



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**“ELABORACIÓN DE UN GUIÓN Y UN VIDEO  
DE UN ESTUDIO DE LA OPERACIÓN  
UNITARIA DE SECADO EN POLVOS.”**

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

**P R E S E N T A N:**  
KARINA MORA FLORES  
JHONATAN JOSEC MARTINEZ JAIMES

**DIRECTOR DE TESIS: M. EN DIIE FRANCISCA ROBLES LÓPEZ**

**ASESOR DE TESIS: DRA. LETICIA CRUZ ANTONIO**



**México D.F. Junio, 2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **ESTE TRABAJO LO DEDICO.**

### **A DIOS.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A MI FAMILIA.**

A mi mama Estela por darme la vida, creer en mí, porque siempre me apoyaste, por tus consejos, y por la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por tu amor. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A mi hermana Elizabeth, por los ejemplos de perseverancia y constancia que te caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, por todo el apoyo y por su amor.

A mi hermana Jessica, por estar conmigo en todo momento, apoyarme siempre y por su amor.

A mi papá Joel por creer en mí, apoyarme y por su amor.

### **A MI NOVIO JHONATAN.**

Muchas gracias por estos cinco años en los cuales hemos compartido tantas cosas, esto es un logro que construimos los dos con esfuerzo y dedicación. Solo quiero darte las gracias por todo el apoyo que me has brindado, gracias por estar conmigo y por quererme tanto, recuerda que eres muy importante para mí. Te amo.

### **A MIS AMIGOS ALEXANDRE, ISAAC, SARA Y MIRIAM.**

Gracias por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices, gracias por ser mis amigos, por su apoyo y recuerden que siempre los llevare en mi corazón.

### **A MI DIRECTORA Y ASESORA.**

La M. Francisca Robles y la Dra. Leticia Cruz gracias por todos sus conocimientos, paciencia y motivación que me brindaron, fue fundamental para realizar este proyecto.

*Karina Mora Flores*

## **ESTE TRABAJO LO DEDICO.**

### **A MI FAMILIA:**

A mi madre la Sra. Ma. Úrsula Jaimes Alvarado, por tu compañía en aquellas mañanas de escuela, por saber escucharme y acompañarme en todo momento. Tus consejos, tu enseñanza y tus propios sueños me han hecho realizar una de mis metas más grandes. Gracias por no dejarme solo nunca y por ser mi mejor amiga.

A mi padre, el Sr. Felipe Martínez Tovar, por tu apoyo, tu gran ejemplo y entereza. Eres el reflejo de lo que puedo lograr trabajando. Sabes que detrás de todos mis triunfos siempre has estado tú. Gracias por ser como eres.

A mi hermana, Daisy Martínez Jaimes, gracias por tu cariño, consejos y compañía. Porque sabes que también eres parte de este objetivo realizado. Gracias por todo.

### **A TI:**

A Karina Mora Flores, gracias por darme la oportunidad de conocerte, compartir tu vida con migo durante más de cinco años y por conseguir juntos un logro más. Bien sabes que sin ti nada sería igual. Especialmente por estar en el momento y en el tiempo exacto cuando más te necesitaba. Gracias por tu comprensión, tu amor y tu gran apoyo. Sé que éste es uno de los muchos éxitos que nos aguarda el destino, y que mejor manera que compartirlos contigo.

### **A MIS ASESORES:**

A la Mta. Francisca Robles y la Dra. Leticia Cruz por brindarnos la oportunidad de desarrollar este proyecto bajo sus asesorías. Gracias por compartir sus conocimientos, sus consejos, su tiempo y tolerancia; gracias a ustedes, hoy estamos aquí.

### **A MIS AMIGOS:**

A Alexandre Duarte, Carlos García, Sara González, Israel Liceaga, Miriam Flores, Isaac Caballero, Enrique González y Rogelio Pérez Jaimes, por brindarme su amistad, su compañía y sus valiosos consejos en los buenos y malos tiempos, por todos los momentos vividos que nos han dejado grandes experiencias y meritorias razones para seguir adelante. Gracias.

*Jhonatan Josec Martínez Jaimes*

## **AGRADECIMIENTOS.**

Primeramente agradecemos a Dios por permitirnos llegar a esta etapa de nuestras vidas y las bendiciones que nos ha puesto en la vida, como lo son unos padres maravillosos, con los cuales hemos podido contar incondicionalmente y por permitirnos la fortuna de tener familia.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM por brindarnos un segundo hogar, una gran educación para desempeñarnos con excelentes actitudes en el área laboral.

A nuestros padres gracias por todo el apoyo que nos brindaron, en momentos tan difíciles, por hacernos crecer en un ambiente de cariño y apoyo, por enseñarnos a ser personas responsables, queremos que sepan que siempre estarán orgullosos de nosotros y de verdad que sin ustedes esto no sería posible.

También tenemos que agradecer a grandes personas que, sin su apoyo incondicional esta meta que estamos consiguiendo, no lo hubiésemos logrado y que para nosotros ha significado un gran apoyo de enseñanza gracias José Rogelio Pérez Jaimes y Jesús García.

A nuestros asesores la M. Francisca Robles y Dra. Leticia Cruz Antonio por todo el apoyo para la realización de esta Tesis, por todas sus revisiones y por hacer de este un gran proyecto. Muchas Gracias.

A nuestros profesores y sinodales que nos enseñaron lo mejor posible, para ser excelentes, tanto en el ámbito profesional, como en el personal.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Apéndice 1. Abreviaturas .....	IV
Apéndice 2. Fotografías. ....	V
Apéndice 3. Figuras.....	VI
Apéndice 4. Gráficas. ....	VI
Apéndice 5. Fórmulas.....	VII
Apéndice 6. Tablas. ....	VII
<b>I. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>III. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....</b>	<b>4</b>
A. MATERIAL DIDÁCTICO. ....	4
1. <i>Clasificación de material didáctico.</i> .....	4
a. El impreso.....	5
b. El concreto.....	5
c. El informático.....	5
2. <i>Guión.</i> .....	6
3. <i>Video.</i> .....	7
B. IMPORTANCIA DEL SECADO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA. ....	9
C. OPERACIONES UNITARIAS. ....	9
1. <i>Definición de Operación Unitaria.</i> .....	9
2. <i>Clasificación de las Operaciones Unitarias.</i> .....	11
a. Transmisión de materia. ....	12
b. Transporte de cantidad de movimiento. ....	13
c. Transmisión de calor.....	15
d. Transmisión simultánea de materia y calor.....	15

	Pág.
D. EL SECADO DE SÓLIDOS. ....	16
1. <i>Definición de Secado</i> .....	16
2. <i>Fundamento de Secado</i> .....	17
3. <i>Mecanismos de Secado</i> .....	17
a. <i>Convección</i> .....	18
b. <i>Conducción</i> .....	19
c. <i>Radiación</i> .....	20
4. <i>Contenido de humedad de los sólidos</i> .....	21
a. <i>En base húmeda o Pérdida por Secado</i> .....	21
b. <i>En base seca</i> .....	22
c. <i>Humedad en el equilibrio</i> . ....	23
d. <i>Humedad ligada</i> .....	23
e. <i>Humedad no ligada</i> .....	23
f. <i>Humedad libre</i> .....	23
5. <i>Curvas de Secado</i> .....	23
a. <i>Contenido de humedad a través del tiempo</i> . ....	24
b. <i>Velocidad de Secado a través del contenido de humedad</i> .....	28
6. <i>Variables que intervienen en el proceso de Secado</i> .....	29
7. <i>Proceso de Secado</i> .....	31
8. <i>Clasificación de Secadores</i> . ....	32
a. <i>Método de Operación</i> . ....	32
b. <i>Escala de producción</i> . ....	35
c. <i>Tipo de transferencia de calor</i> .....	36
E. EQUIPOS DE SECADO.....	36
1. <i>Transferencia de calor por Conducción</i> .....	36

	Pág.
a. Estufa al vacío.....	36
2. <i>Transferencia de calor por convección</i> .....	38
a. Secador de charolas.....	38
b. Lecho Fluidizado.....	40
3. <i>Radiación</i> .....	43
a. Secador por microondas.....	43
b. Secador por radiación infrarroja.....	45
F. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE SECADO.....	46
G. APLICACIONES DEL PROCESO DE SECADO.....	47
<b>IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>48</b>
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	<b>49</b>
B. GENERAL.....	49
C. PARTICULARES.....	49
<b>VI. HIPÓTESIS</b> .....	<b>50</b>
<b>VII. METODOLOGÍA</b> .....	<b>51</b>
D. MATERIAL Y EQUIPO.....	51
E. PROCEDIMIENTO.....	52
<b>VIII. RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>
A. Guión para el programa didáctico audiovisual.....	56
B. Video.....	73
<b>IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>75</b>
<b>X. CONCLUSIONES</b> .....	<b>79</b>
<b>XI. REFERENCIAS</b> .....	<b>80</b>



## Apéndice 1. Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
Pág.	Página.
QFB	Químico Farmacéutico Biólogo.
FES	Facultad de Estudios Superiores.
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.
TF	Tecnología Farmacéutica.
TIC	Tecnología de Información y Comunicación.
DVD	Disco Versátil Digital.
M.I.T	Masachussets Institute of Technology.
CH	Contenido de Humedad.
W	Peso.
T	Tiempo.
S	Segundo.
Kg	Kilogramo.
BPF	Buenas Prácticas de Fabricación.
MHz	Megahercio.
FEUM	Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos.

## Apéndice 2. Fotografías.

<b>N° de Fotografía</b>	<b>Nombre</b>	<b>Pág.</b>
1	Ejemplos de Operaciones Unitarias.	10
2	Destilación simple.	12
3	Mezclador de corazas gemelas.	13
4	Molino de cuchillas.	14
5	Rotap.	14
6	Secado en estufa de vacío.	15
7	Proceso de convección.	18
8	Proceso de conducción.	19
9	Proceso de radiación.	21
10	Termobalanza.	30
11	Características del espesor del lecho a secar.	31
12	Secador de lecho fijo.	33
13	Secador de lecho fluidizado.	33
14	Estufa al vacío.	37
15	Secador de charolas.	39
16	Secador de lecho fluidizado.	40
17	Secador por microondas.	44
18	Secador por radiación infrarroja.	45

### **Apéndice 3. Figuras.**

<b>N° de Figura</b>	<b>Nombre</b>	<b>Pág.</b>
1	La génesis del medio audiovisual.	7
2	Operaciones Unitarias.	9
3	Mecanismos de Secado.	18
4	Sólido con exceso de agua.	25
5	Agua contenida en el interior del sólido.	26
6	Sólido con menor cantidad de agua.	26
7	Sólido con nula cantidad de agua.	27
8	Clasificación de secadores con base a su método de operación.	34
9	Clasificación de secadores por su escala de producción.	35
10	Clasificación de secadores por su tipo de transferencia de calor.	36
11	Secador de charolas.	38
12	Secador de lecho fluidizado.	41

### **Apéndice 4. Gráficas.**

<b>N° de Gráfica</b>	<b>Nombre</b>	<b>Pág.</b>
1	Contenido de humedad vs tiempo.	24
2	Periodo de velocidad de Secado de A a B.	25
3	Periodo de velocidad de Secado constante de B a C.	25
4	Periodo de velocidad de Secado decreciente de C a D.	26
5	Periodo de Secado total de D a E.	27
6	Velocidad de Secado vs Contenido de humedad.	28
7	Evaluación diagnóstica de Operaciones Unitarias.	48

## Apéndice 5. Fórmulas.

<b>N° de Formula</b>	<b>Nombre</b>	<b>Pág.</b>
1	Porcentaje de contenido de humedad en base húmeda.	22
2	Porcentaje de contenido de humedad en base seca.	22

## Apéndice 6. Tablas.

<b>N° de Tabla</b>	<b>Nombre</b>	<b>Pág.</b>
1	Ventajas y desventajas de la estufa al vacío.	38
2	Ventajas y desventajas del secador de charolas.	39
3	Ventajas del secador de lecho fluidizado.	42
4	Desventajas del secador de lecho fluidizado.	42
5	Ventajas del secador por microondas.	44
6	Desventajas del secador por microondas.	45
7	Desventajas del secador por radiación infrarrojo.	46

## I. RESUMEN.

La carrera de Química Farmacéutico Biológica (Q.F.B.) en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), surge con planes de estudio modulares multi e interdisciplinarios, con un carácter innovador al diseñarse como una carrera predominantemente práctica resaltando la importancia de la formación de profesionistas en escenarios reales, en donde se considera la parte educativa de “APRENDER HACIENDO”. La carrera en su área Farmacéutica cuenta desde 1976 con una Planta Piloto Farmacéutica en operación, denominada actualmente Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza, como uno de sus escenarios reales, donde los estudiantes desarrollan en cada una de sus actividades experimentales, una visión real de las tareas de fabricación y control de medicamentos. Como un apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje de la forma correcta de llevar a cabo el proceso de Secado, en este trabajo se presenta un material didáctico audiovisual (video) que permite al estudiante una rápida y simple visión de la aplicación de los conceptos teóricos de la operación unitaria de secado en un escenario real, favoreciendo su rápida incorporación a la práctica profesional en el área de la fabricación y control de medicamentos.

El presente trabajo tiene por objetivo presentar el proceso de la Operación Unitaria de Secado, seguido en la elaboración de un guión constituido para el video didáctico, que aborda los “Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica”. Dicho material didáctico innovador, se utilizará como soporte al tema en los módulos de Tecnología Farmacéutica (TF), impartida por los profesores de la carrera de QFB. Los objetivos fundamentales de dicho video han sido despertar el mayor interés posible y favorecer la asimilación de conceptos básicos en el alumnado de dicho módulo, haciendo hincapié en la clasificación de los equipos de Secado por su mecanismo de transferencia de calor y su importancia en la Industria Farmacéutica la cual es perder humedad para proporcionar mejor fluidez, disminuyendo el volumen de algunos polvos y poder reducir costos.

## II. INTRODUCCIÓN.

La FES Zaragoza cuenta con una planta piloto que tiene una serie de equipos donde se aplican diferentes Operaciones Unitarias para la fabricación de medicamentos, los cuales están diseñados para enseñar al alumno en escenarios reales.

Una de las Operaciones Unitarias de gran demanda en la Industria Farmacéutica es el Secado, ya que gran variedad de productos la necesitan en su proceso de fabricación, como es el caso de los medicamentos sólidos, por ejemplo: tabletas, cápsulas, polvos o granulados.

Habitualmente el Secado es la última etapa del proceso antes del envasado, siendo importante que la humedad sea suficientemente baja como para prevenir el deterioro del producto durante el almacenamiento, garantizando unas propiedades de deslizamiento libre durante su uso, disminuyendo el volumen de algunos polvos para poder reducir costos y evitar reprocesos, considerando que una humedad adecuada favorece la fabricación.

Es igualmente importante, después del procedimiento habitual de granulación por vía húmeda durante la preparación de los gránulos antes de la compactación del comprimido. En consecuencia, la estabilidad, las propiedades de deslizamiento y la compactibilidad dependen de la humedad.

Este trabajo describe el contenido de un material didáctico audiovisual (video) que apoya el proceso enseñanza-aprendizaje de los “Aspectos generales de la

Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica” con el propósito de fortalecer el concepto que les será útil de sexto a noveno semestre de la carrera de Q.F.B. en las asignaturas de Tecnología Farmacéutica.

Los objetivos del presente trabajo se han centrado en dar a conocer los principios y metodología seguida en el diseño y elaboración de un guión que recoge los aspectos fundamentales sobre la Operación Unitaria de Secado. Dicho material didáctico, en cuya elaboración han participado los propios alumnos con el objeto de despertar el mayor interés posible y favorecer la asimilación de conceptos básicos y por lo tanto el video como un medio audiovisual, es un elemento poderoso de las nuevas tecnologías en la enseñanza.

### III. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

#### A. MATERIAL DIDÁCTICO.

Partimos de la definición de material didáctico para comprender el concepto de acuerdo al autor Parcerisa A, 2006.

“Son aquellos artefactos, que al utilizar diferentes formas de representación (simbólica, objetos) ayudan a la construcción de conocimientos específicos, dentro de una estrategia de enseñanza más amplia (Adaptado de San Martín, 1991).”

“Genéricamente se puede definir como cualquier medio o ayuda que facilite los procesos de enseñanza-aprendizaje, y por lo tanto, el acceso a la información, la adquisición de habilidades, destrezas y estrategias, y la formación de actitudes y valores.”<sup>1</sup>

El Material Didáctico debe reunir elementos que concurren al acto de instruir o enseñar.<sup>1</sup> Una manera de estudiar y comprender el material didáctico es conociendo su clasificación, el concepto de guión y de video, a continuación describimos cada uno de estos.

#### 1. Clasificación de material didáctico.

La necesidad de los materiales didácticos viene dada por su carácter instrumental para realizar la tarea educativa. Su función es mediatizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.<sup>1</sup>



Ofrecen al alumno un verdadero conjunto de sensaciones visuales, auditivas y táctiles que facilitan el aprendizaje. Gracias a su buen diseño y apropiada intervención, se fortalece la comprensión del cuerpo de contenidos a tratar, se estimula el interés y la actividad del aprendiz, y dan un impulso significativo al aprendizaje. Una clasificación de material didáctico, según su tipo, incluye: el impreso, el concreto y el informático.<sup>1</sup>

a. El impreso.

