

20A
1ej

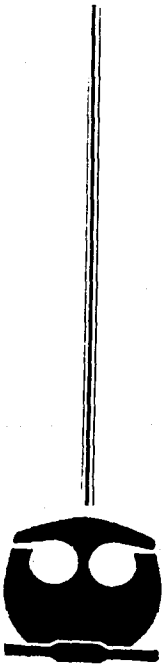
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



FACULTAD DE QUÍMICA

DISEÑO DE UNA PRACTICA DE LABORATORIO
DE OPERACIONES UNITARIAS FARMACEUTICAS:
"DE MEZCLADO"

JOSE ANDRES, CONDE PEREZ
INGENIERO QUÍMICO



México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

	Pagina
Introducción.....	9
Antecedentes.....	12
CAPITULO I	
Aplicaciones del mezclado en la Industria Farmaceutica..	14
1.1 Clasificación de los sistemas del mezclado.....	17
1.2 Principales aplicaciones del mezclado.....	18
CAPITULO II	
Conceptos y fundamentos del mezclado de sólidos.....	33
2.0 Características de los polvos.....	34
2.1 Que es un polvo.....	34
2.2 Fundamentos Físico-Químicos.....	34
2.3 Causas que provocan los aglomerados.....	35
2.4 Fenómenos Electrostáticos.....	37
2.5 Propiedades de adsorción.....	37
2.6 Fluides.....	38
2.7 Comportamiento de la absorción.....	39
2.8 Clasificación de los polvos según su composición....	40
2.9.1 Generalidades de mezclado.....	41
2.9.2 Mecanismos de mezclado.....	43
2.9.3 Características de los sólidos.....	45
2.10 Velocidad de mezclado.....	49
2.11 Tiempo de mezclado.....	50
2.12 Capacidad útil de trabajo.....	51
2.13 Muestreo.....	51
2.14 Métodos de evaluación de muestras.....	53
2.14.1 Tamizado.....	53
2.14.2 Refractometría.....	53

2.15 Aspectos estadísticos para determinar grado e índice de mezclado.....	57
2.16 Equipos de mezclado.....	52
2.16.1 Mezcladores de carcasa giratoria.....	62
2.16.2 Mezcladores de carcasa fija.....	63
2.16.3 Mezcladores diversos.....	64
2.17 Transmisión de fuerza motriz a los mezcladores.....	68
2.18 Consumo de potencia.....	71
2.19 Selección del equipo.....	71
CAPITULO III	
Balances de materia y energía.....	72
3.1 Balance de materia.....	74
3.2 Balance de energía.....	76
CAPITULO IV	
4.1 Preparación del granulado.....	79
4.2 Fórmula para la preparación del granulado.....	79
4.3 Propuesta para el desarrollo de la parte experimental.....	81
CAPITULO V	
Calibración de instrumentos.....	82
CAPITULO VI	
Certificación del equipo.....	86
6.1 Mezclador de cubo.....	87
6.2 Mezclador planetario.....	87
6.3 Mezclador de doble pistón.....	88
CAPITULO VII	
Experimentos y resultados.....	93
7.1.1 Detalle de una corrida mezclador de cubo.....	94
7.1.2 Mezclador planetario.....	104

	Página
7.1.3 Mezclador de doble listón.....	119
7.2 Segunda parte.....	121
7.2.1 Reactivos.....	123
CaCO ₃	
NaCl	
7.2.2 Material.....	123
7.2.3 Equipo.....	124
7.2.4 Metodología.....	126
7.2.5 Curva patrón.....	127
7.2.6 Detalle de una corrida.....	130

CAPITULO VIII

Instructivo de la práctica.....	160
Análisis de resultados.....	170
Conclusiones.....	175
BIBLIOGRAFIA.....	178

I N T R O D U C C I O N

El diseño de esta tesis sobre una Práctica de Laboratorio de Operaciones Unitarias Farmacéuticas y con el tema de mezclado es con la finalidad de dar apoyo a las prácticas de laboratorio de Tecnología Farmacéutica I para los Químicos Farmacéuticos Biólogos que cursan a nivel licenciatura esta materia.

Como se sabe tanto la agitación como el mezclado juegan un papel muy importante en la Industria química, ya que en muchas ocasiones y sobre todo en la rama Farmacéutica es de vital importancia para obtener un producto terminado con alto grado de homogeneidad, siendo en muchos casos la distribución líquido - líquido, gas - líquido, sólido - líquido y sólido - sólido.

Para el desarrollo de esta práctica de mezclado de sólidos se buscó un modelo que ejemplifique tan importante operación unitaria, así mismo se intentó adaptarla a la realidad y aplicación industrial.

Este trabajo contiene una parte teórica, la cual incluye: antecedentes, definiciones e importancia de la aplicación que tiene el mezclado en la industria farmacéutica, así como sus fundamentos científicos, equipo y los respectivos cálculos teóricos que involucran para evaluar un buen grado de homogeneidad en una mezcla.

