expertos ubicaron a los secadores de “lecho fluidizado” (0,167) y de “cinta” (0,160) existiendo pequeñas diferencias entre ellos. No está muy clara la razón de la poca preferencia hacia estos tipos de secadores en último lugar pero podría ser que no se prestan con facilidad para el secado de frutas y vegetales, también pudiéramos atribuirlos a falta de experiencia con estos tipos de equipo.

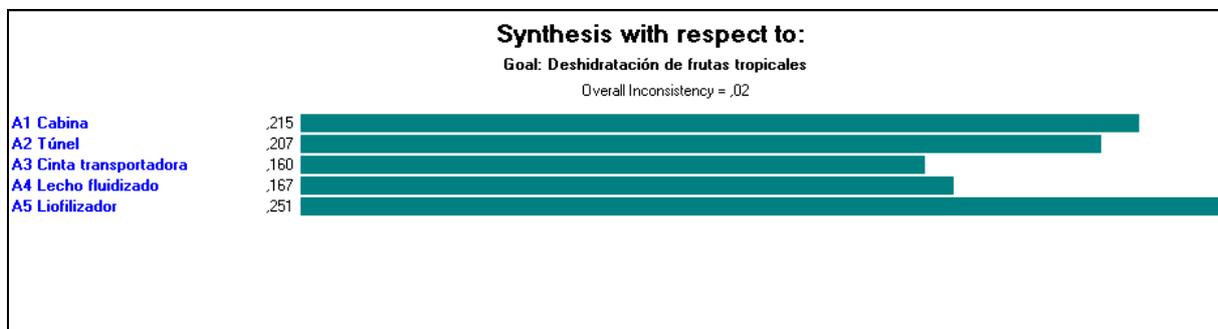


Figura 3. Jerarquía de preferencia de alternativas para la selección de un secador de frutas y vegetales

Fuente: elaboración propia

En el caso particular del secador de lecho fluidizado y sabiendo que en este el producto está en constante movimiento, podemos intuir que los expertos no lo consideran apto debido a la fragilidad y la cohesividad de las frutas lo cual dificulta la operación de este equipo. Igualmente se podría argumentar que los secadores de cinta pudieran tener una tendencia a elaborar productos de menor calidad en vista de que el área de secado de estos equipos es alargada pudiendo ocupar varios metros de longitud y posiblemente las condiciones de secado no se pueden controlar tan eficientemente como en los otros equipos.

Una última observación acerca del hecho de que los secadores de cabina recibieron el máximo puntaje después del liofilizador, se refiere al hecho de que a los expertos no se les informó sobre la variedad específica de productos que se iban a deshidratar, y por lo tanto estos asumieron que la elección debe estar basada en la máxima flexibilidad y el manejo de una gran variedad de formas y tipos de frutas y vegetales a secar, para lo cual los secadores de cabina son los más apropiados.

3.3 Análisis de sensibilidad

El objetivo del análisis fue simular la variación gradual de los pesos de cada uno de los criterios con el fin de determinar “que pasa” (what if) y estudiar de esta forma el comportamiento en el orden de preferencia de las diferentes alternativas. En primer lugar se realizó una simulación variando en un 10% hacia arriba y hacia abajo secuencialmente cada uno de los criterios, obteniéndose como resultado que no existía variación en la ordenación de las alternativas en este análisis. Esto demuestra que la sensibilidad es baja al peso de los criterios y por ende los criterios seleccionados son adecuados para esta evaluación [9]. En la Figura 4 se muestra el orden de preferencia según los pesos relativos calculados originalmente para los diferentes criterios.

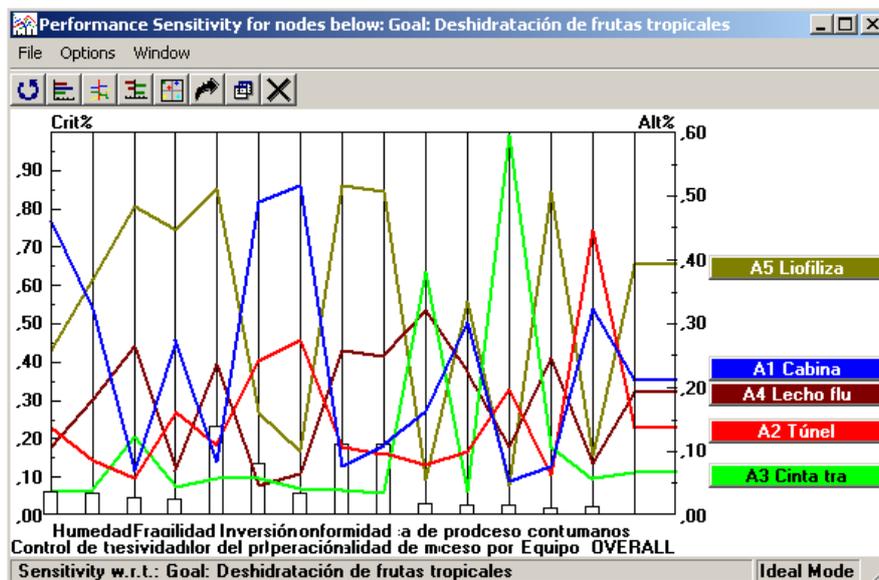


Figura 4. Análisis de sensibilidad de las alternativas.
Fuente: EC 2000

Adicionalmente se realizó un análisis de sensibilidad con la finalidad de presentar escenarios alternos que reflejen puntos de vista diferentes sobre la importancia relativa de

los criterios, por ejemplo al disminuir el criterio “conformidad con las especificaciones” en un 25% se modifica el ordenamiento de las alternativas pasando el secador de cabina a primer lugar, seguido del liofilizador, túnel, cinta transportadora y lecho fluidizado. En términos tecnológicos esto indica que el secador de cabina es el que se adapta mejor a las necesidades del proyecto siempre que no se esté exigiendo un producto de muy alta calidad

El otro caso que se consideró fue el del aumento del criterio “inversión” en un 25%. En este caso el ordenamiento fue igual al caso anterior reflejando la opinión de los expertos en que los equipos de cabina son más económicos y pasan a tener la mayor preferencia cuando la inversión juega un papel relevante.