Es el material escrito, ya sea que se construya a mano alzada o recurriendo a una computadora, que posteriormente se multicopie para ser entregado a los estudiantes; su soporte fundamental es el papel, y su uso es, tal vez, uno de los más recurrentes en el contexto escolar.<sup>1</sup>

b. El concreto.

Es el construido con una diversidad de materiales, tales como madera, plástico, cartón, género, entre otros. Recoge la idea de manipulable, los alumnos y alumnas, los usan como recursos que pueden desplazar, mover, girar, articular, entre otras acciones que facilitan la internalización de contenidos.<sup>1</sup>

c. El informático.

Es un material construido con soporte tecnológico, cuyo diseño implica insertar las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para llevar adelante los procesos cognitivos de los estudiantes. Son productos que requieren la

conurrencia de las aplicaciones y recursos computacionales, con la intención de lograr aprendizajes significativos y la construcción de conocimientos.<sup>1</sup>

#### 2. Guión.

Es un escrito de una obra audiovisual, que contiene las indicaciones de todo aquello que la obra dramática requiere para su puesta en escena. Abarca tanto los aspectos literarios (guión cinematográfico, elaborado por el guionista) (los parlamentos) como los técnicos (guión técnico, elaborado por el director) (las acotaciones, escenografía, iluminación, sonido).<sup>2</sup>

El proceso de creación del guión da comienzo una vez que se han establecido los objetivos concretos de la producción. Es fundamental en esta fase conocer a quién va dirigido el programa. Es decir, cuál y cómo es el objetivo al que se desea llegar: edad, perfil demográfico, nivel de conocimientos. Cualquier dato añadido que pueda ampliar la información sobre el receptor será fundamental para el desarrollo del guión: grado de conocimiento del tema tratado, materiales complementarios disponibles, condiciones de visionado (no "atiende" igual un espectador que ve la televisión relajadamente en casa que un grupo de alumnos cautivos en un aula, visionando un material de complemento a sus lecciones).<sup>3</sup>

Por último, una vez conocida la idea y los objetivos, conviene hacer un último planteamiento: ¿es el audiovisual el medio idóneo para servir de soporte a esa idea? Responder a esta cuestión a tiempo puede ahorrar muchos pasos en falso.<sup>3</sup>

3. Video.

Es la tecnología de la captación, grabación, procesamiento, almacenamiento, transmisión y reconstrucción por medios electrónicos o analógicos de una secuencia de imágenes que representan escenas en movimiento. <sup>2</sup>

Etimológicamente la palabra *video* proviene del verbo latino *videre*, y significa "yo veo". <sup>4</sup>

En este sentido, un planteamiento actualizado del diseño de la enseñanza no puede omitir a los medios tecnológicos, en tanto que éstos son cada vez más una parte integrante de nuestra experiencia y un marcador de la realidad que todos aprendemos. Entre estos medios tecnológicos, el video o el DVD, que surge a través de la secuencia cronológica que se muestra en la figura 1, como uno más de los medios audiovisuales, puede entenderse como un elemento poderoso de las nuevas tecnologías en la enseñanza. <sup>5</sup>

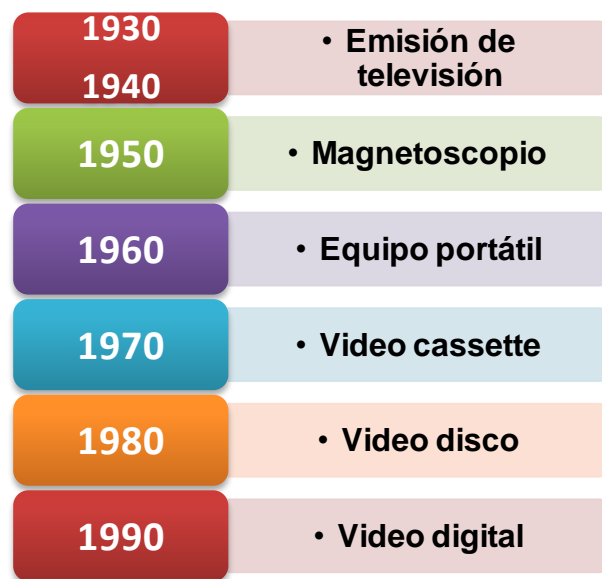


Figura 1. La génesis del medio audiovisual. <sup>4</sup>

Las diferentes formas de utilizar un video en contextos de enseñanza-aprendizaje son: como instrumento motivador, transmisor de información, instrumento de conocimiento, medio para la formación de actitudes en el alumno, medio para la formación y el perfeccionamiento del profesorado en aspectos y estrategias didácticas y metodológicas y en los contenidos de su área de conocimiento, herramienta de investigación psicodidáctica, evaluador del aprendizaje, y herramienta para la investigación de procesos desarrollados en laboratorios.<sup>5</sup>

De todas estas posibilidades, podemos destacar o resumir tres enfoques fundamentales:

- a) Como instrumento de conocimiento y transmisión de información.
  
- b) Como instrumento motivador, de formación de actitudes en el alumno. El aprendizaje se dará a través de contenidos conceptuales, visuales, de relación, estéticos y sobre todo prácticos y reales, tendientes a la consecución de los objetivos propuestos.
  
- c) Como medio para la formación y perfeccionamiento del profesorado en aspectos y estrategias didácticas y metodológicas en los contenidos de su área de conocimiento.<sup>5</sup>

Enseñar con el vídeo pone a disposición de profesores y pedagogos una aproximación al medio desde diversos puntos de vista (tecnológico, artístico, comunicativo, social y didáctico), destacando sobre todo con su doble dimensión como objeto de estudio y como instrumento para el aprendizaje.<sup>4</sup>

En el subsecuente contenido de este trabajo, se abordará de forma concreta el contenido del video.

## B. IMPORTANCIA DEL SECADO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.

Las razones para realizar el Secado de un material son tan amplias como la variedad de materiales que necesitan o pueden ser secados. Por ejemplo, algunos polvos necesitan perder humedad antes de ser compactados, asunto que es de importancia en la Industria Farmacéutica. El Secado también puede disminuir los costos de transportación, pero debe de hacerse un balance económico entre el costo de secar una parte de la humedad y el del transporte del resto. Es importante evitarse hacerlo en exceso ya que implica el gasto de más energía y en ocasiones, la degradación del producto.<sup>6,7</sup>

## C. OPERACIONES UNITARIAS.

### 1. Definición de Operación Unitaria.

Es una actividad básica que forma parte de un proceso que puede ser químico, físico o biológico.<sup>8</sup>

Cualquier proceso que se pueda diseñar consta de una serie de operaciones físicas y químicas que, en algunos casos son específicas del proceso considerado, pero en otros, son operaciones comunes e iguales para varios procesos. Generalmente un proceso puede descomponerse en la siguiente secuencia, como se muestra en la figura 2.<sup>9</sup>

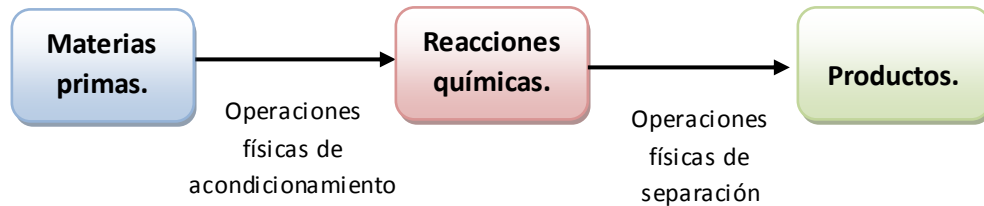
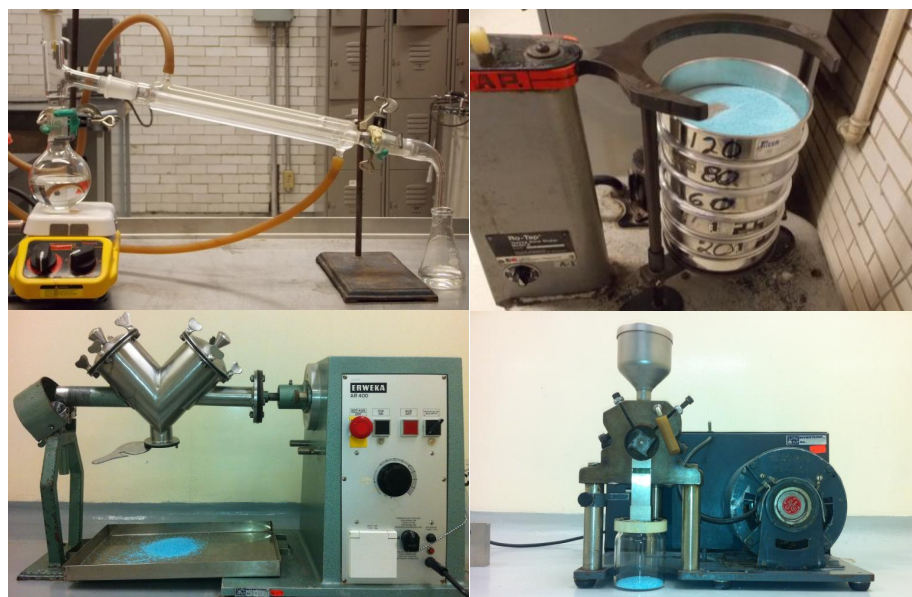


Figura 2. Operaciones Unitarias.<sup>10</sup>

Cada una de estas operaciones es una Operación Unitaria. Este concepto fue introducido en 1915 por el profesor Little, del Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.). La definición dada entonces, fue la siguiente:

“todo proceso químico conducido en cualquier escala puede descomponerse en una serie ordenada de lo que pudieran llamarse Operaciones Unitarias, como Pulverización, Secado, Cristalización, Filtración, Evaporación, Destilación, Mezclado, Granulado, como se observa en la fotografía 1. El número de estas operaciones básicas no es muy grande, y generalmente sólo unas cuantas de entre ellas intervienen en un proceso determinado.” (*Little en 1915*)



Fotografía 1. Ejemplos de Operaciones Unitarias, (obtención propia).

Con esta simplificación se ha reducido la complejidad del estudio de los procesos industriales, pues del conjunto de todos los procesos químicos que pueden imaginarse bastará con estudiar unas cuantas Operaciones Unitarias existentes. Un proceso determinado será, por tanto, la combinación de Operaciones Unitarias.<sup>10</sup>

Las Operaciones Unitarias estudian principalmente la transferencia de masa, movimiento y los cambios de energía, estos a su vez involucran medios físicos pero también fisicoquímicos.<sup>11</sup>

#### 2. Clasificación de las Operaciones Unitarias.

Cada Operación Unitaria tiene como objetivo el modificar las condiciones de una determinada cantidad de materia en forma más útil a nuestros fines. Este cambio puede hacerse principalmente por tres caminos:<sup>10</sup>

- Modificando su masa o composición (separación de fases, mezcla)
- Modificando el nivel o calidad de la energía que posee (enfriamiento, vaporización, aumento de presión)
- Modificando sus condiciones de movimiento (aumentando o disminuyendo su velocidad o su dirección).

Estos tres son los únicos cambios posibles que un cuerpo puede sufrir. De acuerdo con estas ideas, normalmente se clasifican las Operaciones Unitarias en función de la propiedad-materia, energía o cantidad de movimiento que se transfiere en la operación o la que sea más relevante. Debe notarse que en cualquier operación, por lo común se transferirá simultáneamente materia, energía y cantidad de movimiento pues las dos últimas propiedades están asociadas a la materia, por el hecho de existir. No obstante, la operación no vendrá controlada necesariamente por las tres transferencias, sino sólo por una o, a lo máximo, por dos.<sup>10</sup>

Las Operaciones Unitarias se clasifican en 4 tipos, que serán descritos a continuación:

#### a. Transmisión de materia.

Está conformada por seis procesos diferentes que se detallan a continuación.

*Destilación.* Separación de los componentes de una mezcla líquida por medio de la ebullición basada en las diferencias de presión de vapor (Fotografía 2).<sup>11</sup>



Fotografía 2. *Destilación simple, (obtención propia).*

*Absorción.* En este proceso se separa un componente gaseoso de una corriente por tratamiento con un líquido.<sup>11</sup>

*Extracción líquido-líquido.* La extracción es basada en la disolución de uno o varios de los componentes de una mezcla en un disolvente selectivo. En este caso, el soluto de una solución líquida se separa poniéndolo en contacto con otro disolvente líquido que es relativamente inmisible en la solución.<sup>11</sup>

*Adsorción.* En este proceso, un componente de una corriente líquida o gaseosa es retirado y adsorbido por un adsorbente sólido.<sup>11</sup>



*Separación de membrana.* Este proceso implica separar un soluto de un fluido mediante la difusión de este soluto de un líquido o gas, a través de la barrera de una membrana semipermeable, a otro fluido.<sup>11</sup>

*Lixiviación líquido-sólido.* Consiste en el tratamiento de un sólido finamente molido con un líquido que disuelve y extrae un soluto contenido en el sólido.<sup>11</sup>

b. Transporte de cantidad de movimiento.

Está formado por los siguientes procesos.

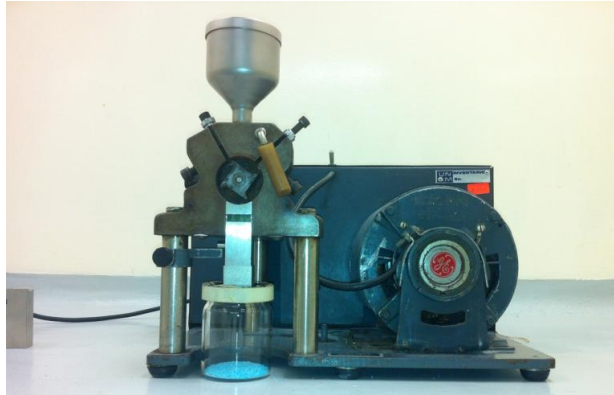
*Mezclado.* Evento que tiende a producir una distribución al azar de partículas diferentes, se presupone un movimiento individual e independiente de las partículas en el Mezclador, que tiene por resultado un estado de máximo desorden de la distribución de cada materia prima (Fotografía 3).<sup>12</sup>



Fotografía 3. Mezclador de corazas gemelas, (obtención propia).

*Flujo de fluidos.* Estudia los principios que determinan el flujo y transporte de cualquier fluido de un punto a otro.<sup>11</sup>

*Trituración y molienda.* Reducen el tamaño de los elementos en que se presenta un sólido. La reducción de tamaño se basa en someter los trozos de material a esfuerzos de compresión, impacto, cortado, cizalladura y fricción (Fotografía 4).<sup>12</sup>



**Fotografía 4.** *Molino de cuchillas, (obtención propia).*

*Tamizado.* Operación Unitaria destinada a la separación por tamaños de las partículas de una mezcla sólida. Se basa en hacer pasar las partículas de menor tamaño a través de una malla de paso definido determinada por un número de malla 12 que indica el número de hilos por pulgada cuadrada. Un ejemplo de este proceso es el equipo marca Rotap que se muestra en la fotografía 5.<sup>12</sup>



**Fotografía 5.** *Rotap, (obtención propia).*

c. Transmisión de calor.

*Evaporación.* Éste es un caso especial de transferencia de calor, que estudia la evaporación de un disolvente volátil (como el agua), de un soluto no volátil como la sal o cualquier otro tipo de material en solución.<sup>11</sup>

d. Transmisión simultánea de materia y calor.