En la parte experimental diseñada se trabaja con dos granulados de diferentes tamaños de partícula, los cuales fueron diferenciados también por su color, los que se mezclan utilizando tres tipos de mezcladoras (cubo, planetario y de listón), evaluando después la homogeneidad de la mezcla por el método de tamización, ya que al ser dos granulados de diferente tamaño y color se pueden separar casi en su totalidad por este método y definir la cantidad de cada componente por un sistema de muestreo y cálculo preciso.

Además del mezclado de dos componentes de diferente tamaño de partícula y color se aplicó otra alternativa en el tipo de los componentes.

Esto fue considerar dos componentes (NaCl y CaCO₃) que tienen distinta solubilidad y casi igual tamaño de partícula. También se mezclaron diferentes proporciones en tres diferentes mezcladoras (cubo, planetario y de listón), evaluando la homogeneidad por el método de refractometría.

Al final se presenta una discusión respecto a los resultados obtenidos en la parte experimental.

Desde luego no se pretende agotar el tema, tan solo se ha deseado contribuir al estudio y desarrollo de éste diseño de práctica para el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica I.

ANTECEDENTES

Desde mucho tiempo atrás, el hombre ha realizado operaciones para él sencillas en el desempeño de sus actividades diarias. Estas operaciones que formaron después lo que hoy se conoce como tecnología empezaron siendo acciones muy rudimentarias. Así, mezcló, secó, agitó, evaporó, calentó y ejecutó muchas de las operaciones que con el tiempo pasaron a jugar un papel muy importante en la industria. Dichas operaciones conocidas como Operaciones Unitarias, han evolucionado teóricamente y prácticamente con el paso de los años, sin embargo no todas han alcanzado los mismos niveles de desarrollo. Se puede decir incluso que dentro de una misma operación unitaria puede haber diferencias entre el grado de desarrollo científico para diferentes sistemas. El concepto de sistema mencionado se refiere a las fases que operan simultáneamente para un proceso. Así pues tenemos sistemas: sólido-líquido, sólido-gas, líquido-gas, gas-gas, líquido-líquido, y sólido-sólido.

Entre las operaciones unitarias que se suceden diariamente en la industria están la agitación y el mezclado. Debido a la simpleza aparente que presenta éste último, su desarrollo más que teórico, ha sido tecnológico y basado en la experiencia.

Mientras que algunas operaciones que parecen tan complicadas, como la destilación, han alcanzado un alto grado en el desarrollo teórico-práctico, otras tan simples en su realización, como las

mencionadas anteriormente, no han podido igualar ese grado de desarrollo.

En el desarrollo de cualquier operación unitaria, el camino lógico a seguir es, primero, su comprensión, después el desarrollo de expresiones matemáticas aplicadas al proceso, y por último el desarrollo del equipo para su mejor realización.

En la Industria Farmacéutica la agitación y el mezclado juegan un papel muy importante en la producción de formas farmacéuticas sólidas y líquidas, las cuales facilitan su manejo y hacen de ellas una de las formas farmacéuticas de mayor uso, en la actualidad, prácticamente todos los compuestos se dispensan como polvos o formas de aglomeración derivadas para asegurar su estabilidad; aproximadamente el 88% pertenecen a ésta presentación.

CAPITULO I

APLICACION DE LA AGITACION Y MEZCLADO EN LA INDUSTRIA

FARMACEUTICA

1. GENERALIDADES

Como se ha visto, muchas operaciones en los procesos dependen de una agitación y mezclado efectivo, con frecuencia estas operaciones se confunden, pero agitación y mezclado no son sinónimos. La agitación se refiere a crear movimientos violentos e irregulares en el seno de una materia fluida o que se comporte como tal. El mezclado es una operación en la cual dos o más ingredientes separados o rudimentariamente mezclados se procesan para que cada partícula de cada componente esté lo más cerca posible de una partícula de los demás ingredientes.

En la industria farmacéutica éstos procesos de Agitación y Mezclado son frecuentemente empleados para obtener infinidad de formas farmacéuticas, en donde el principio activo o principios activos se combinan en forma homogénea para formar una solución o una mezcla con uno o más vehículos (caso de las soluciones, emulsiones, jarabes etc), o excipientes (caso de los sólidos, tabletas, granulados, grageas etc).

Más adelante daremos ejemplos de formas farmacéuticas, así como una breve descripción de la definición de cada una de ellas junto, con un resumen del procedimiento de fabricación comúnmente empleado.

Previo a esto señalaremos algunos conceptos o definiciones que

estén relacionados al desarrollo de este tema. Dentro de los que podemos considerar los siguientes; homogenizar, amasar, suspender, emulsionar, etc., esto va relacionado con el mezclado de líquidos, mezclado de semisólidos, mezclado de sólidos, mezclado de líquidos con gas etc.