4. Conclusiones y trabajos futuros

El presente estudio demuestra que el AHP es una técnica analítica apropiada y sencilla que facilita a los ejecutivos en el área de manufactura y en general en la gerencia de la empresa la selección de equipos de proceso en la industria de los alimentos. De las cinco categorías de equipos que se postularon, el liofilizador presentó una abrumadora preferencia por parte de todos los jueces y con un alto nivel de consistencia. Esto refleja que en base a los 14 criterios seleccionados este equipo cumple con las expectativas en forma global y presenta la opción más adecuada para la deshidratación de frutas y vegetales. El análisis de sensibilidad revela así mismo que esta alternativa es favorable en un amplio rango de variación de los pesos relativos de los diversos criterios, con la excepción del criterio de “inversión” y el criterio de “conformidad con las especificaciones”. La interpretación global de este comportamiento podría ayudarnos a formular una hipótesis que indica que existe una correlación directa entre coste de equipos y calidad, es decir invertir en equipos más costosos y sofisticados redundaría en una mejor calidad de producto.

En referencia a la ponderación de los criterios, se aprecia una mayor importancia a las variables relacionadas con calidad de manufactura y control de proceso, estos son criterios manejados en forma experta por personas del área de proceso, así como el criterio de inversión que refleja la importancia de este parámetro en un país como Venezuela donde los recursos son limitados. También se podría argumentar, que la baja incidencia en la importancia asignada al mantenimiento y las necesidades de personal reflejan la poca importancia que se le asignan a estos factores por los bajos costes salariales.

Sí bien la técnica del AHP en este caso fue utilizada como una herramienta de Ingeniería de Proyectos, para el montaje de una supuesta nueva planta, podemos inferir que también sería de gran utilidad en la evaluación de equipos existentes para la toma de decisiones de remodelación o reemplazo en los casos de obsolescencia de ciertos equipos de procesos.

Referencias

- [1]] Zacarías, L.A. Desarrollo de una línea de producción de frutas deshidratadas. Trabajo de grado. Ingeniería Química. Universidad Metropolitana. Caracas. 2007.
- [2] Haitman M.S.L. and Baker C.G.J., “Web – based expert system for food dryer Selection”. *Computers & Chemical Engineering*, Vol 27, 2003, pp 997-1009.
- [3] Partovi F.Y., “An analytical model of process choice in the chemical industry” *Production Economics*, Vol 105, 2007, pp 213-227.

- [4] Barba-Romero S. y Pomerol J.C., *“Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica”*. Colección de Economía, Universidad de Alcalá, 1997
- [5] Lababidi M.S. and Baker G.J. “ Web-based expert for food dryer selection”. *Computers & Chemical Engineering*. Vol.27, 2003, pp 997-1009.
- [6] Heldman B.R. and Hartel R.W., *Principles of Food Processing*. Chapman & Hall.N.Y, 1997.
- [7] Bevilacqua M., D’Amore A. and Polonara, F., “ A multi-criteria decision approach to choosing the optimal blanching-freezing system” *Journal of Food Engineering*, Vol. 63, 2004, pp. 253- 263.
- [8] Gölec A. and Taskin H., 2007. “Novel methodologies and a comparative study for Manufacturing systems performance evaluations”. *Information Sciences*, Vol. 177, 2007 pp. 5253-5274.
- [9] Chang W.C., Wu C.R., Lin, C.T., and Chen, H.C. , “An application of AHP and sensitivity analysis for selecting the best slicing machine”. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 52, 2007, pp. 296-307.
- [10] Chase A. y Aquilano N., “Dirección y administración de la producción y de las Operaciones”, Mc Graw-Hill. España, 1997.
- [11] Wang L., Chu, J, and Wu, J., “Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process”. *Production Economics*, Vol. 107, 2007, pp.151-163.

Correspondencia

Alicia Harrar de Dienes

Universidad Metropolitana, Decanato de Ingeniería, Departamento de Energética, Edificio Corimón, Primer piso, Autopista Petare-Guarenas, Distribuidor Universidad, Terrazas del Ávila. Caracas 1070, Venezuela. Telf. Ofic. 58 -212-2403555, Telf. Móvil 58-424-1067776

Correo electrónico: adienes@unimet.edu.ve

Gerardo Martínez

Universidad Metropolitana, Decanato de Ingeniería, Departamento de Energética, Edificio Corimón, Primer piso, Autopista Petare-Guarenas, Distribuidor Universidad, Terrazas del Ávila. Caracas 1070, Venezuela. Telf. Ofic. 58 -212-2403555, Telf. Móvil 58-414-3669278

Correo electrónico: grnd20@hotmail.com