*Humidificación.* Cuando una corriente de aire se pone en contacto con una corriente de agua, se transfiere agua y energía calorífica de una corriente a otra modificándose las condiciones de humedad y temperatura.<sup>10</sup>

*Cristalización.* Se refiere a la extracción de un soluto, como la sal, de una solución por precipitación de dicho soluto.<sup>11</sup>

*Liofilización o criodeshidratación.* Es una peculiar modalidad de Secado que consiste en la eliminación del agua de un sólido por sublimación de la misma, es decir, el agua del sólido previamente congelada se pasa directamente a vapor.<sup>11</sup>

*Secado.* Separación de sustancias volátiles (humedad) de una mezcla que se encuentra en un producto sólido mediante la aplicación de calor. Un ejemplo del equipo utilizado para un Secado por este proceso se muestra en la fotografía 6.<sup>7</sup>



**Fotografía 6.** *Secado en estufa de vacío, (obtención propia).*

#### D. EL SECADO DE SÓLIDOS.

El Secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones y, con frecuencia, el producto que se extrae de un Secado pasa a empaquetado.<sup>14</sup>

El agua u otros líquidos pueden separarse de sólidos mecánicamente mediante prensas o centrífugas, o bien térmicamente mediante evaporación.<sup>14</sup>

El contenido de líquido de una sustancia seca varía de un producto a otro, ocasionalmente el producto no contiene líquido y recibe el nombre de totalmente seco, pero lo más frecuente es que el producto contenga algo de líquido. Secado es un término relativo y tan sólo quiere decir que hay una reducción en el contenido de líquido.<sup>14</sup>

Los sólidos que se secan pueden tener formas diferentes, escamas, gránulos, cristales, polvo, tablas o láminas continuas y poseer propiedades muy diferentes. La alimentación de algunos secadores es un líquido en el que está suspendido el sólido en forma de partículas o en disolución. El producto que se seca puede soportar temperaturas elevadas o bien requiere un tratamiento suave a temperaturas bajas a moderadas. Esto da lugar a que en el mercado exista un gran número de tipos de secadores comerciales. Las diferencias residen fundamentalmente en la forma en que se mueven los sólidos a través de la zona de Secado y en las formas en la que se transmite el calor.<sup>14</sup>

##### 1. Definición de Secado.

La definición de Secado consiste en separar cantidades de agua u otro líquido de un material sólido, con el fin de reducir el contenido de líquido residual, hasta un valor que cumpla con la especificación dada.<sup>12</sup>

## 2. Fundamento de Secado.

Debido a la gran variedad de materiales que se secan en equipos comerciales y a los muchos tipos de equipos que se utilizan, no existe una sola teoría de Secado que comprenda todos los materiales y tipos de secadores. Las variaciones posibles en forma y tamaño de los materiales, de los equilibrios de humedad, de los mecanismos del flujo de humedad a través del sólido, así como en el método de transferencia de calor que se requiere para la vaporización, impide que exista un tratamiento unificado.<sup>13</sup>

## 3. Mecanismos de Secado.

Del estudio de la Termodinámica sabemos que el calor, es energía en tránsito que tiene lugar como resultado de las interacciones entre un sistema y sus alrededores debido a un gradiente de temperatura.<sup>17</sup>

Una sistematización de las Operaciones Unitarias hace más hincapié en los mecanismos por los que se realiza la transmisión de calor, y en función de ellos describen y analizan las operaciones.<sup>12</sup>

Tales mecanismos reciben los nombres de conducción, convección y radiación, y tienen en común que el calor siempre fluye desde una región de temperatura más alta hacia otra temperatura más baja con respecto al espesor del material como se muestra en la figura 3, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad. Estos tres mecanismos en la práctica se presentan en forma individual o simultánea.<sup>18, 24</sup>

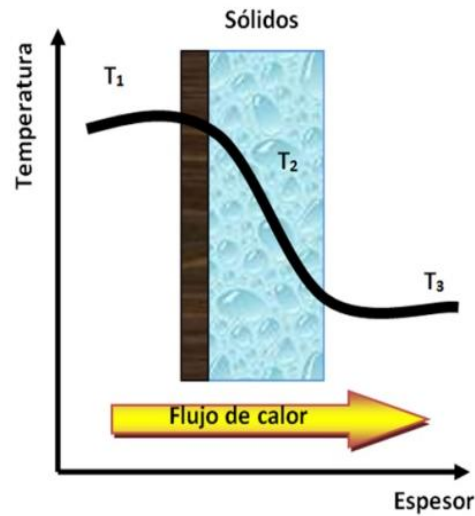
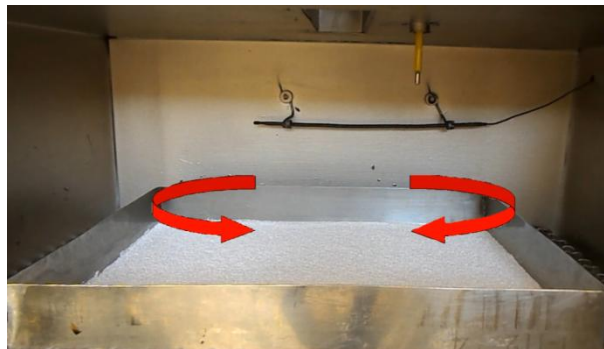


Figura 3. Mecanismo de Secado, (obtención propia).

Es más común considerar que son tres los mecanismos de transmisión, para efectos prácticos operativos, el diseño de los equipos en los que se pretende la transmisión de calor, se hace por separado considerando la convección, la conducción y la radiación.<sup>12</sup>

a. Convección.

Es el mecanismo predominante en el Secado de sólidos, se refiere a la transferencia de calor, por movimiento de masa o circulación de aire caliente (Fotografía 7).<sup>19</sup>



Fotografía 7. Proceso de convección, (obtención propia).

La convección puede ser natural o forzada según sea el tipo de fuerzas que actúan sobre el fluido.<sup>12</sup>

En la convección natural actúan sólo las fuerzas de flotación generadas únicamente por las diferencias de densidad que aparecen en el seno de un fluido, las cuales son, a su vez, debidas a gradientes de temperatura.

En la convección forzada actúan dispositivos mecánicos (bombas, agitadores, ventiladores, entre otros) que comunican energía al fluido poniéndolo en movimiento.<sup>12</sup>

#### b. Conducción.

La conducción es un mecanismo de transferencia de energía a nivel molecular entre dos materiales con distinta conductividad térmica, este mecanismo está basado en el contacto directo de las partículas, teniendo a igualar la temperatura entre los diferentes cuerpos en contacto (Fotografía 8).<sup>17</sup>



Fotografía 8. Proceso de conducción, (obtención propia).

La transmisión de energía se realiza a nivel molecular por desplazamiento de las moléculas individuales libremente en gases y líquidos o de los electrones libres en los metales o por vibración de las moléculas o iones de los sólidos.<sup>12</sup>

Para el caso específico de los secadores este tipo de transferencia de energía se da cuando el sólido húmedo se calienta a través del contacto directo del sólido con una pared caliente, de manera que el líquido contenido en él se evapore y salga del recipiente en forma de vapor.<sup>17</sup>

Un fluido puede transmitir calor por conducción y convección, mientras que en un sólido sólo por conducción. Así pues, la conducción de calor se diferencia de la convección de calor en que en la primera hay un intercambio de energía entre moléculas, mientras que la segunda se basa en el movimiento de masas de fluido, de grandes grupos de moléculas.<sup>12</sup>

#### c. Radiación

Es la transmisión de energía mediante ondas electromagnéticas, producidas directamente desde una fuente en todas direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas transportadas por ondas electromagnéticas o fotones, por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética (Fotografía 9).<sup>19</sup>





**Fotografía 9.** *Proceso de radiación, (obtención propia).*

A diferencia de la conducción y la convección, o de otros tipos de ondas, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética es independiente de un material para su propagación, de hecho, la transferencia de energía por radiación es más efectiva en el vacío.<sup>19</sup>

#### 4. Contenido de humedad de los sólidos.

El método utilizado para medir el contenido de humedad de un sólido, se expresa en porciento y se refiere a la cantidad de humedad, por unidad de peso de material húmedo o seco.<sup>20</sup>

El contenido de humedad de los sólidos se puede expresar en base seca o en base húmeda.<sup>21</sup>

##### a. En base húmeda o Pérdida por Secado.

El porciento del contenido de humedad por unidad de peso en base húmeda, conocido también como Pérdida por Secado, se obtiene del peso perdido durante

el Secado, entre el peso inicial de la muestra húmeda por cien, como se indica en la fórmula 1.<sup>21, 22</sup>

En donde: W = Peso.

CH = Contenido de humedad.

$$\%CH_{\text{húmedo}} = \frac{W \text{ perdido durante el secado}}{W \text{ inicial de la muestra húmeda}} * 100$$

**Fórmula 1.** *Porcentaje de contenido de humedad en base húmeda.*<sup>21,22</sup>

$W_{\text{perdido durante el secado}} = W_{\text{inicial de la muestra húmeda}} - W_{\text{final después del secado}}$

b. En base seca.

El porcentaje del contenido de humedad por unidad de peso en base seca, se obtiene del peso perdido durante el Secado entre el peso inicial de la muestra seca por cien, como se indica en la fórmula 2.<sup>22</sup>

En donde: W = Peso.

CH = Contenido de humedad.

$$\%CH_{\text{seco}} = \frac{W \text{ perdido durante el secado}}{W \text{ de la muestra seca}} * 100$$

**Fórmula 2.** *Porcentaje de contenido de humedad en base seca.*<sup>22</sup>

c. Humedad en el equilibrio.

Es el contenido de humedad de una sustancia que está en el equilibrio con una presión parcial dada del vapor.<sup>22</sup>

d. Humedad ligada.

Se refiere a la humedad contenida en una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio menor que la del líquido puro a la misma temperatura.<sup>22</sup>

e. Humedad no ligada.

Se refiere a la humedad contenida por una sustancia que ejerce una presión de vapor en el equilibrio igual a la del líquido puro a la misma temperatura.<sup>22</sup>

f. Humedad libre.

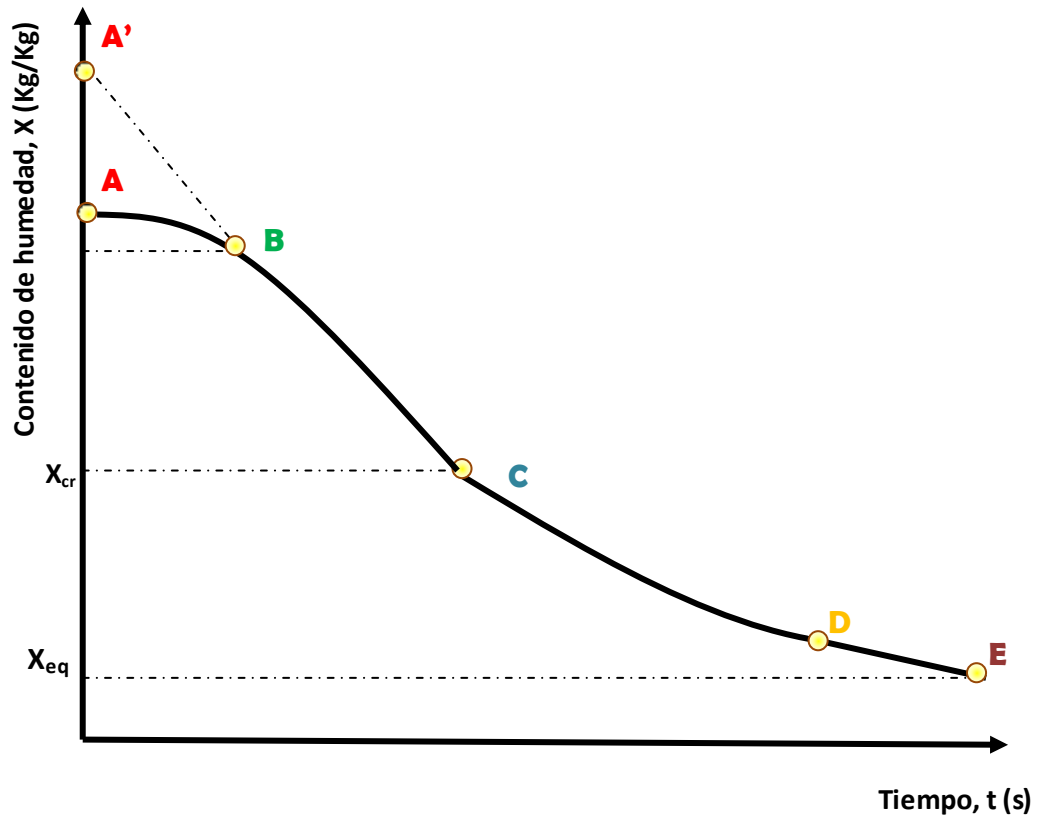
La humedad libre es la humedad contenida por una sustancia en exceso de la humedad en el equilibrio. Solo puede evaporarse la humedad libre; el contenido de humedad libre de un sólido depende de la concentración del vapor en el gas.<sup>22</sup>

5. Curvas de Secado.

Para evaluar el proceso de Secado de un material se emplean gráficos conocidos como: curva de contenido de humedad a través del tiempo y curva de velocidad de Secado en función al contenido de humedad.<sup>6, 14</sup>

a. Contenido de humedad a través del tiempo.

La gráfica 1 nos muestra cómo se comporta la humedad con respecto al tiempo durante un proceso de Secado.<sup>6, 14</sup>



Gráfica 1. Contenido de humedad vs tiempo.<sup>5,14</sup>

Comúnmente se coloca el sólido húmedo a secar en contacto con aire caliente a una cierta velocidad, esto hace que al pasar el tiempo ocurra lo siguiente:

El agua contenida en el sólido se calienta y el producto puede o no experimentar un pequeño aumento de temperatura ver figura 4, esto se muestra en la gráfica 2 en donde la temperatura varía del periodo A a B.<sup>6, 14</sup>

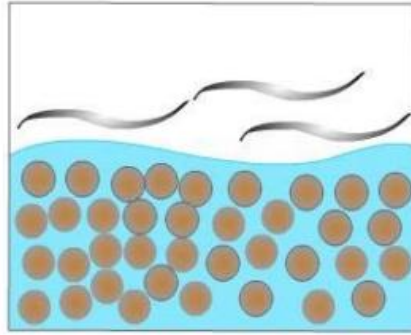
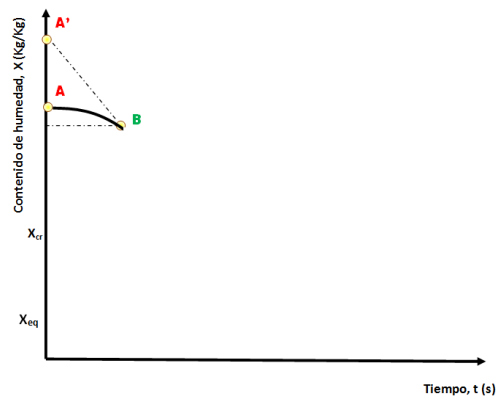
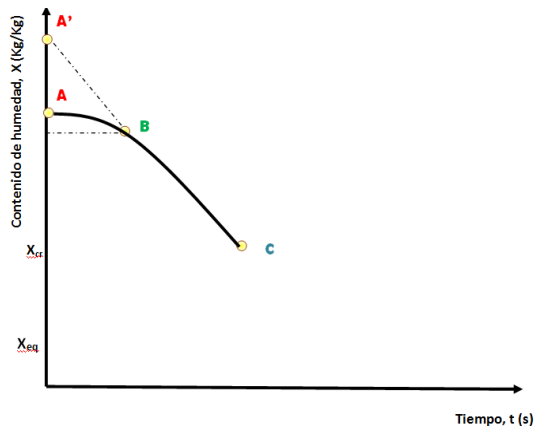


Figura 4. Sólido con exceso de agua.<sup>17</sup>



Gráfica 2. Período de velocidad de Secado de A a B.<sup>6,14</sup>

Luego la evaporación del líquido a eliminar se presenta a una velocidad constante periodo de B a C ver gráfica 3, el vapor producido es retirado por medio de arrastre con el aire caliente ver figura 5.<sup>6, 14</sup>



Gráfica 3. Período de velocidad de Secado constante de B a C.<sup>6,14</sup>

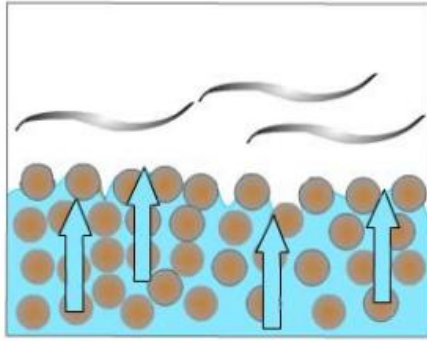


Figura 5. Agua contenida en el interior del sólido.<sup>17</sup>

Al no existir agua en exceso, la velocidad de migración del líquido hacia la superficie ha disminuido, el agua restante se encuentra en el interior del sólido ver figura 6, hasta que llega a un punto crítico (punto C) donde es precisamente el momento que la velocidad de Secado ya no es constante y por lo tanto el contenido de humedad empieza a disminuir periodo de C a D ver gráfica 4.<sup>6, 14</sup>

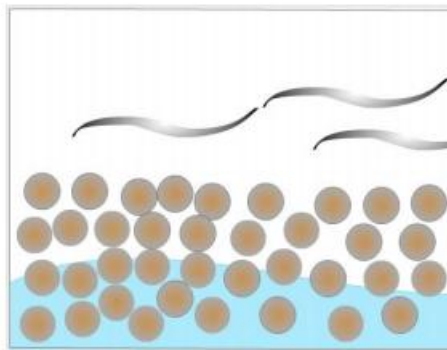
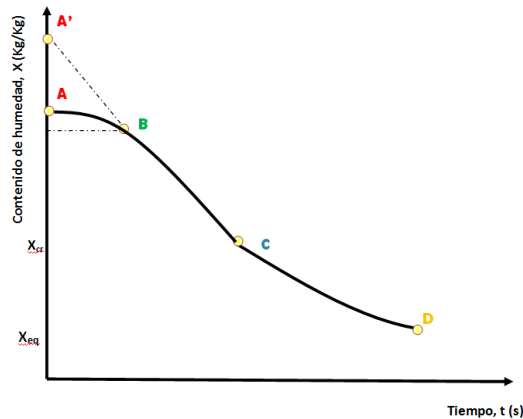