HOMOGENIZACION: en una mezcla todas las partes integrantes están dispersas uniformemente una en otra, con esto se asegura la exactitud de la dosificación por lo que debe procederse al mezclado con suficiente cuidado y conocimiento, para lograrlo con mayor facilidad puede mecanizarse y racionalizarse fácilmente la operación de mezclado, utilizando mezcladoras mecánicas. (1)

AMASAR: es unir componentes sólidos con líquidos o semisólidos en masas plásticas, principalmente por acción de movimiento de partes del equipo especializado para tal fin (paletas, brazos, listones helicoidales, etc.)

SUSPENDER: es repartir uniformemente un sólido en un líquido sin llegar a ser solución

Por efecto de la gravedad llega a romperse el sistema. La fase interna (sólido) se distribuye uniformemente en la fase externa (líquido) y debe mantenerse el

mayor tiempo posible suspendido para garantizar la exactitud de la dosificación. El tamaño de partícula y la viscosidad de la fase exterior son responsables de la suspensión del sólido. (1)

EMULSIONAR: es unir dos líquidos inmiscibles entre sí, repartiéndose un líquido en el otro en forma de pequeñas gotas. Pueden emulsionarse agua y aceite, grasa y agua, cera y agua. (1)

1.1 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DEL MEZCLADO

De acuerdo a la naturaleza de los componentes se distinguen los siguientes sistemas:

I.- Sistema líquido de una sola fase.

Supone condiciones homogéneas ya que interviene en la mezcla de dos o más líquidos miscibles o bien facilitar la transferencia de calor para homogenizar temperaturas.

II.- Sistema líquido de dos fases.

Se refiere a sistemas líquidos heterogéneos por ejemplo: emulsiones y procesos de extracción líquido-líquido.

III.- Sistema gas-líquido.

Tiene gran aplicación en los procesos fermentativos, en especial en la producción de antibióticos.

IV.- Sistema sólido-líquido.

Por ejemplo jarabes, suspensiones inyectables, oftálmicos, etc.

V.- Sistema sólido-sólido.

Como materiales de partida para numerosas formas farmacéuticas como granulados, tabletas gaseas, cápsulas, etc.

1.2. Principales aplicaciones del mezclado.

Mezcla de Líquidos

En este proceso los componentes de menor masa se pesan primero, se añaden a las masas mayores en la cantidad necesaria y la mezcla se agita hasta disolver totalmente cada sustancia antes de añadirse la siguiente. Los líquidos con olor fuerte se añaden en último lugar.

Mezcla de Semisólidos

También se disuelven sustancias sólidas, líquidas o gaseosas en una sustancia fundida (mezcla en fusión), que solidifica después de enfriarse, el aspecto exterior es el de una pomada (semisólido), o supositorio (sólido).

Mezcla de Sólidos

La industria farmacéutica utiliza el mezclado de polvos como

exigencia preliminar en muchas reacciones químicas, pero también como etapa necesaria en la formulación de ciertas formas farmacéuticas sólidas (tabletas, grageas, granulados etc.) Como medio de homogenizar distintos lotes y permitiendo hacerlos uniformes.

APLICACION DE LOS POLVOS EN SOLUCION O MEZCLAS DE ELLO EN LA INDUSTRIA FARMACEUTICA

Los polvos aparecen en casi todos los aspectos de la farmacia como:

- aerosoles
- cápsulas
- cremas
- grageas
- granulados
- jarabes
- oftálmicos
- pastas
- emulsiones
- suspensiones
- tabletas
- ungüentos

AEROSOLES

DEFINICION

Son sistemas sólido-gas o líquido-gas, donde la fase líquida o sólida representa al medicamento y lo contiene en forma disuelta o suspendida y la fase gaseosa representa al medio de dispersión.

Pertenece a los sistemas dispersos, en los que la fase dispersa aparece en forma líquida o sólida en un agente dispersante.

gaseoso, en el primer caso se produce una niebla, en el segundo una nube de polvo.

PREPARACION

Los aerosoles pueden formarse por evaporación, pulverización (nebulización) y formación de turbulencia.

El bote de spray consta de:

- envase
- gas a presión (propelente)
- sistema de válvula con cabeza pulverizadora
- tubo de salida

Al salir el spray por la válvula, se produce una expansión de la MEZCLA resultando una pulverización en partículas pequeñísimas capaces de flotar en el aire.

El medicamento se encuentra ya disuelto en el gas propelente, si no es suficiente puede añadirsele disolventes adicionales.

CAPSULAS

DEFINICION

Son cuerpos huecos moldeados y generalmente elásticos que contienen medicamentos. Existen dos tipos de cápsulas que son de gelatina dura y cápsulas de gelatina blanda. Las primeras son

contenedores previamente fabricados, constan de un cuerpo y una tapa que puede ser de igual color o distinto. Dentro de la cápsula y con equipo especial se colocan las mercliar de polvos sólidos que contienen uno o más principios activos junto con uno o más excipientes. Los cápsulas de gelatina blanca son contenedores que se moldean o se fabrican también empleando gelatina a la cual se le adicionan cierto aditivos para hacerla más elastica (POLIETILENGLICOLAS ETC.) y al momento de solidificar dentro del molde da la forma (esférica, ovalado, microbotella etc.). Durante el moldeo se inyecta el o los principios activos disueltos o suspendidos en un medio acuoso u oleoso y por goteo o inyección se coloca ésta (suspensión), dentro del contenedor y se sella por calentamiento, haciendo el corte del resto de la gelatina quedando así formada la perla (circular), o cápsula

PREPARACION DE LA CAPSULA

Se realiza por el procedimiento de inmersión, en el cual se sumergen los moldes en la solución de la gelatina. Después del secado pueden extraerse las cápsulas solidificadas, listas a ser llenadas. El llenado se realiza volumétricamente después de obtener una MEZCLA homogénea del medicamento. Para una dosificación exacta se presupone un tamaño de partícula lo más uniformemente posible, así como una buena fluidoz, para mejorar

la fluidez puede granularse o añadirsele un agente dosificante.

Básicamente las cápsulas de gelatina se utilizan para medicamentos en polvo finamente divididos y perfectamente MEZCLADO. Las cápsulas son preparados farmacéuticos con dosificación unitaria, que surgen de la necesidad de una forma oral agradable, a su vez protege al medicamento de influencias exteriores.

CREMAS

DEFINICION

Son emulsiones líquidas viscosas o semisólidas de aceite en agua o agua en aceite.

Comprenden una gran variedad de preparados para cosméticos. Las cremas de aceite en agua incluyen cremas de afeitado, cremas para las manos, cremas para maquillaje, etc.

Las cremas de agua en aceite comprenden las cremas emolientes.

PREPARACION

Las cremas se preparan por un calentamiento bifásico. Los constituyentes de la fase oleosa se MEZCLAN en un recipiente y se calientan a 75°C. En otro recipiente se calientan los componentes de la fase acuosa (incluyendo al emulsificante), hasta un poco más de 75°C.

Luego se agrega la fase acuosa a la oleosa con lentitud y AGITACION constante, se deja enfriar la MEZCLA mientras se sigue AGITANDO con lentitud.

EMULSIONES

DEFINICION

Es un sistema de dos fases en el que un liquido se dispersa en forma de pequeñas gotitas en otro liquido. El liquido disperso se conoce como fase interna y el medio de dispersión como la fase externa.

PREPARACION

En la preparación de una emulsión se MEZCLAN dos sustancias parcialmente solubles o totalmente inmiscibles, pueden ser sustancias líquidas o semisólidas. Las emulsiones se estabilizan con emulsificantes adecuados (agentes tensioactivos o surfactantes), que disminuyen la tensión superficial entre dos fases o el uso de coloides protectores viscosos por ejemplo acacia, sulfatos alquílicos, compuesto cuaternarios de amonio, lanolina anhidra etc. Aquí el MEZCLADO es muy importante y delicado, ya que se debe obtener un producto homogéneo y estable durante un gran lapso de tiempo.

GRAGEAS

DEFINICION

Son comprimidos o tabletas (núcleos) recubiertos o no con medicamentos dosificados, provistos de un recubrimiento coherente uniforme y destinado a ingerirse sin ser dividido.

Las grageas constan de:

- a) el núcleo
- b) el recubrimiento

PREPARACION

Método tradicional:

Existen dos procedimientos para su preparación

- En frío
- En caliente

Se diferencian simplemente por la temperatura de secado de los núcleos.

Ambos procedimientos muestran las siguientes etapas.

- a. Protección, se cubre el núcleo seco con una o más capas de soluciones de (alcohol), goma laca, acetato de polivinilo, acrílicos tipo eudragit, etc., que lo protejan de la humedad.
- b. Recubrimiento, se aplican de siete a diez capas de jarabe de azúcar, se deja secar la primera capa para aplicar la siguiente.

- c. Coloreado, puede aplicarse junto con el recubrimiento o al final
 - d. Alisado, se realiza con un jarabe, con el que se obtiene una capa que cristaliza lentamente y da un aspecto vítreo.
 - e. Finalmente se pulen con cera (de abeja al 8%, carnauba al 2%).
- Todas estas etapas se realizan en un bombo, durante el transcurso del procedimiento se realiza el MEZCLADO de cada una de las sustancias con cada uno de los núcleos.

Recubrimiento con Película Fina (Film coating)

El núcleo se recubre con una película la cual es una solución de un filminógeno (carboximetil celulosa, propiltil celulosa polivinil-pirrolidona, Eudragit, etc.) en un solvente orgánico o acuoso. En dicha solución también puede existir un saborizante o colorante además de un sólido o mezcla de sólidos en suspensión.

Esta solución o suspensión se aplica a los núcleos previamente colocados en el bombo por medio de aspersión con aire (pistola) evaporando el solvente que se deposita por inyección y extracción de aire caliente para ir poco a poco formando una película fina.