Figura 6. Sólido con menor cantidad de agua.<sup>17</sup>



Gráfica 4. Periodo de velocidad de Secado decreciente de C a D.<sup>6, 14</sup>

Hasta llegar el momento en que exista muy poca o casi nula cantidad de agua en el sólido ver figura 7. Es entonces que se podrá decir que se ha logrado el Secado total periodo de D a E ver gráfica 5.<sup>6, 14</sup>

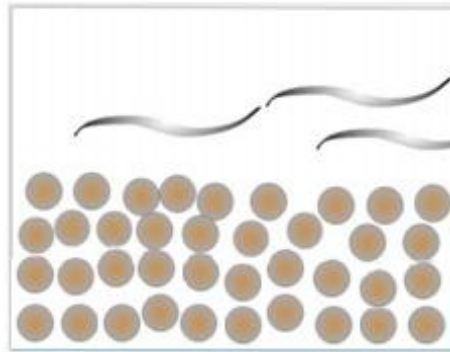
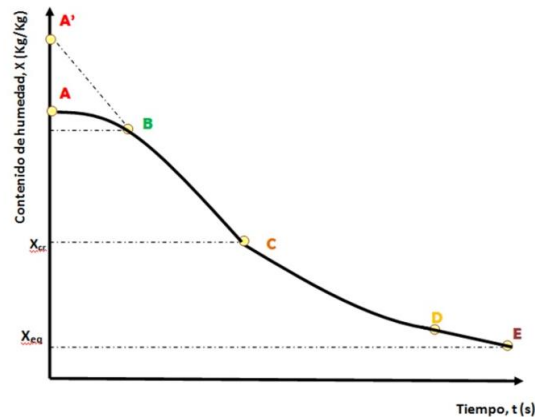


Figura 7. Sólido con nula cantidad de agua.<sup>17</sup>

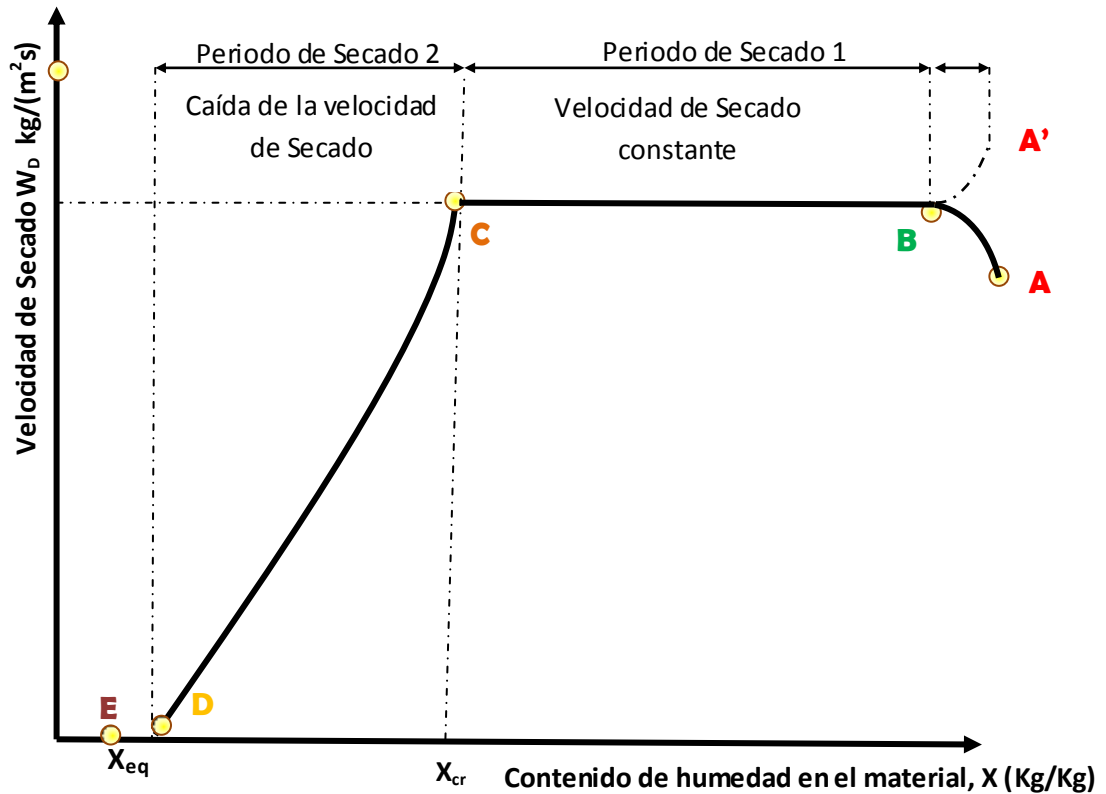


Gráfica 5. Periodo de Secado total de D a E.<sup>6, 14</sup>

También la evaluación de los procesos de Secado generalmente se hace a través de las curvas de velocidad de Secado.

b. Velocidad de Secado a través del contenido de humedad

El sólido a secar pasa por una corriente de aire caliente, para eliminar el vapor formado, si es suministrado a temperatura y humedad constante el proceso de Secado ocurre en dos periodos como se observa en la gráfica 6. <sup>6</sup>



Gráfica 6. Velocidad de Secado vs Contenido de humedad. <sup>6, 14</sup>


En la gráfica 6 observamos que al inicio de (A a B) el producto experimenta un pequeño aumento de temperatura. Luego la velocidad de Secado es constante (B a C) en esta etapa, la velocidad de Secado está limitada por la tasa de transferencia de calor, desde el aire a la superficie líquida. Cuando se alcanza el contenido de humedad crítico (punto C) llega al período llamado caída de velocidad de Secado (C a D) donde finaliza en el punto D, aquí, el agua de superficie del sólido está totalmente evaporada, el proceso termina en el punto E donde la velocidad de Secado es cero y comienza la humedad de equilibrio poniéndose el sólido en equilibrio con su ambiente externo. <sup>6, 23</sup>



6. Variables que intervienen en el proceso de Secado.

 Temperatura.

La temperatura desempeña un papel importante en el proceso de Secado. En forma general, conforme se incrementa su valor se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de Secado la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso. Existen diversos niveles de temperaturas que se mantienen durante el proceso de Secado:<sup>24</sup>

 Temperatura de bulbo seco.

Es la temperatura del medio ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como un termómetro de mercurio.<sup>24</sup>


 Temperatura superficial.

Es la de la materia prima a secar, generalmente se mide por un sensor infrarrojo.<sup>24</sup>

Utilizado físicamente una termobalanza como la que se encuentra en la sala de instrumentos del Laboratorio de control de calidad de la FES Zaragoza ver fotografía 10.




Fotografía 10. Termobalanza, (obtención propia).

 Temperatura de bulbo húmedo.

Es la temperatura de equilibrio que alcanza un líquido cuando se le transfiere calor por contacto con una masa infinita de aire caliente a una temperatura y humedad dadas. <sup>14</sup>

Las condiciones de Secado no solo dependen del tiempo y la temperatura, sino también de condiciones diferentes a estas, como son: <sup>6,14</sup>

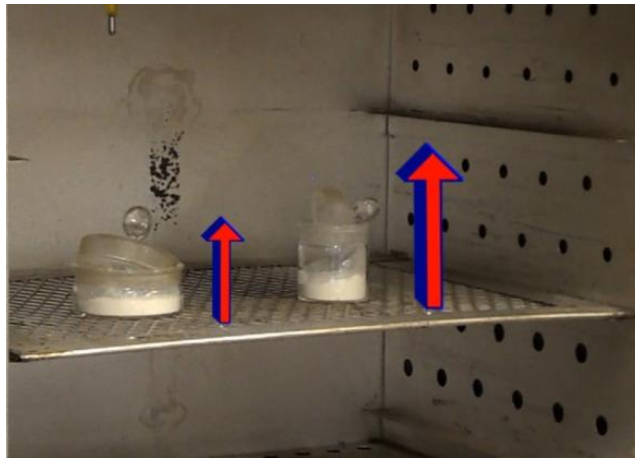
 Mecanismo de Secado proporcionado por el equipo.

 Propiedades y características del producto a secar:

- ✓ Tamaño de partícula.
- ✓ Forma.

- ✓ Porosidad, es decir, tamaño y longitud de los poros y la extensión en la que están ramificados.
- ✓ Densidad.
- ✓ Sensibilidad a la temperatura.
- ✓ Toxicidad.

📷 Características del espesor del lecho a secar (Fotografía 11).



Fotografía 11. Características del espesor del lecho a secar, (obtención propia).

#### 7. Proceso de Secado.

Un proceso de Secado involucra aporte de calor y transferencia de masa. El calor debe transferirse al material a secar para suministrar el calor latente requerido para la vaporización de la humedad.<sup>25</sup>

Posteriormente la masa de agua se vuelve vapor que pasa a la corriente de aire. La velocidad total de transferencia de calor se expresa como la suma de las velocidades de transferencia por conducción, convección, y radiación.<sup>25</sup>

8. Clasificación de Secadores.

No existe una forma sencilla de clasificar el equipo de Secado, en la Industria Farmacéutica hay muchos tipos de secadores, los cuales están diseñados para una especialidad propia, algunos son versátiles como para secar más de un tipo de material húmedo.<sup>17</sup>

Los secadores pueden clasificarse de diferentes maneras, por ejemplo:

- a. Método de Operación.
- b. Escala de Producción.
- c. Tipo de Transferencia de Calor.

- a. Método de Operación.

Pueden clasificarse ampliamente por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando.<sup>22</sup>

La operación denominada Secado por lotes generalmente es un proceso fraccionado, en donde una cierta cantidad de sustancia que se va a secar se expone a una corriente de aire que fluye continuamente, en la cual se evapora la humedad como se muestra en la estufa o secador de lecho fijo en la fotografía 12.<sup>22</sup>



**Fotografía 12.** *Secador de Lecho fijo, (obtención propia).*

En las operaciones continuas, tanto la sustancia que se va a secar, como el aire caliente pasan continuamente a través del equipo este es un ejemplo típico de un secador de lecho fluidizado ver fotografía 13.



**Fotografía 13.** *Secador de lecho fluidizado, (obtención propia).*

Generalmente, no se utilizan métodos normales por etapas; en todas las operaciones ocurre el contacto continuo entre el aire caliente y la sustancia que se seca.<sup>22</sup>

La siguiente figura 8, clasifica los secadores por su método de operación (Continuo o Discontinuo) y se hace una subdivisión de acuerdo a la forma de transferencia de calor (Conducción y Convección).<sup>22</sup>

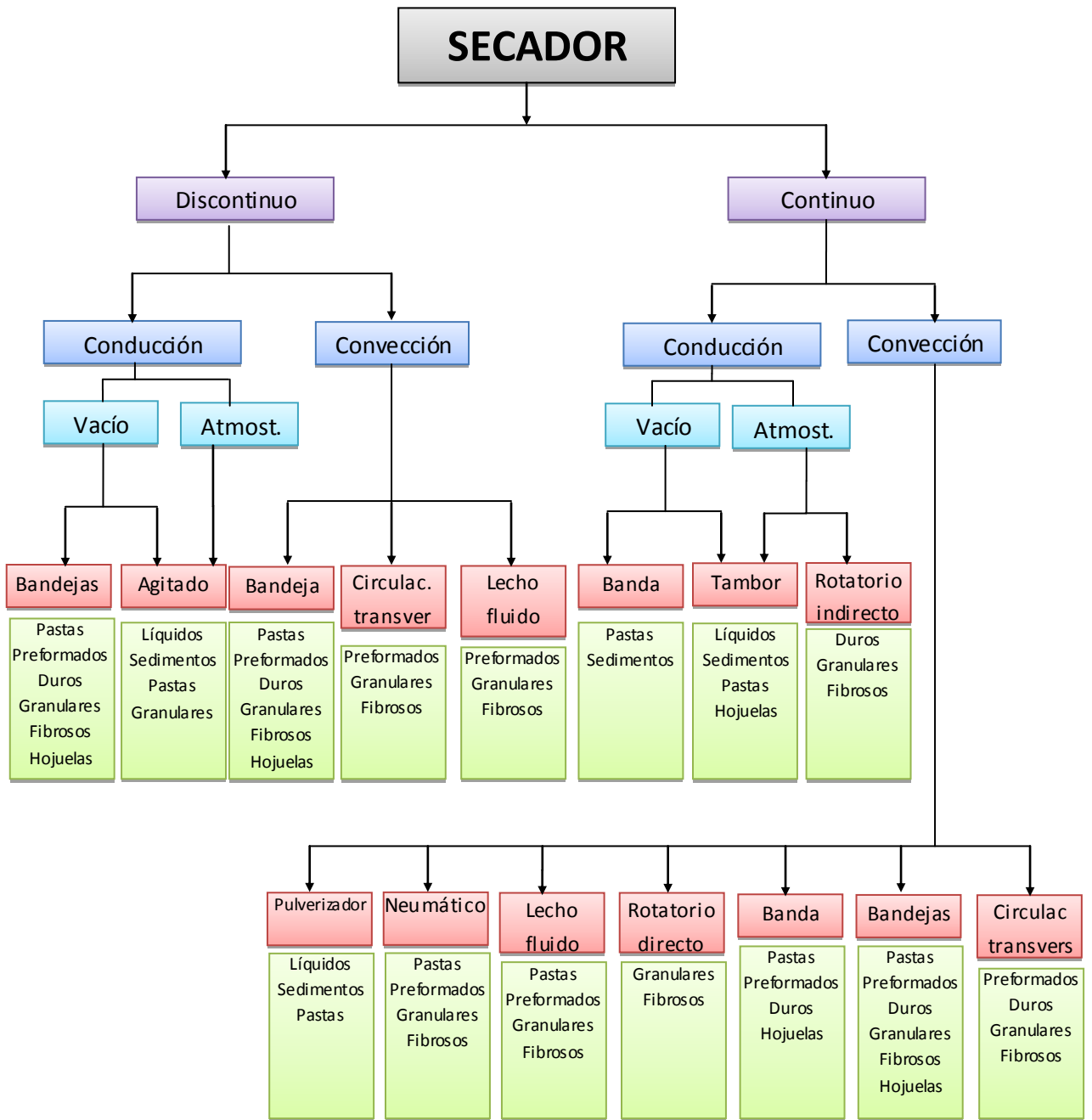


Figura 8. Clasificación de secadores con base a su método de operación. <sup>12</sup>

b. Escala de producción.

La siguiente figura 9 muestra los diversos tipos de secadores por el tipo de escala de producción.<sup>14</sup>

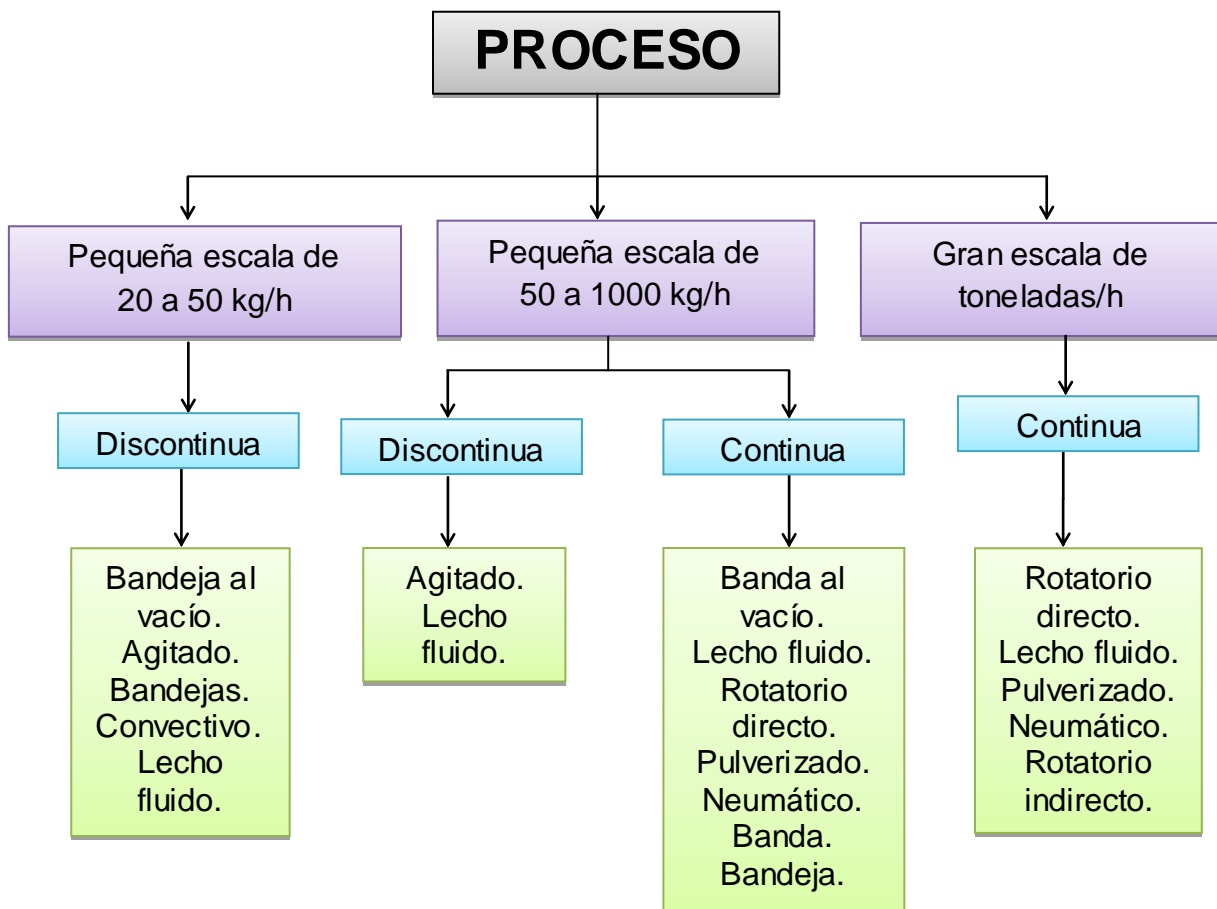


Figura 9. Clasificación de secadores por su escala de producción.<sup>12</sup>

c. Tipo de transferencia de calor.