GRANULADOS

DEFINICION

Son preparados sólidos, que consisten en granos de forma

irregular pero con un tamaño bastante uniforme. Cuyo tamaño no suele pasar de 0.8 mm.

La superficie de los granulados puede ser desigual y rugosa según el método de preparación.

Esta operación interviene en la fase intermedia de fabricación de tabletas, como también en la preparación de núcleos para formar grageas ó para formar un granulado el cual se puede disolver o reconstruir con agua preferentemente y aplicarlo por vía oral al paciente.

PREPARACION

Se pueden obtener tanto por vía húmeda, como por vía seca. Por vía húmeda se MEZCLAN las sustancias finamente pulverizadas, adicionándoles un líquido (solución con un adhesivo), para humedecer, se tamiza en húmedo, se seca, se vuelve a tamizar en seco, y finalmente se separan los componentes finos.

De éste modo se tiene un granulado listo para usarse en la elaboración de comprimidos previa adición de un lubricante, o tener un granulado como forma farmacéutica final.

JARABES

DEFINICION

Son preparaciones farmacéuticas líquidas, con un alto contenido

de sacarosa, al menos un 50%, con una densidad de 1.32 gramos/cm³ a 15°C. Que se administra por vía oral y por cucharadas a intervalos regulares.

PREPARACION

Para la preparación de jarabes puede disolverse el medicamento en un jarabe simple o bien MEZCLARSE con él.

El jarabe simple se prepara con 360 gr de agua y 640 gr de sacarosa. Se calienta el agua a ebullición se interrumpe el calentamiento y se disuelve la sacarosa, AGITANDO. Si el jarabe se prepara con una solución acuosa que contiene materia orgánica, por lo general es correcto calentar el jarabe a ebullición para coagular la materia albuminosa la cual se separa por filtración. Si se permite que la albumina u otras impurezas queden en el jarabe podría inducirse la fermentación en agua caliente.

Finalmente la solución se completa hasta la masa prescrita con agua caliente a ebullición, AGITANDO LA MEZCLA. Durante el proceso se puede adicionar otro edulcorante (glicerina, glucosa, propilen glicol, etc.) para evitar la cristalización del azúcar junto con algún saborizante, conservador o colorante.

OFTÁLMICOS

DEFINICION

Son preparados líquidos que contienen los medicamentos disueltos, emulsionados o suspendidos. Se destinan a su uso sobre el ojo y en general se presenta a los pacientes en envases multidosis (frasco gotero), se dosifican gota a gota.

Como el ojo es un órgano muy sensible las exigencias sobre la calidad de los oftálmicos son extremadamente exigentes. Las gotas oftálmicas deben tener buena actividad y tolerancia fisiológica. Además de que deben ser soluciones o suspensiones estériles.

PREPARACION

Para soluciones, el o los medicamentos se disuelven, AGITANDO, en la cantidad necesaria del vehículo y obtener así una solución isotónica, finalmente se completa con el vehículo a la cantidad exigida.

Para suspensiones acuosas, se trituran el o los medicamentos hasta el tamaño de partícula exigido (alrededor de $10-20\mu$) y se suspende en el vehículo medicamentoso AGITANDO constantemente.

PASTAS

DEFINICION

Son suspensiones de alta concentración de sólidos, con

deformabilidad plástica que se destinan a su uso sobre la piel o las mucosas.

Contienen en general al menos 45% del componente suspendido, deben ser de textura uniforme, ya que al extenderse sobre el dorso de la mano no deben ser perceptibles partículas sólidas.

Debido a su alto contenido de sólidos las pastas muestran un comportamiento absorbente muy bueno.

PREPARACION

Como medio dispersante se utilizan principalmente bases de pomadas (vaselina o petrolato sólido), que solo deben fundirse, si esto representa una simplificación del trabajo.

Si se contienen aceites grasos en la fórmula, las sustancias finamente pulverizadas se MEZCLAN primero con ellos, MEZCLANDOSE a continuación con la base de la pomada y se eleva la temperatura de alrededor de 90-105°C con el fin de eliminar por calentamiento algún contaminante patógeno, siempre y cuando los excipientes o principios activos sean termoestables.

SUSPENSIONES

DEFINICION

Son preparados líquidos que contienen el medicamento suspendido en un grado de molienda o trituración correspondiente a la

utilización a la que se destina, y que en casos dados se preparan utilizando condyuvantes adecuados.

PREPARACION

Se realiza básicamente en cuatro etapas.

- molienda de la fase dispersa
- MEZCLA y reparto de la fase dispersa en el dispersante
- estabilización para evitar o disminuir la separación de fases
- homogenización; distribución uniforme de la fase dispersa en el dispersante

Se MEZCLA en primer lugar el medicamento con una pequeña cantidad de dispersante. Si el agente dispersante consta de varios líquidos con diferente viscosidad puede resultar favorable al utilizar el componente de mayor viscosidad primero. Luego la MEZCLA se diluirá paulatinamente con el resto del agente dispersante.