Clasificación de secadores de acuerdo al tipo de transferencia de calor se muestra en la siguiente figura 10. <sup>14</sup>

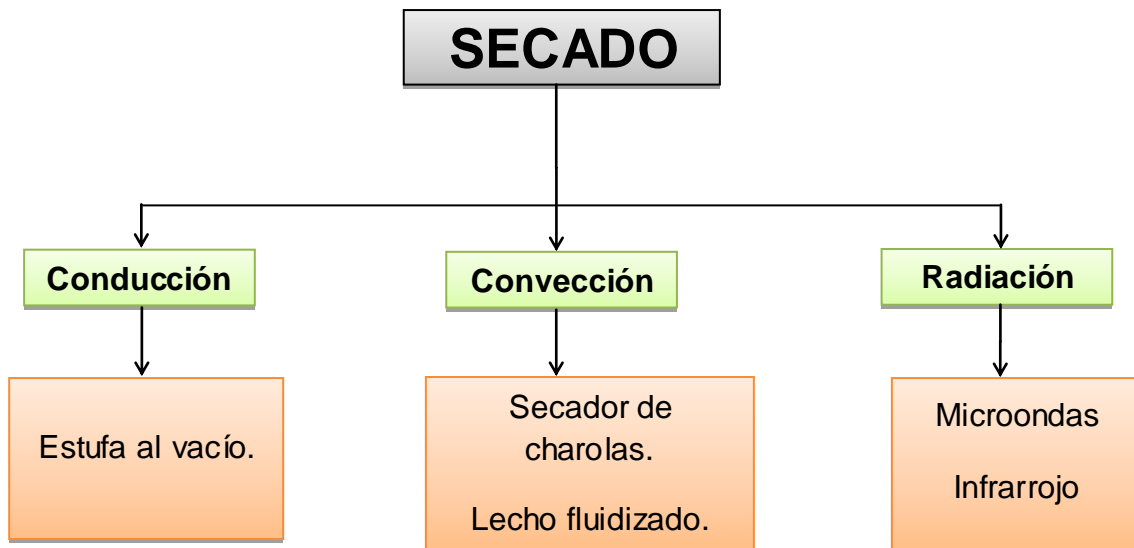


Figura 10. Clasificación de secadores por su tipo de transferencia de calor. <sup>12</sup>

E. EQUIPOS DE SECADO.

1. Transferencia de calor por Conducción.

a. Estufa al vacío.

La estufa al vacío es un buen ejemplo de un secador de conducción, aunque ya no se usa tanto como antes. La estufa de vacío consta de un vaso con cubierta que tiene una construcción suficientemente robusta como para soportar el vacío en el interior de la estufa y la presión del vapor en la cubierta. Además los soportes de



los estantes forman parte de la cubierta, lo que da una mayor superficie para conducir la transferencia de calor. La estufa se cierra con una puerta que se bloquea para obtener un sellado hermético al aire. La estufa se conecta a una bomba de vacío a través de un condensador y un recipiente para líquidos, aunque si el líquido que se extrae es agua y la bomba es del tipo eyector, que puede manipular el vapor de agua, la bomba se puede conectar directamente con el horno (Fotografía 14).<sup>26</sup>



**Fotografía 14.** *Estufa al vacío (obtención propia).*

En este equipo la transferencia de calor inicia cuando el sólido entra en contacto térmico con la superficie caliente.<sup>26</sup>

Permite el secado de sustancias sensibles al calor, sin perjudicarlas debido al punto de ebullición más bajo en condiciones de vacío.<sup>26</sup>

La temperatura del sólido que se seca aumentará hasta la temperatura del vapor o del agua al final del Secado, lo cual no suele ser perjudicial. Se consideran ciertas ventajas y desventajas de este proceso en la tabla 1.<sup>26</sup>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El Secado se produce a una temperatura baja	Los secadores al vacío son considerablemente más caros.
Hay menor riesgo de oxidación, por tener menos contacto con el oxígeno.	

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la estufa al vacío.<sup>26</sup>

2. Transferencia de calor por convección.

a. Secador de charolas.

En este tipo de secador circula aire caliente entre las charolas por medio de un ventilador y el motor, pasando sobre los calentadores. Las placas deflectoras distribuyen el aire de manera uniforme sobre el conjunto de charolas. Parte del aire húmedo se expulsa de forma continua a través del conducto de descarga como se indica en la figura 11.

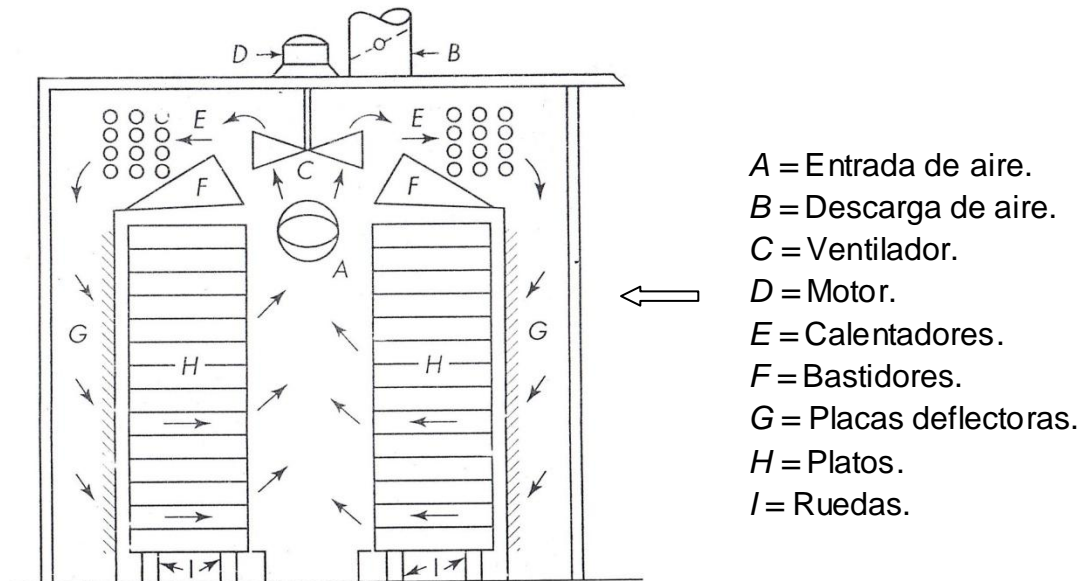


Figura 11. Secador de charolas.<sup>13</sup>

La fotografía 15 muestra un secador de charolas por lecho fijo que encontramos en el Laboratorio de control de calidad de la planta piloto de la FES Zaragoza y fue utilizado para la realización del video.<sup>13</sup>



Fotografía 15. Secador de charolas, (obtención propia).

Este secador considera ciertas ventajas y desventajas que se muestran en la tabla 2.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son convenientes cuando la escala de producción es pequeña.	Ciclos de Secado largos.
Prácticamente puede secar cualquier producto.	
Para secar materiales valiosos tales como colorantes y productos farmacéuticos.	La mano de obra necesaria para la carga y descarga da lugar a costos de operación elevados.
Ahorro de energía es significativo.	

Tabla 2. Ventajas y desventajas del secador de charolas.<sup>13</sup>

b. Lecho Fluidizado.

El secador de lecho fluido proporciona un método excelente para obtener un buen contacto entre el aire caliente y las partículas húmedas (Fotografía 16).<sup>26</sup>



**Fotografía 16.** *Secador de lecho fluidizado, (obtención propia).*

El fenómeno de fluidificación permite el mayor intercambio térmico posible, ya que el producto a tratar flota en una corriente de aire.<sup>26</sup>

El producto a secar se alimenta por la parte superior del equipo gracias a una canaleta inclinada. El aire caliente se distribuye de forma homogénea produciéndose la fluidificación del producto como se muestra en la figura 12.<sup>26</sup>

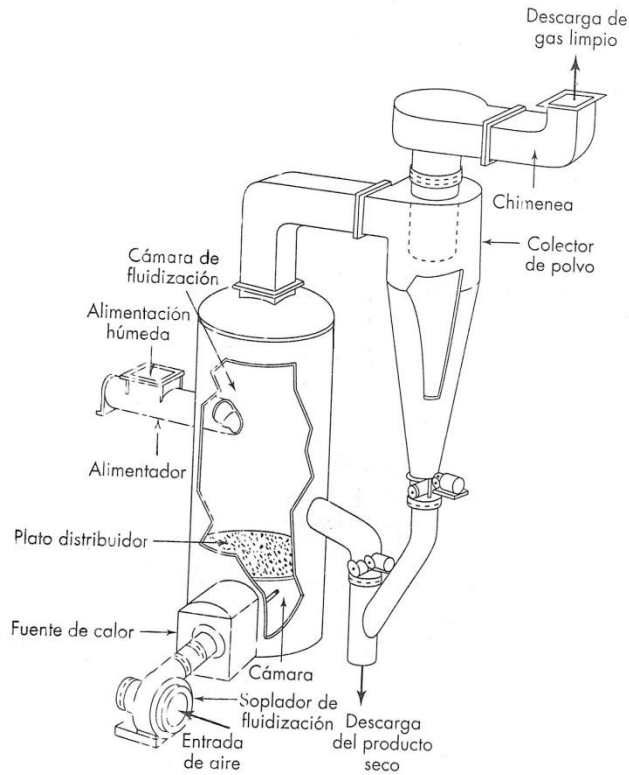


Figura 12. Lecho Fluidizado.<sup>12</sup>

Las ventajas y desventajas del secador de lecho fluido se muestran en las tablas 3 y 4.

VENTAJAS
Una transferencia eficiente del calor y el producto a secar proporciona unas velocidades de secado altas, de forma que los tiempos de Secado son más cortos que cuando se utilizan los secadores de lecho fijo. Por ejemplo un lote de gránulos para comprimidos puede secarse en 20-30 minutos, mientras que en un secador de charolas requiere muchas horas.
Además de las ventajas económicas evidentes, se minimiza el choque de calor sobre los materiales termolábiles.
El estado fluidizado del lecho garantiza que se produce el Secado desde la superficie de todas las partículas por separado y no solo desde la superficie del lecho. En consecuencia, la mayor parte del Secado se producirá con una

velocidad constante y el periodo de descenso de la velocidad (cuando es mayor el peligro de sobrecalentamiento) es muy breve.
La turbulencia del lecho fluido hace que produzca cierto desgaste en la superficie del gránulo, lo que hace que el producto sea más esférico y que fluya mejor.
Los recipientes pueden ser móviles, haciendo que la manipulación y los movimientos en torno a la zona de producción sean sencillos y reduciendo los costos laborales.

Tabla 3. *Ventajas del secador de lecho fluidizado.*<sup>26</sup>

<b>DESVENTAJAS</b>
La turbulencia del estado fluidizado puede provocar un desgaste excesivo de algunos materiales, dañando algunos gránulos y generando mucho polvo durante la producción.
Las partículas finas pueden quedar atrapadas en el aire de fluidización y se deben recoger con filtros de bolsa, evitando su segregación y la pérdida de micropartículas.
El movimiento energético de las partículas en el aire caliente puede provocar la generación de cargas eléctricas estáticas, por lo que se deben tomar las medidas adecuadas. Una mezcla de aire en la que hay un polvo o materias orgánicas de pequeño tamaño, como almidón y lactosa, puede explotar violentamente si se incendia por una chispa causada por las cargas estáticas. El peligro aumenta si el material del lecho fluido contiene un disolvente volátil, como isopropanol. Es esencial disponer de una toma de tierra adecuada.

Tabla 4. *Desventajas del secador de lecho fluidizado.*<sup>26</sup>

#### 3. Radiación.

##### a. Secador por microondas.

Los microondas se producen por un dispositivo electrónico conocido como magnetrón. La energía de microondas se refleja hacia abajo en un conducto rectangular (conocido como guía de la onda) o simplemente se transmiten a través de una ventana transparente de polipropileno hacia la cámara de Secado. Para evitar la interferencia con el radio y la televisión, se permite funcionar solo en ciertas frecuencias que normalmente oscilan entre 960 y 2.450 MHz. La penetración de las microondas en el producto húmedo es tan buena que el calor se genera uniformemente en el interior del sólido.<sup>26</sup>

Es usado para el Secado de gránulos y está diseñado para operar con ligero vacío. Esto último no es esencial en sí mismo para el uso del microondas, pero el flujo de aire permite la extracción continua del disolvente evaporado. La radiación pasa a través de la ventana de polipropileno hacia la cámara de Secado, donde absorbe el líquido de los gránulos húmedo que hay en la bandeja.<sup>26</sup>

El calor generado expulsa la humedad y el vapor producido se elimina con el flujo de aire. Cuando el Secado es casi completo, la intensidad del campo de radiación aumentará porque los sólidos secos no la absorben tan fácilmente como el agua.<sup>26</sup>

El microondas utilizado por los alumnos de la carrera de Q.F.B de 6° a 9° semestre se encuentra localizado en la sala de instrumentos de la FES Zaragoza se muestra en la fotografía 17.



Fotografía 17. Microondas, (obtención propia).

Las ventajas y desventajas que se conocen del Secado por microondas se muestran en las tablas 5 y 6.

VENTAJAS
Proporciona un Secado rápido con temperaturas bajas.
La eficiencia térmica es alta, ya que el revestimiento y el aire del secador se mantienen fríos.
La mayoría de la energía microondas es absorbida por el líquido del material húmedo.
El lecho es estacionario, lo que evita problemas de polvo y desgaste.
La migración de solutos se reduce porque hay un calentamiento uniforme de la masa húmeda.
El equipo es muy eficiente y refinado.
En este tipo de máquinas se han incorporado todos los requisitos de seguridad del producto y del operario sin perjuicio de las normas de BPF.
Es posible determinar el punto final de la granulación al medir la energía microondas residual (que aumenta bruscamente cuando queda poco disolvente por evaporar).

Tabla 5. Ventajas del secador por microondas.<sup>26</sup>

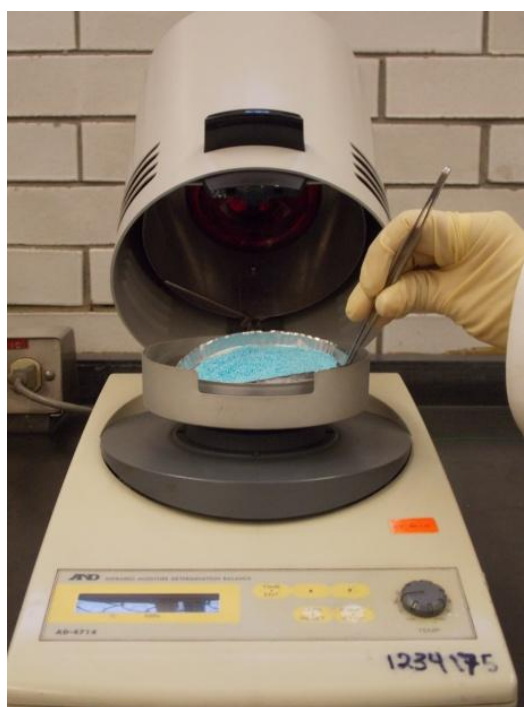


DESVENTAJAS
El tamaño de lote de producción comercial es menor que en los secadores de lecho fluido existentes.
Se deben tomar precauciones para proteger a los operarios de la radiación de los microondas, que puede provocar daños en órganos como ojos y testículos. Para ello, se usan los dispositivos “de seguridad” que impiden la generación de microondas hasta que se haya sellado la cámara de Secado.

Tabla 6. Desventajas del secador por microondas.<sup>26</sup>

b. Secador por radiación infrarroja.

El calentamiento por infrarrojo se usaba antes para secar productos farmacéuticos como gránulos húmedos, un ejemplo de este equipo es la termobalanza (Fotografía 18) que se encuentra en la sala de instrumentos del Laboratorio de control de calidad de la FES Zaragoza.



Fotografía 18. Secador por radiación infrarroja, (obtención propia).

No se encontraron ventajas pero si desventajas como se muestra en la tabla 5. <sup>26</sup>

<b>DESVENTAJAS</b>
Absorbe muy rápidamente y no penetra mucho en la masa húmeda.
Las capas superficiales se secan con rapidez y la absorción de más energía aumenta la temperatura del material seco hasta un valor elevado, que a menudo es perjudicial para el producto. Por este motivo, ahora se usa raramente como fuente de calor en la fabricación farmacéutica.

*Tabla 7. Desventajas del secador por radiación infrarroja.* <sup>26</sup>

#### F. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE SECADO.

Al revisar las clasificaciones anteriores se tendría una manera más fácil de decidir y escoger el equipo de Secado más preciso para nuestro servicio. Sin embargo, la elección de un equipo en particular para un servicio en particular, se toma en cuenta puntos importantes, la primera consideración en la selección de un secador es su facilidad de operación; por encima de cualquier otra consideración, el equipo ha de ser capaz de obtener el producto deseado en la forma y velocidad especificadas. A pesar de la variedad de secadores industriales que existe en el mercado, los diferentes tipos son en buena medida complementarios y no competitivos, de forma que la naturaleza del problema de Secado se impone al tipo de secador que debe utilizarse o al menos limita la elección de tal vez dos o tres posibilidades. La elección final se decide sobre la base de los costos de inversión y de operación. <sup>13</sup>

G. APLICACIONES DEL PROCESO DE SECADO.

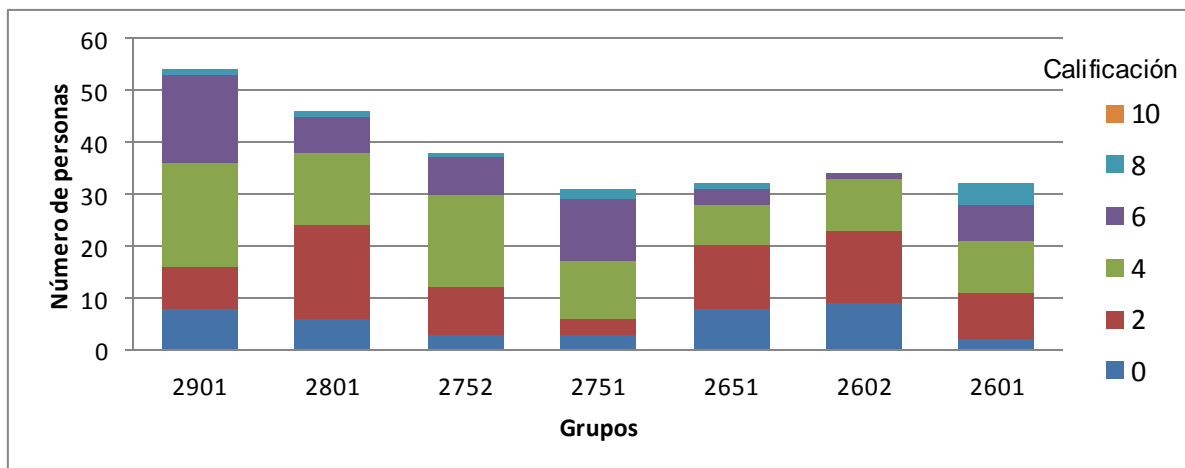
- ❏ Como Operación Unitaria después del proceso de granulación húmeda para secar los gránulos y elaborar cápsulas, polvos o tabletas.
- ❏ En la producción de algunos materiales (ejemplo, preparación de hidróxido de aluminio y lactosa seca, y en la preparación de extractos en polvo).
- ❏ En la reducción del volumen y peso de los materiales (disminución del costo por transporte y almacenamiento).
- ❏ Ayuda a la conservación y estabilidad de productos animales y vegetales para disminuir el crecimiento de hongos y bacterias.
- ❏ Ayuda en el proceso de comunicación haciendo las sustancias más frágiles.
- ❏ Para volver al producto más estable, especialmente en productos como polvos higroscópicos, sales efervescentes, fármacos como aspirina, penicilinas y ácido ascórbico. Una vez eliminada el agua, el producto se mantiene a bajos niveles de humedad con ayuda de agentes desecantes o por impermeabilidad del empaque.<sup>9</sup>

**IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Una evaluación diagnóstica del tema de Operaciones Unitarias (Mezclado, Granulado y Secado) a alumnos del área farmacéutica de la carrera de QFB del sexto al noveno semestre en el ciclo escolar 2012-2, evidenció la necesidad de apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en este tema (gráfica 7).

En los últimos años, el tema del uso y aprovechamiento adecuado de los recursos didácticos ha adquirido una gran importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De acuerdo a este planteamiento, para mejorar la enseñanza es indispensable planificar sistemáticamente y emplear con habilidad y prudencia los recursos didácticos, dado que los usos creativos de los diversos materiales didácticos aumentan la probabilidad de que los estudiantes aprendan más, retengan mejor las cosas aprendidas y ejecuten mejor las habilidades que se deben formar en ellos (*Parcerisa A. 2006*).

Por tal razón, el presente proyecto pretende elaborar un guión y video que aborde el tema de Secado, como un material didáctico de apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje en este tema para los alumnos del área farmacéutica, como parte de una estrategia para revertir la problemática ilustrada.



**Gráfica 7. Evaluación diagnóstica de Operaciones Unitarias.**

## V. OBJETIVOS.

### B. GENERAL.

Obtener un video sobre la Operación Unitaria de Secado en polvos como material didáctico audiovisual para fortalecer al proceso de enseñanza-aprendizaje para los alumnos de la carrera de QFB.

### C. PARTICULARES.

- ✓ Identificar mediante una búsqueda bibliográfica los conocimientos mínimos necesarios para plantear la elaboración de un guión y video como material didáctico, así como los conocimientos y fundamentos teóricos del Secado que serán abordados por el guión y posteriormente el video.
  
- ✓ Diseñar y elaborar un guión que recopile los aspectos fundamentales de la Operación Unitaria de Secado, que están contemplados en la asignatura de Tecnología Farmacéutica I de sexto semestre del Plan de Estudios de la Carrera de QFB.
  
- ✓ Implementar imágenes reales y organizar un plan de rodaje.
  
- ✓ Editar el material propuesto con una selección de textos definitivos.
  
- ✓ Proponer el material elaborado como una herramienta que apoye el interés y favorezca la asimilación de conceptos fundamentales en el alumnado de dicho tema de Secado.

## VI. HIPÓTESIS.

Al obtener un video que se empleé como material didáctico de apoyo y retroalimentación al conocimiento sobre la Operación Unitaria de Secado se contribuirá al proceso de enseñanza-aprendizaje sobre el tema, al contar con un material que aumente la probabilidad de que los estudiantes aprendan más, retengan mejor las cosas aprendidas y ejecuten mejor las habilidades que se deben formar en ellos.

## VII. METODOLOGÍA.

### D. MATERIAL Y EQUIPO.

- Programa computacional. Sony, Vegas pro 11 Producción profesional de video HD y audio [CD-ROM]: Versión 11.0. Estados Unidos: Sony Creative Software Inc. Copyright 2011. Número de licencia: 1T4-E0B1-R2MR-2LZE.
- Programa computacional. Adobe, Photoshop Elements 6 [CD-ROM]: Versión 6.0. Estados Unidos: Adobe Systems Incorporated. Copyright 2007. Número de licencia: 20070910.r.377499.
- Programa computacional. Microsoft, Office Word 2007 [CD-ROM]: Versión 1.5. Estados Unidos: Microsoft Corporation. Copyright 2008. Número de licencia: 81602-912-5998632-68408.
- Computadora laptop. Sony, Vaio: Modelo VGN-CR340F, Windows Vista Home Premium, Procesador dual 1.73 GHz, Memoria RAM 2 GB, Sistema operativo 32 bits.
- Cámara digital. Marca Nikon, Modelo Coolpix L810, 16.1 megapíxeles, Zoom de 26 aumentos, Video HD con salida HDMI, Modo fotografía 3D, pantalla LCD de 7.5 cm.
- Tripie para cámara fotográfica y de video, Marca Solidex en aluminio, Burbuja niveladora, 2 formas panorámicas, 4 niveles de altura, Longitud doblado: 55.5 cm, Longitud extendido: 151 cm.

## E. PROCEDIMIENTO.

Para obtener el material didáctico audiovisual que apoya, el proceso enseñanza-aprendizaje de la Operación Unitaria de Secado, se realizó primeramente la revisión bibliográfica en dos fases distintas, una primera fase de localización y selección de información en diferentes medios tales como; libros, artículos, documentos en línea, tesis, manuales... y una segunda fase de evaluación de la información seleccionada en función de los objetivos marcados, y en respuesta a las necesidades pedagógicas que dieron origen al proyecto.

Posteriormente se redactó el guión que se tomó como base para la filmación del video “Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica”. Una vez extraídos los contenidos que iban a incluirse en el guión fue fundamental estructurar y plasmar por escrito los temas, en orden y por escenas, de modo que el objetivo principal de mayor peso no se viera afectado por los contenidos secundarios.

Se elaboró la estructura del guión, que constó de cuatro columnas, la primer columna con el número de escena, una segunda columna denominada video sobre los recursos visuales a utilizar, incluyendo imágenes grabadas y otros recursos visuales como gráficas y textos, la tercer columna de audio con la redacción de la voz y en la última columna se incluyó la música de fondo.

Una vez concluida la primera versión del guión, se inició un proceso de revisión de todo lo escrito para comprobar que los objetivos planteados se cumplieron, se evaluó si la estructura y el desarrollo propuesto se adaptan bien a lo que se intenta transmitir. Tras las revisiones se elaboró una versión definitiva del guión, lista para que comenzara la grabación del video.

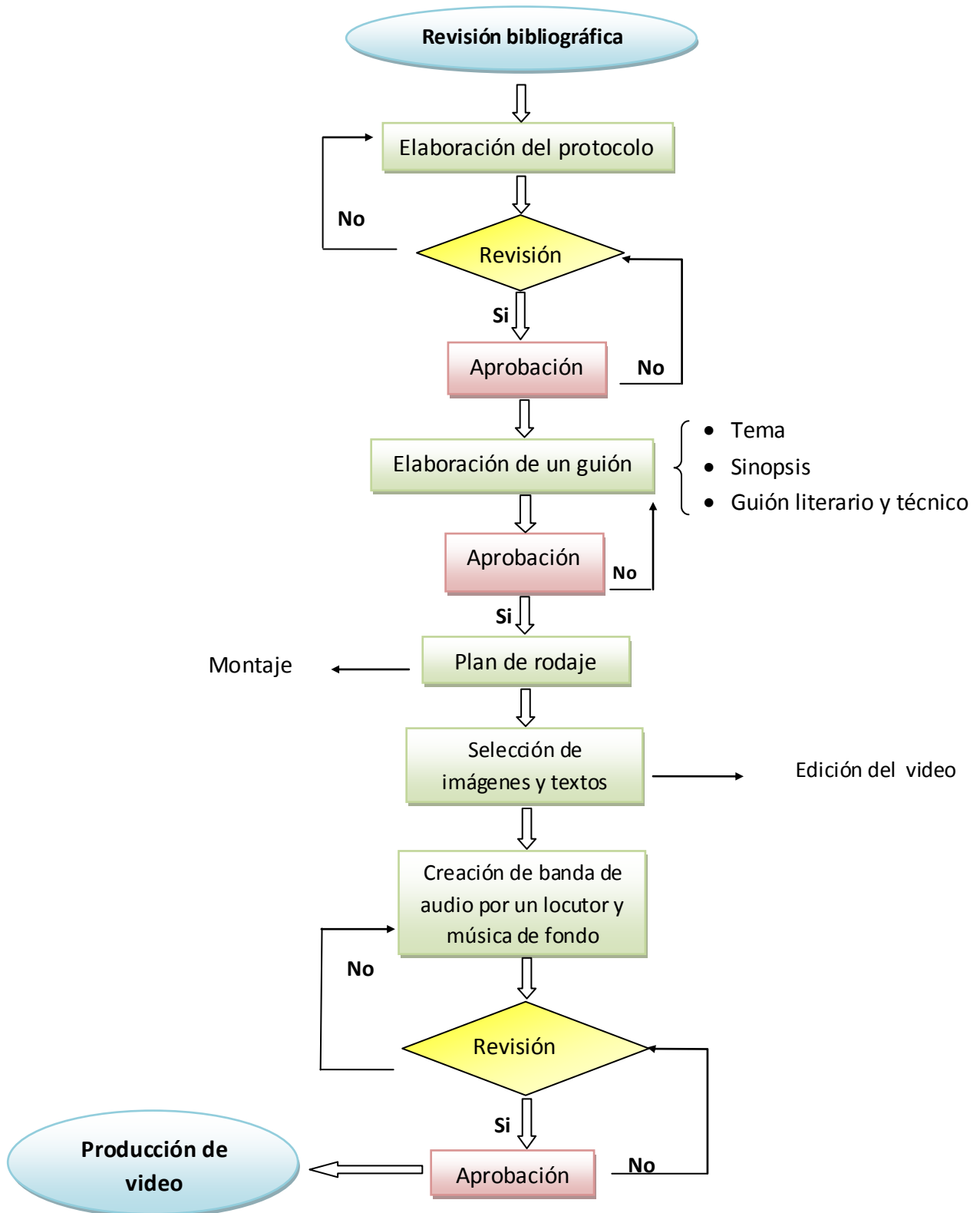


Se inició la grabación de forma explicativa con imágenes reales sobre la definición y clasificación de Operaciones Unitarias, destacando el Secado de polvos dentro de la transmisión simultánea de materia y calor, mencionando la definición de Secado, su importancia en la Industria Farmacéutica, sus mecanismos de transferencia de calor, como expresar contenido de humedad en base húmeda y en base seca, la interpretación de las curvas de Secado, así como sus variables y la clasificación de los diferentes equipos utilizados en la FES Zaragoza, siendo necesaria la traslación del guión literario al guión técnico.

Una vez realizadas las grabaciones se analizaron los videos, seleccionando en una primera fase las tomas a incluir. Terminando el proceso se reelaboró una versión del guión con nuevas imágenes, incluyendo toda la redacción de voz y texto.

A continuación se empezó la producción del material didáctico audiovisual, que consistió en el montaje y edición del video con ayuda del programa SONY VEGAS PRO 11.0, tomando en cuenta un equilibrio razonable entre imagen y sonido para que ambas se complementaran, ya sea que la imagen reiterara al audio o viceversa. Para la creación de la banda de audio se necesitó la ayuda de un locutor, con la función de ampliar la conceptualización de la imagen, remarcando los elementos importantes y apoyando los conceptos que solo con la imagen quedan incompletos, relacionando unos contenidos con otros o unas imágenes con otras, lo que ayudó a una comprensión global del video. Finalmente para acompañar las imágenes y la banda de audio se incluyó música de fondo, siendo útil para subrayar momentos de mayor interés y así poder obtener como resultado final el video.

En el presente esquema se representa un contexto global de la metodología empleada.



## VIII. RESULTADOS.

A. Guión para el programa didáctico audiovisual.

“Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica.”

B. Video.

“Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica.” Se presenta en formato HD, DVD, que consta de 12.07 min de duración.

A. Guión para el programa didáctico audiovisual.

“ASPECTOS GENERALES DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE SECADO DE POLVOS APLICADO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.”

DIRIGIDO A:

1. Alumnos de sexto a noveno semestre de la carrera de QFB de la FES Zaragoza.
2. Personal técnico de laboratorio y profesores del área de Farmacia Industrial.

OBJETIVOS DEL GUIÓN:

1. El alumno conocerá el término Operación Unitaria y su clasificación.
2. El alumno comprenderá las definiciones básicas acerca del Secado, los mecanismos del proceso y la importancia de éste en la Industria Farmacéutica.
3. El alumno entenderá los gráficos y las variables más importantes que influyen en el proceso de Secado.
4. El alumno conocerá algunos equipos para el Secado así como sus ventajas y desventajas.



AUTORES:




M. en DIIE Francisca Robles López.






Dra. Leticia Cruz Antonio.

Candidatos a Q.F.B Karina Mora Flores y Jhonatan Josec Martinez Jaimes.