Para comprobar la calidad de las suspensiones puede tomarse muestras inmediatamente después del AGITADO.

TABLETAS

DEFINICION

Son formas farmacéuticas sólidas de dosificación constante que contienen principios activos junto con excipientes apropiados o

sin ellos que se preparan mediante compresión o moldeado. Las tabletas son de forma discoidal, redondas, ovales, oblongas, cilíndricas o triangulares.

PREPARACION

Se realiza en dos etapas:

- preparación del granulado
- compresión

El método más usual para preparar la granulación es el de la vía húmeda que consta de:

- pesada
- MEZCLADO
- humectación
- tamizado de la masa húmeda
- secado
- tamizado en seco
- mezclado con el lubricante
- compresión

Además el tamizado produce un MEZCLADO adicional

El otro método de granulación es en seco y se usa cuando la droga es sensible a la humedad, o no soporta temperaturas durante el secado y cuando los constituyentes poseen altas propiedades cohesivas. Este método se le denomina "Compresión Directa"

UNGUENTOS

DEFINICION

Son preparados semisólidos generalmente anhidros o con menos del 20% de agua para aplicación dérmica oftálmica o nasal para la aplicación externa en la piel o en las membranas mucosas. Las bases oleaginosas se describen como unguentos, pero a las bases en emulsión se les denomina cremas o lociones, si cualquiera de ellos contiene gran cantidad de sólidos se denomina pasta.

PREPARACION

El material finamente pulverizado de la droga se MEZCLA muy bien con una pequeña cantidad de la base para formar un concentrado, después éste concentrado se diluye geométricamente con el resto de la base.

Si la droga es hidrosoluble se puede disolver en agua y la solución resultante se incorpora al vehículo empleando una pequeña cantidad de lanolina u otro excipiente soluble en agua y aceite (Carbowax: polietilenglicoles solubles y miscibles en agua y en la mayor parte de alcoholes y disolventes orgánicos) si la base es oleaginosas.

C A P I T U L O I I

C O N C E P T O S Y F U N D A M E N T O S

D E L M E Z C L A D O

D E S O L I D O S

2.- CARACTERISTICAS DE LOS POLVOS

2.1. QUE ES UN POLVO

Definición:

Son masas de sólidos secos triturados o micronizados cuyas partículas aisladas exhiben diferentes formas y tamaños en dependencia del proceso de obtención y de molienda. En el campo farmacéutico no se ha llegado a determinar con precisión hasta que tamaño de partícula pueden los sólidos denominarse polvos. En el mezclado de los polvos todos los componentes deben de poseer un grado de trituración aproximadamente igual (para su verificación, por análisis de partículas o una determinación microscópica), y estar repartidos de un modo homogéneo. Esto es imprescindible para alcanzar una dosificación con exactitud.

2.2. Fundamentos Físico-Químicos.

Los polvos han de contemplarse como sistemas dispersos del tipo sólido-gas cuya fase interna (dispersa) esté constituida por las partículas sólidas. Estas están compuestas de agregados de moléculas que se mantienen juntas por medio de las fuerzas de cohesión. Pueden unirse en entidades más grandes como cristales o agregados. Según su forma las partículas sólidas se tocan por sus esquinas, cantos o caras, los espacios están llenos de

aire. La relación de volúmen entre la sustancia sólida y el aire que la separa viene determinada principalmente por la forma de las partículas. En partículas esféricas y elipsoidales la distancia entre las partículas es relativamente pequeña, por lo tanto su volúmen intersticial también lo es. Se produce en este caso el agrupamiento denso que se denominará "gran densidad de empaquetamiento".

Las partículas en forma de agujas o barra se agrupan desordenadamente, producen espacios intermedios mucho mayores, lo que da un empaquetamiento de las partículas más mullido que se denomina "baja densidad de empaquetamiento".

PROPIEDADES DE GRAN SIGNIFICACION PARA EL EFECTO DEL MEDICAMENTO: FORMACION DE AGLOMERADOS

Cuanto menor sea una partícula mayor es su tendencia a uniformarse con otras dandonos un agrupamiento relativamente estable.

2.3. Causas que provocan los aglomerados:

- . fuerzas de cohesión
- . energía de frotamiento
- . fuerzas electrostáticas

A medida que halla una trituración progresiva de una sustancia

sólida, se produce un aumento de la superficie y con ello un aumento de la energía superficial y esto eleva la formación de aglomerados, ya que las partículas tienden a llegar a un estado de menor contenido de energía.

- Dificultades que provocan los aglomerados:

- . en la determinación exacta del tamaño de partículas
- . no favorecen la fluidez del polvo
- . dificultan los procedimientos del mezclado

Los aglomerados pueden destruirse o romperse por medio de:

- tamización
- remoción energética de la masa
- humectación de la misma con un líquido que posea una menor tensión superficial que la sustancia que se trata.

La formación de aglomerados puede evitarse si, el polvo se mezcla con el de otra sustancia cuyas partículas sean esencialmente menores y exhiban por tanto una gran superficie. Por ejemplo dióxido de silicio finamente dividido (aerosil), cuyas partículas revisten las partículas primarias del polvo a proteger de la formación de aglomerados. La adición debe hacerse en una determinada concentración que es dependiente de la superficie de la sustancia de que se trate, si se rebasa la concentración, se

satura la superficie de las partículas primarias y la misma sustancia añadida puede formar los aglomerados.

2.4. FENOMENOS ELECTROSTATICOS

Son provocados debido a la energía de frotamiento, que conducen a dificultades tecnológicas en el trabajo de polvos muy finos. Cada material se carga electrostáticamente en el contacto con otros materiales. Esta propiedad aparece especialmente en la trituración de cristales y es más fuerte cuanto más se trituren las partículas. Muestran grandes campos electrostáticos las puntas o las esquinas de las partículas. Estos fenómenos electrostáticos han de eliminarse por descarga, agregando una sustancia con carga contraria o descarga con un menor tamaño de partícula. Esto se consigue también mediante un molido en húmedo.

2.5. PROPIEDADES DE ADSORCION

Adsorción es la acumulación de gases o sustancias disueltas junto a la superficie de un polvo por la acción de fuerzas superficiales (fuerzas de Van der Waals), cuanto menor sea el tamaño de partículas, mayor es su superficie y más puede adsorber.

Las sustancias utilizadas como adsorbentes poseen grandes superficies internas (además de la superficie externa)

constituida por poros y grietas. Es poco deseable en muchos medicamentos la adsorción de vapor de agua a la superficie de las partículas de polvo, ya que favorecen procesos de degradación por hidrólisis que repercuten directamente a la estabilidad del medicamento. Para evitarlo se puede hacer, secar la sustancia, adición de alguna sustancia que tome el agua como el dióxido de silicio que produce un esponjamiento y facilita el flujo.

2.6. FLUIDEZ

La fluidez y la capacidad de deslizamiento son de gran significación en los polvos que han de ser dosificados. En la elaboración de tabletas o llenado de cápsulas la exactitud de la dosificación depende de la fluidez del material.

- Factores que afectan la fluidez:

- . humedad ambiental adsorbida
- . tamaño y forma de la partícula
- . cargas electrostáticas
- . propiedades de empaquetamiento

- Cómo aumentar la fluidez:

- . secado del polvo
- . la separación de partículas finas (menor 10μ m.)
- . adición de agentes fluidificantes, deslizantes (dióxido de

silicio, talco, estearato)

granulación (formación artificial de partículas más gruesas)

2.7. COMPORTAMIENTO EN LA ABSORCIÓN (RESORCIÓN)

La absorción y con ella la entrada en acción, la intensidad y la duración del efecto de los medicamentos es dependiente con frecuencia del grado de trituración. Con la disminución del tamaño de partículas se incrementa la superficie y con ello la velocidad de disolución. Esto tiene un mayor efecto cuanto menor sea la solubilidad del medicamento en agua o en fluidos corporales.

Por eso se acelera y optimiza frecuentemente la absorción de medicamentos difícilmente solubles en agua por la utilización de un micropolvo (1 a 5 μ m o nm), con lo cual se ahorra sustancia simultáneamente, por ejemplo la griseofulvina alcanza un efecto doble si la sustancia se tritura de 10 μ m a 3 μ m.

Sin embargo no se puede generalizar, en el caso de determinados medicamentos, el micropolvo puede ser menos efectivo, la causa hay que buscarla en los fenómenos de degradación, que se favorecen por medio de un aumento de superficie (ej. penicilina).

RESORCIÓN. - Acción y efecto de resorber.

RESORBER. - Acción de absorber.

2.8. CLASIFICACION DE LOS POLVOS SEGUN SU COMPOSICION

Polvos simples o sin mezclar

Polvos mixtos o mezclados

POLVOS MIXTOS:

Todos los componentes deben ser repartidos en forma homogénea. Las dificultades aumentan en el mezclado cuando los componentes poseen diferente tamaño de partícula, y apreciable diferencia de densidades.

INDICACIONES GENERALES PARA LOGRAR UNA MEZCLA HOMOGENEA.

- deben mezclarse partículas con tamaño de grano lo más próximo posible. Cuanto más fino sea el tamaño de partículas de las sustancias a mezclar, se alcanza más rápidamente la homogeneidad.
- la relación a mezclar debe ser de 1 a 1 preferentemente.
- el grado de mezcla es en función del tiempo, que depende de las propiedades de los componentes a mezclar y del método de mezclado (equipo).
- el procedimiento de mezclado requiere una continua expansión y movimiento del lecho del polvo.