ESCENA	VIDEO	AUDIO	AUDIO FONDO
1	 <p>1. Logo de la UNAM.</p>  <p>2. Entrada principal de campus II (Túnel). TEXTO: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>  <p>3. Edificio de gobierno. TEXTO:FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA</p> <p>PROYECTO PAPIME PE 210612</p>	<p>La</p> <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p> <p>y la</p> <p>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA</p>	<p>Zaliwa “Listen to the silence”</p>
2	 <p>Colash de imágenes sobre la Operación Unitaria de sSecado.</p> <p>TEXTO: “ASPECTOS GENERALES DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE SECADO DE POLVOS APLICADO A LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.”</p>	<p>PRESENTAN:</p> <p>“ASPECTOS GENERALES DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE SECADO DE POLVOS APLICADO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.”</p>	<p>Zaliwa “Listen to the silence”</p>

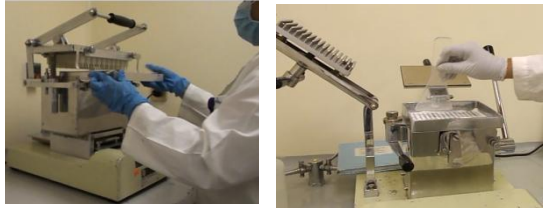


<p>3</p>		<p>Recorrido por la explanada. Llegando al edificio de la planta piloto.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura de la tabla periódica.</li> <li>2. Explanada de la FES-Z campus II.</li> <li>3. Estructura de la esfera con el domo de fondo.</li> <li>4. Recorrido por el pasillo hacia la Planta Piloto.</li> </ol>	<p>El presente video tiene como objetivo, mostrar los aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado, dentro del contexto farmacéutico como una estrategia al mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje, para los alumnos del área terminal de la carrera de QFB de la FES-Zaragoza.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>4</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recorrido hacia la planta piloto.</li> <li>2. Alumno con mezclador planetario.</li> <li>3. Alumno con granulador.</li> </ol>	<p>La Facultad de Estudios Superiores Zaragoza tiene una planta piloto farmacéutica, que cuenta con una serie de equipos en los que se realizan las diferentes Operaciones Unitarias, para la fabricación de medicamentos.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>



		<p>4. Cápsulas.</p>		
<p>5</p>		<p>1.- Alumno fabricando una solución.                  TEXTO:  <b>"OPERACIÓN UNITARIA"</b></p>	<p>Una Operación Unitaria es:                  Una actividad básica que forma parte de un proceso que puede ser químico, físico o biológico.</p>	<p>Zaliwa                  "Listen to the silence"</p>
<p>6</p>		<p>1. Destilación simple (transferencia de masa).                  2. Mezclador de listón (fondo en toda la escena).                  3. Equipo de supositorios (cambios de energía).</p>	<p>Las Operaciones Unitarias estudian principalmente la transferencia de masa, movimiento y los cambios de energía, estos a su vez involucran medios físicos pero también fisicoquímicos.</p>	<p>Zaliwa                  "Listen to the silence"</p>

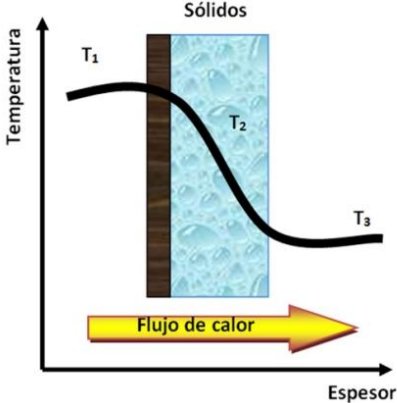
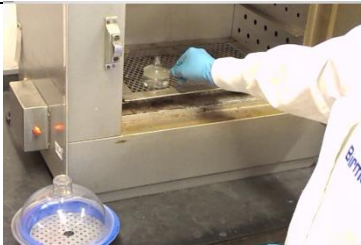
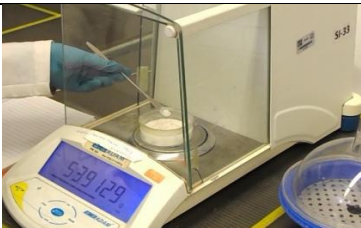

<p>7</p>	 <p>Recorrido por el área de control de calidad</p>	<p>Las Operaciones Unitarias pueden clasificarse en 4 tipos, los cuales serán descritos a continuación.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>8</p>	 <p>1. Equipo de destilación simple .</p> <p>TEXTO: <b>1</b> Transmisión de materia</p> <p>TEXTO: Destilación</p>	<p>1.- Transmisión de materia: El ejemplo más común de este proceso es la Destilación simple.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>9</p>	 <p>TEXTO: <b>2</b> Transporte de cantidad de movimiento</p> <p>1. Rotap en uso. TEXTO: Tamizado</p>  <p>2. Alumno utilizando el mezclador de listón(De fondo durante toda la escena). TEXTO: Mezclado</p>  <p>3. Molino de cuchillas. TEXTO: Molienda</p>	<p>2.- Transporte de cantidad de movimiento Ejemplos de estos son el proceso de tamizado, mezclado y molienda.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>



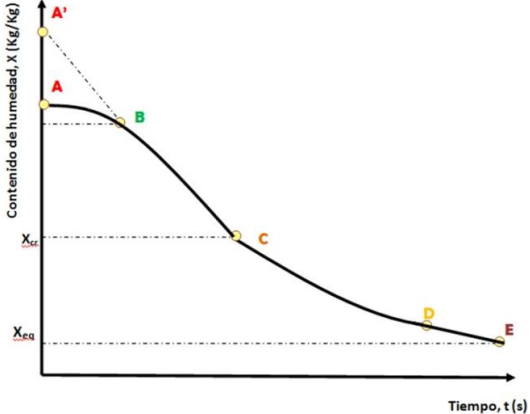
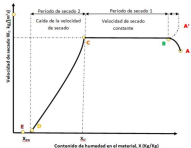


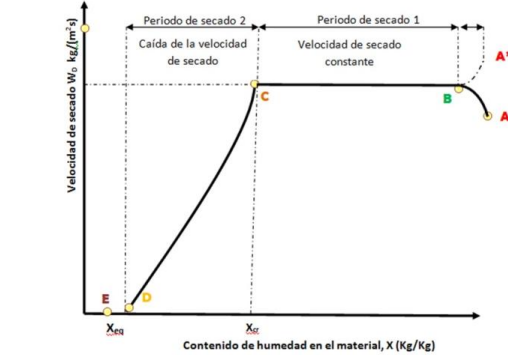







<p>10</p>		<p>1. Calentando agua en vaso de precipitado con mechero bunsen.</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>3.</b> TRANSMISIÓN DE CALOR</p> <p>TEXTO: EVAPORACIÓN.</p>	<p>3.- Transmisión de calor</p> <p>Este proceso es fácilmente observable en la evaporación de un líquido.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>11</p>	 <p>4. Transmisión simultánea de materia y calor</p>	<p>1. Alumno metiendo a la estufa una charola polvo.</p> <p>TEXTO: Transmisión simultánea de materia y calor.</p>	<p>Y finalmente se considera la.</p> <p>4.- Transmisión simultánea de materia y calor.</p> <p>Como ejemplo de esta tenemos la Operación Unitaria de Secado, de la cual hablaremos a continuación.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>12</p>		<p>1. Alumno metiendo charola de granulado a la estufa.</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>"SECADO"</b></p>	<p>El Secado consiste en separar cantidades de agua u otro líquido de un material sólido, con el fin de reducir el contenido de líquido residual, hasta un valor que cumpla con la especificación dada.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>




<p>13</p>	 <p>1. Alumno utilizando la orientadora y la encapsuladora semimanual.</p> <p>TEXTO: IMPORTANCIA</p>	<p>El Secado de polvos es de suma importancia en la fabricación de medicamentos sólidos orales, tales como polvos, granulados, tabletas y cápsulas entre otros.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>14</p>	 <p>TEXTO: MECANISMOS DE SECADO.</p> <p>1. Alumno metiendo a la mufla una cápsula de porcelana . TEXTO: Convección</p> <p>2. Mechero con una asa TEXTO : Conducción</p> <p>3. Lámpara de infrarrojo TEXTO: Radiación</p>	<p>El tratamiento teórico del Secado de polvos, depende de los mecanismos de transferencia de calor al sólido, estos procesos son:</p> <p>Convección, Conducción y Radiación.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>15</p>	 <p>1. Colocar una charola con granulado en un horno de lecho fijo guiándonos en la imagen siguiente. TEXTO:</p> <p><b>"CONVECCIÓN"</b></p>	<p>El mecanismo predominante en el Secado de sólidos es la:</p> <p>CONVECCIÓN</p> <p>Que se refiere a la transferencia de calor, por movimiento de masa o circulación de aire caliente.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>

<p>16</p>		<p>1. Colocar una parrilla de calentamiento con un vaso de precipitado con agua, colocando una flecha de la parrilla al vaso (flecha ancha), en el vaso diagonal (flecha mas delgada,) y por último una flecha del vaso al exterior(flecha aun mas delgada).</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>"CONDUCCIÓN"</b></p>	<p>En segundo lugar tenemos la.</p> <p><b>CONDUCCIÓN</b></p> <p>Que es la transmisión de energía a nivel molecular, de dos materiales con distinta conductividad térmica.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>17</p>		<p>1. Colocar una lámpara de infrarrojo mostrando con unas flechas el efecto de radiación.</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>"RADIACIÓN"</b></p>	<p>Y finalmente la.</p> <p><b>RADIACIÓN</b></p> <p>Que se define como la transmisión de energía mediante ondas electromagnéticas, producidas directamente desde una fuente en todas direcciones.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>

<p>18</p>		<p>1. Imagen de gráfica como se muestra.</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>¿Que tienen en común?</b></p>	<p>Los tres mecanismos anteriores de Secado, tienen en común que el flujo neto de calor, siempre va en sentido de las temperaturas decrecientes y durante este proceso se reduce la humedad.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>19</p>		<p>1.- Sacando un pesafiltro vacío de una estufa y pasarlo a un desecador</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>¿Como expresar el contenido de humedad de los sólidos?</b></p>	<p>El método utilizado para medir el contenido de humedad de un sólido, se expresa en porcentaje y se refiere a la cantidad de humedad, por unidad de peso de material húmedo o seco.</p>	
<p>20</p>	 	<p>1. Pasar un pesafiltro con muestra de la balanza al desecador.</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>Contenido de humedad. Base húmeda o pérdida por secado.</b></p> $\%CH_{húmedo} = \frac{W_{perdido\ durante\ el\ secado}}{W_{inicial\ de\ la\ muestra\ húmeda}} * 100$ <p>2. Pasar un pesafiltro con muestra del desecador a la estufa y destaparlo.</p>	<p>El porcentaje del contenido de humedad por unidad de peso en base húmeda, conocido también como pérdida por Secado, se obtiene del peso perdido durante el Secado, entre el peso inicial de la muestra húmeda por cien, como se indica en la fórmula.</p>	

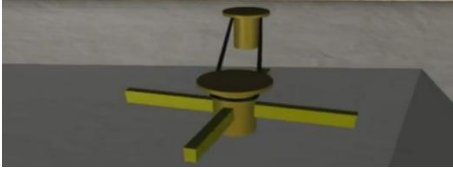
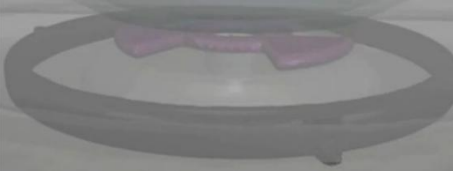

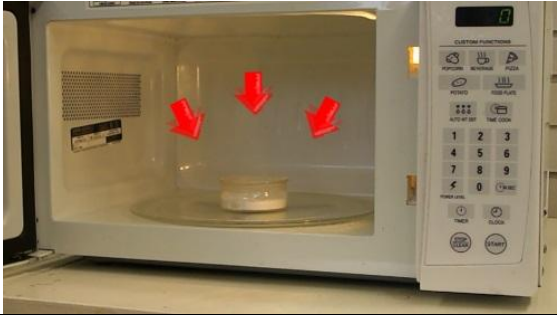
<p>21</p>		<p>1. Tapar el pesafiltro con muestra y pasarlo a un desecador. TEXO: <b>Base seca:</b></p> $\%CH_{seco} = \frac{W \text{ perdido durante el secado}}{W \text{ de la muestra seca}} * 100$	<p>El porcentaje del contenido de humedad por unidad de peso en base seca, se obtiene del peso perdido durante el Secado entre el peso de la muestra seca por cien.</p>	
<p>22</p>		<p>1. Pesando un pesafiltro en una balanza digital. TEXTO: EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO</p>	<p>Para evaluar el proceso de Secado de un material, se emplean gráficos conocidos como: -Curva de contenido de humedad a través del tiempo y -Curva de velocidad de Secado en función al contenido de humedad.</p>	
<p>23</p>	<p>TEXTO: <b>CONTENIDO DE HUMEDAD A TRAVÉS DEL TIEMPO</b></p> 		<p>Esta imagen ilustra cómo se comporta la humedad con respecto al tiempo durante un proceso de Secado. Se puede observar que al inicio de “A hasta B”, el producto puede o no experimentar un pequeño aumento de temperatura. Luego la evaporación del líquido a eliminar de “B a C”, se presenta a una velocidad constante, hasta que llega al punto “C”, llamado punto crítico, donde el contenido de humedad comienza a disminuir hasta “D” y finalmente el contenido de humedad es nulo en “E”, cuando el material está completamente seco.</p>	<p>Zaliwa “Listen to the silence”</p>
<p>24</p>	<p>Se mostrará la gráfica de velocidad de secado a través del contenido de humedad.</p>		<p>También la evaluación de los procesos de Secado generalmente se hace a través de las curvas de velocidad de Secado.</p>	<p>Zaliwa “Listen to the silence”</p>

<p>25</p>	<p>TEXTO:</p> <p style="text-align: center;"><b>VELOCIDAD DE SECADO A TRAVÉS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b></p> 	<p>Aquí una corriente de aire caliente pasa a través del sólido a secar para eliminar el vapor formado, si es suministrado a temperatura y humedad constante el proceso de Secado ocurre en dos periodos:</p> <p>Inicialmente la velocidad de Secado es constante de B a C hasta que llega al período llamado caída de velocidad de secado de C a D aquí el líquido a eliminar de la superficie del sólido está totalmente evaporado. El proceso termina en el punto E donde la velocidad de Secado es cero y comienza la humedad de equilibrio.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>26</p>	<p>1. El tiempo y la temperatura del infrarrojo con un alejamiento mostrando todo el equipo.</p>       <p>2. Polvo, Granulado, Densímetro, Termómetro (propiedades del producto).</p>  <p>3. Pesafiltro en forma alta, baja para el lecho.</p>	<p>Las condiciones de Secado no solo dependen del tiempo y la temperatura, también del mecanismo de Secado que es proporcionado por el equipo, incluso de las propiedades y características del producto a secar, como: tamaño de partícula, forma, porosidad, densidad, sensibilidad a la temperatura y toxicidad.</p> <p>Así como las características del espesor del lecho a secar.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>

<p>27</p>	<p>1. Equipos de secado utilizados en los laboratorios de Fes-Zaragoza.</p> 	<p>Para llevar a cabo este proceso de Secado, se utilizan diferentes tipos de secadores en la industria farmacéutica, cada uno diseñado para su propia especialidad y algunos lo suficientemente versátiles, como para secar más de un tipo de material húmedo.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>28</p>	<p>TEXTO: <b>OPERACIONES DE SECADO</b></p>	<p>De manera general el proceso de Secado se puede realizar de forma continua o discontinua.</p>	
<p>29</p>	<p>1. Imagen de lecho fluidizado en uso</p>  <p>TEXTO: <b>CONTINUAS</b></p> <p>TEXTO: Lecho fluidizado</p>	<p>En las operaciones continuas tanto la sustancia a secar como el aire caliente, pasan a través del equipo constantemente.</p>	
<p>30</p>	<p>1. Secador de bandejas con charola de aluminio.</p>  <p>TEXTO: <b>DISCONTINUAS</b></p>	<p>A diferencia de la anterior, la operación discontinua se refiere a un proceso semicontinuo, en el que se expone una cierta cantidad de sustancia a secar a una corriente de aire caliente y provoca la evaporación del líquido a eliminar.</p>	

<p>31</p>		<p>Videos sobre diferentes equipos de Secado en forma de cubo.</p>	<p>Como no existe una forma sencilla de clasificar los equipos de Secado, para fines de docencia se considera una clasificación de los secadores de acuerdo al tipo de transferencia de calor.</p>	
<p>32</p>		<p>Videos sobre diferentes equipos de Secado en forma de cubo. TEXTO:</p> <p><b>EJEMPLOS DE SECADORES</b></p>	<p>A continuación se darán algunos ejemplos de secadores utilizados comúnmente en la planta piloto farmacéutica de la FES Zaragoza.</p>	
<p>33</p>		<p>1. Alumno utilizando la estufa al vacío realizando una pérdida por Secado.</p> <p>TEXTO:</p> <p><b>a) Calentamiento por conducción.</b></p>	<p>Un ejemplo típico es la estufa al vacío, en este equipo la transferencia de calor inicia cuando el sólido entra en contacto térmico con la superficie caliente.</p> <p>Tiene la ventaja de que el Secado se produce a una temperatura baja y que hay menor riesgo de oxidación, por tener menos contacto con el oxígeno.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>
<p>34</p>		<p>TEXTO:</p> <p><b>b) Calentamiento por convección.</b></p> <p>1. Secador de charolas</p>	<p>Otro ejemplo considerado como uno de los más antiguos y sencillos es el secador en charolas de lecho fijo, conocido comúnmente como estufa.</p> <p>Este funciona haciendo circular uniformemente aire caliente, sobre el conjunto de charolas con ayuda del ventilador y las placas deflectoras, saliendo parte del aire húmedo del</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>

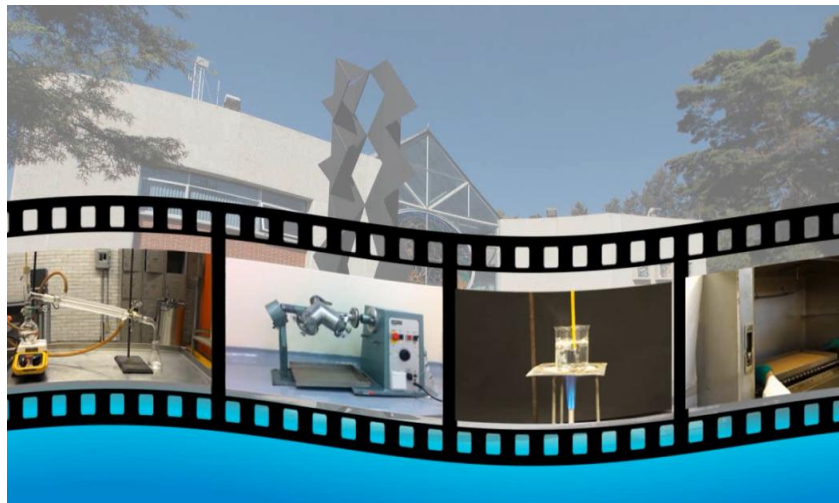


	 <p>2. Imagen animada de Ventilador.</p>  <p>3. Imagen animada de Placas deflectoras.</p>  <p>4. Salida de aire húmedo.</p>	<p>secador y otra parte se recircula, con el fin de conservar energía.</p> <p>Una de las ventajas más importantes es que se puede secar cualquier producto como: materias primas farmacéuticas, alimenticias y cosméticas</p> <p>Sus desventajas son ciclos de secado más largos, mayor mano de obra por lo cual se aumenta el costo del producto.</p>	
<p>35</p>	<p>TEXTO:</p> <p><b>C) Calentamiento por radiación.</b></p> 	<p>Calentamiento por radiación.</p> <p>Este tipo de secador proporciona un tiempo de Secado cortó a temperaturas bajas, es eficiente debido a que la penetración de la radiación y calor se genera uniformemente en el interior del sólido.</p> <p>Sin embargo, también presenta desventajas como el que solo se puede trabajar lotes pequeños y además es importante proteger a los operarios de la radiación, utilizando equipo de seguridad adecuado para este fin.</p>	<p>Zaliwa "Listen to the silence"</p>

36



Saldrán videos pasados de acuerdo al texto en una cinta filmica.



Recapitulando todo lo anterior, las Operaciones Unitarias se clasifican en 4 tipos, destacando la transferencia simultánea de materia y calor de donde proviene el Secado. Su importancia en la Industria Farmacéutica es en la fabricación de medicamentos sólidos orales, como: tabletas, cápsulas, polvos y granulados.

Depende de 3 mecanismos que son: convección, conducción y radiación y tienen en común que el calor fluye de una temperatura más alta hacia otra más baja con respecto al espesor del material, mismo que disminuye conforme se reduce el contenido de humedad, el cual se puede expresar en base húmeda y en base seca.

Para evaluar el proceso de Secado se realizan gráficos conocidos como:

Curva del contenido de humedad a través del tiempo y Curva de velocidad de Secado en función al contenido de humedad y se pueden ver modificadas por distintas variables que son: tiempo, temperatura, mecanismo

proporcionado por el equipo, características del producto y del espesor del lecho a secar. De manera general el proceso de Secado se realiza de forma continua o discontinua y los equipos de Secado se clasifican por su tipo de transferencia de calor, para conducción un ejemplo típico es la estufa al vacío, para convección, el secador de charolas de lecho fijo y para radiación el microondas.

Zaliwa  
"Listen to the silence"

37	<p>PARA LA GRABACIÓN DE ESTE VIDEO SE CONSULTARON LAS SIGUIENTES FUENTES.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lachman L, Herbert AL. The theory and practice of industrial Pharmacy. 2ª ed. Philadelphia: Lea &amp; Febiger; 1976.</li> <li>2. Weston GC. Fundamentos de operaciones unitarias: Serie de clases en Ingeniería Química. 1ª ed. Chile: Copyright; 2006.</li> <li>3. McCabe WL, Smith JC., Harriot P. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. 4ª ed. México: McGraw-Hill; 2007.</li> <li>4. Nonhebel G, Moss A. El secado de sólidos en la industria química. España: Reverte; 1979.</li> <li>5. Treybal RE. Operaciones de transferencia de masa. 2º ed. México: Mc Graw Hill; 1988.</li> <li>6. Aulton M. La Farmacia del diseño de las formas farmacéuticas. 2º ed. Madrid, España: Elsevier; 2004.</li> <li>7. Secretaria de Salud. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. 10ª ed. México: Publicaciones e impresiones de calidad S.A de C.V; 2011.</li> <li>8. Plan de Estudios de la Carrera de Química Farmacéutico Biológica (Modificación al Plan de Estudios de la Carrera de Química Farmacéutico Biológica de 1998) (2003). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Aprobado por Consejo Técnico de la FES Zaragoza. México.</li> </ol>		Zaliwa "Listen to the silence"
----	--	--	-----------------------------------

38	AGRADECIMIENTOS A: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA PROYECTO PAPIME PE 210612	Zaliwa "Listen to the silence"
39	Autores: Karina Mora Flores Jhonatan Josec Martínez Jaimes Directora: M. en DIIE. Francisca Robles López Asesora: Dra. Leticia Cruz Antonio	Zaliwa "Listen to the silence"
40	Colaboradores : Q.F.B. Ma. Cirenía Sandoval López Q.F.B. Ma. de Lourdes Cervantes Martínez Alexandre Duarte Álvarez	Zaliwa "Listen to the silence"
41	Locución: Elizabeth Mora Flores Musica de fondo: Zaliwa. Listen to the silence	Zaliwa "Listen to the silence"
42	Realización y Producción: Karina Mora Flores Jhonatan Josec Martínez Jaimes	Zaliwa "Listen to the silence"
43	LA SERIE FOTOGRAFICA INCLUIDA EN ESTE VIDEO SE LE ATRIBUYE A: Jhonatan M. Serie fotográfica de los Laboratorios Zaragoza Campus 2. Febrero del 2013. Archivo personal. D.R. UNAM FES Zaragoza Mayo 2013	Zaliwa "Listen to the silence"

## B. Video.

“Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica.”

Portada para la caja del video.

27.2 cm



Calcomanía para el CD del video.



## IX. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El innovar y reforzar el proceso de enseñanza-aprendizaje en todo lo referente a la Manufactura, Control de Calidad y Operaciones Unitarias que forman parte de la elaboración de un medicamento en el área farmacéutica de la carrera de QFB en la FES Zaragoza, no ha sido solamente a través de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la clase teórica y llevados a la práctica en un escenario real, también ha sido de forma significativa el aporte del material didáctico como apoyo a lo mencionado anteriormente, por lo que se elaboró un video titulado: “Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica” el cual describe los siguientes criterios:

- Definición de Operación Unitaria, se ilustra con la fabricación de una solución al inicio del video seguido de su clasificación, esta es la parte introductora para comprender que el Secado proviene de la transmisión simultánea de materia y calor, uno de los cuatro tipos de Operaciones Unitarias.
  
- Definición de Secado es una de las partes principales del video, muestra al alumno en qué consiste y como se debe realizar de forma adecuada este proceso.
  
- El tratamiento teórico del Secado de polvos depende de tres mecanismos de transferencia de calor, los cuales se ejemplifican con diferentes equipos utilizados en los Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza como se muestra en la fotografía 14, con la finalidad de comprender qué tipo de mecanismo

se está llevando a cabo al utilizar un equipo de Secado, además se menciona la importancia en la fabricación de medicamentos sólidos orales en la Industria Farmacéutica.

- ❏ Pérdida por Secado, se indican el correcto manejo del pesafiltro y desecador, igualmente se muestran las fórmulas para expresar el contenido de humedad de un producto ya sea en base húmeda o en base seca, debido a que en la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM) existen diferentes métodos de análisis para sólidos, que requieren la prueba de contenido de humedad en base húmeda también conocida como pérdida por Secado, una vez que se obtiene este resultado se suma en el promedio final de la valoración para dar un resultado final en base seca.
  
- ❏ Gráficos conocidos como curvas de Secado, el primero describe cómo se comporta la humedad a través del tiempo y el segundo como es la velocidad de Secado a través del contenido de humedad. Se explican de forma detallada enfatizando lo que ocurre con el producto en cada periodo de Secado con la finalidad de evaluar el proceso.
  
- ❏ Variables involucradas en el proceso, se mencionan con el propósito de conocer que características deben de tomarse en cuenta al momento de secar un producto.

En los Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza se cuenta con una variedad de equipos utilizados para el proceso de Secado, con fines de docencia, dichos equipos fueron clasificados en el video por el tipo de transferencia de calor,



desarrollando sus características, ventajas y desventajas para que el alumno tome en cuenta que equipo utilizar para el producto a secar.

La elaboración de este video se planteó como un recurso didáctico audiovisual, donde además de proporcionar información explícita, clara y fundamentada, pudiera guiar el aprendizaje y fortalecer los conceptos teóricos de la Operación Unitaria de Secado, a los alumnos de sexto semestre del módulo de Tecnología Farmacéutica I (TF I) para facilitar los conocimientos teóricos básicos que aplicará en los módulos de TF II y TF III.

Para el módulo de TF I en el capítulo cinco del Plan de Estudios actualizado de la carrera de QFB del año 2003 (Modificado al Plan de Estudios de 1998) <sup>27</sup>, marca de forma particular el tema de Secado, que contempla: conceptos básicos, balance de materia y energía, uso del Secado en la manufactura del medicamento, psicometría y cartas psicométricas, teoría y curvas de Secado para sólidos, factores que influyen en el proceso de Secado, clasificación de secadores y métodos para la determinación de agua y pérdida por Secado.

El tema de la operación unitaria de secado no está explícitamente descrito dentro de los objetivos a alcanzar en el módulo de TF II <sup>27</sup>, pero se infiere como un requerimiento básico para capacitar a los alumnos de la carrera de QFB orientación farmacia, sobre la producción y control de calidad de medicamentos en las diferentes etapas que son: producto en proceso, granel y terminado, dentro del tema de fabricación de formas farmacéuticas sólidas.

El módulo de TF III <sup>27</sup>, menciona de forma explícita el requerimiento del conocimiento teórico de TF I <sup>27</sup>, lo cual implica el conocimiento de la Operación Unitaria de Secado, como parte integral para formar a los alumnos en la selección, modificación y adaptación de formulaciones aplicadas a los diferentes principios

activos de uso farmacéutico, así como la comprensión de aspectos del diseño de formas farmacéuticas sólidas y selección del método de compresión (tableteado).

El video generado a partir del guión fue filmado en las instalaciones de los Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza, con imágenes claras, textos especialmente desarrollados para el tema, con efectos computarizados y animaciones, con una duración de 12 minutos aproximadamente.

La proyección de este video a los alumnos de sexto semestre de la carrera, está ya contemplada como una actividad predeterminada a realizar dentro de la asignatura de TF I, con el objetivo de exponer su contenido antes de ver el tema, el cual facilitara la construcción de un conocimiento significativo, con imágenes y palabras, transmitiendo una serie de conceptos, para concebir una imagen más real del proceso de Secado.

## X. CONCLUSIONES.

Se cumplieron los objetivos planteados en este trabajo ya que se elaboró un guión, donde fue fundamental conocer como se elabora, a quien va dirigido y que es lo que debe contener, para posteriormente crear el material didáctico audiovisual (video), como apoyo a la enseñanza-aprendizaje sobre los “Aspectos generales de la Operación Unitaria de Secado de polvos aplicado en la Industria Farmacéutica”, el cual permite al estudiante una rápida y simple aplicación a la práctica de estos conceptos teóricos en un escenario real, favoreciendo su rápida incorporación a la práctica profesional en el área de control de calidad y manufactura que forman parte de la elaboración de un medicamento en la Industria Farmacéutica. Esta innovación provocará una mayor calidad docente en la asignatura de Tecnología Farmacéutica, con la utilización de un medio eficaz para el acercamiento a la realidad de nuestro tiempo.

---

**XI. REFERENCIAS.**

1. Parcerisa A. Materiales curriculares: Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos. 6ª ed. España: Grao; 2006.
2. Glosario de términos educativos de uso más frecuente [en línea]. México, [Fecha de consulta: 14 de Junio del 2012]. Disponible en <http://www.profes.net/varioglosario/descripcion.htm>.
3. Aparicio G, De la idea al guión [en línea]. [Fecha de consulta: 23 de Abril del 2013]. Disponible en: [http://www.airecomun.com/sites/all/files/imce/ARTICULOS/Guion\\_aparicio.pdf](http://www.airecomun.com/sites/all/files/imce/ARTICULOS/Guion_aparicio.pdf).
4. Ferrés J, Bartolomé A. El vídeo enseñar video, enseñar con el video. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili; 1991.
5. Cameán AM, Gallego AJ, Moreno IM, Pichardo SS, Prieto AI, Repetto GK, Interés de la elaboración de videos didácticos como material de prácticas en la asignatura de “seguridad química”, Sevilla. 2005.
6. Lachman L, Herbert AL. The theory and practice of industrial Pharmacy. 2ª ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1976.
7. Patiño SJ, Estudio experimental de las hidrodinámicas de un lecho fluidizado al vacío empleando vapor sobrecalentado. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Mecánica), Puebla, México, Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería, 2004.
8. Vargas L, Procesos unitarios y plantas de tratamiento [en línea]. Estados Unidos [Fecha de consulta: 23 de Abril del 2013]. Capítulo 3. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/tres.pdf>
9. Weston GC. Fundamentos de operaciones unitarias: Serie de clases en Ingeniería Química. 1ª ed. Chile: 2006.
10. Marcilla GA, Gómez SA, García CA. Introducción a las operaciones de separación. Cálculo por etapas de equilibrio. 1ª ed. España: Textos docentes; 1998.
11. Geankoplis CJ. Proceso de transporte y operaciones unitarias. 3ª ed. México: Compañía editorial continental S.A de C.V; 1998.

12. Costa LJ, Cervera MS, Cunill GF, Esplugas VS. Curso de ingeniería química: Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte. 1ª ed. España: Reverte; 2004.
13. McCabe WL, Smith JC., Harriot P. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. 4ª ed. México: McGraw-Hill; 2007.
14. Nonhebel G, Moss A. El secado de sólidos en la industria química. España: Reverte; 1979.
15. Keey, R. B., Introduction to Industrial Drying Operations. Inglaterra: Pergamon Press, 1978.
16. Scribd, Secado y equipos de secado [en línea]. México, [2012], [14 de junio del 2012]. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/18664714/Secado-y-Equipos>.
17. Hernández Ruíz Gaytán J, Elaboración del material multimedia para la enseñanza experimental del proceso de secado en el laboratorio de procesos de separación. Tesis (Ingeniero Químico) D.F, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, 2010.
18. Pastrana J. Transmisión de calor [en línea]. [Fecha de consulta: 23 de Abril del 2013]. Capítulo 1. Disponible en: <http://juanpastrana.webhop.net/.../1A%20CONDUCCION.doc>.
19. Inzunza B. Física: Introducción a la mecánica. 1ª ed. Chile: Talleres dirección de docencia; 2002.
20. Vernon C, Secador de charolas [en línea]. México: Universidad Autónoma Metropolitana [Fecha de consulta: 23 de Abril del 2013]. Disponible en: <http://cbi.izt.uam.mx/iq/Laboratorio%20de%20Operaciones%20Unitarias/Practicas%20Laboratorios/PRACTICA6.pdf>.
21. Secretaria de Salud. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. 10ª ed. México: Publicaciones e impresiones de calidad S.A de C.V; 2011.
22. Treybal RE. Operaciones de transferencia de masa. 2º ed. México: Mc Graw Hill; 1988.
23. Cabezas CM, Evaluación nutritiva y nutraceútica de la mora de Catilla (*Rubus glaucus*.) Deshidratadas a tres temperaturas por el método de secado en

- bandejas. Tesis (Bioquímico Farmacéutico) Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Facultad de Ciencias, 2008.
24. Sulamita OA, Secado con bomba de calor para la deshidratación de frutos. Tesis (Ingeniería Química) Puebla, México. Universidad de las Américas Puebla, Escuela de Ingeniería. 2003.
25. Swarbrick J. Encyclopedia of pharmaceutical Technology. 4<sup>a</sup> ed. New York: Marcel dekker INC; 1997.
26. Aulton M. La Farmacia del diseño de las formas farmacéuticas. 2<sup>o</sup> ed. Madrid, España: Elsevier; 2004.
27. Plan de Estudios de la Carrera de Química Farmacéutico Biológica (Modificación al Plan de Estudios de la Carrera de Química Farmacéutico Biológica de 1998) (2003). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Aprobado por Consejo Técnico de la FES Zaragoza. México.