2.9. GENERALIDADES DE MEZCLADO

Es interesante señalar varios conceptos sobre el término "MEZCLAR" que han dado varios autores:

2.9.1. DEFINICIONES

MEZCLAR:

Implica partir de dos fases individuales, tales como un fluido y un sólido pulverizado o dos fluidos y lograr que ambas fases se distribuyan entre sí. (Geankoplis, 1982)

MEZCLAR:

Es una operación en la cual dos o más ingredientes separados o mal mezclados, se procesan para que cada partícula de cada ingrediente este lo más cerca posible de una partícula de los demás ingredientes. (J. H. Perry, 1966)

MEZCLAR:

Es la distribución al azar de dos fases inicialmente separadas. (Mc. Cabe y Smith.)

MEZCLAR:

Proceso que tiende a dar como resultado la distribución al azar de partículas disímiles dentro de un sistema. (Edward G Pippie)

MEZCLAR:

Es agitar, sacudir o ambas, simultáneamente, con pérdida del estado de separación inicial de las partículas, mezclándose completamente (Websters Dictionary)

La aplicación de ésta última definición para polvos puede ser ilustrada por el modelo en el cual las partículas son indicadas por círculos. (fig. 1)

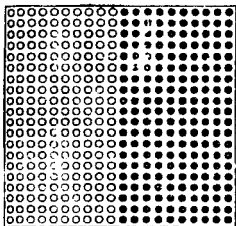


Fig. 1a.

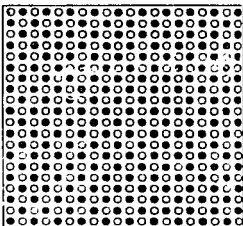


Fig. 1b.

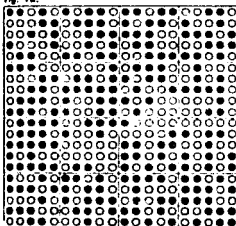


Fig. 1c.

La figura 1a representa igual número de partículas blancas y negras sin mezclar.

La figura 1b muestra las partículas mezcladas de acuerdo a la definición, con una composición uniforme en un punto. Un mezclador comercial opera por agitación de las partículas y la probabilidad de formar una distribución de este tipo es muy baja, es decir casi no se logra.

El resultado práctico del mezclado, entonces, es un arreglo al azar como lo muestra la figura 1c. (M. G. de Navarre)

Esta apelación al azar, como medio de conseguir la distribución deseada, supone aceptar que la probabilidad de que una partícula se encuentre en una posición determinada tiene el mismo valor que la probabilidad de que se encuentre en otra posición cualquiera.

En si todas las definiciones dadas llegan al mismo objetivo, el de alcanzar una distribución uniforme de los componentes involucrados.

2.9.2. MECANISMOS DE MEZCLADO

Los equipos de mezclado de sólidos actúan de dos maneras diferentes. En unos el material es empujado por aletas o paletas, en tanto en otros es levantado hasta cierta altura, desde donde cae en parte como fina lluvia y en parte rodando sobre si mismo.

Existen así tres mecanismos distintos de acción:

- 1) MEZCLA CONVECTIVA, según la cual el material se lleva de una posición a otra en porciones apreciables (semejantes a la turbulencia en mezcla de fluidos)
- 2) MEZCLA DIFUSA, en donde el material es redistribuido como partículas individuales a través de superficies renovadas continuamente, que separan porciones distintas de la masa en movimiento.
- 3) MEZCLA POR DESPLAZAMIENTO, a lo largo de planos de corte, grupos de partículas son transferidas de una zona a otra.

Estos mecanismos se dan en forma simultánea y en un tipo de equipo podrá predominar uno sobre otro. Así los mezcladores de cintas actúan fundamentalmente por mezcla convectiva, en tanto los tambores volcadores o rotatorios favorecen la mezcla difusa. (Holman pag. 1215).

Así, al mezclado se le puede considerar una operación aleatoria de desplazamiento en la que intervienen grupos de partículas grandes y pequeñas y hasta partículas individuales, pero debemos señalar que el uso de un movimiento aleatorio presupone que no existen otros factores que influyan sobre esta distribución, pero en la práctica esto nunca sucede. En cambio, los polvos que se mezclan poseen diversas propiedades que influyen sobre esta

aproximación al carácter aleatorio.

Al permitir que las partículas se muevan unas en relación con otras en los mezcladores, la manipulación de un lecho en polvo con fines de transporte, descarga de una tolva etc., provee la oportunidad de segregación. Así muchos de los llamados mecanismos de mezclado en realidad son situaciones en las cuales la segregación puede ocurrir.

2.9.3. CARACTERISTICAS DE LOS SOLIDOS

La segregación que tiene lugar en los sólidos que fluyen libremente suele ocurrir por: (Romington, 2178)

- 1) Distribución del tamaño de partículas. Esto indica los porcentajes del material en distintas gamas de tamaños.
- 2) Densidad volumétrica, que es el peso por unidad de volumen de una cantidad dada de partículas de sólidos (lb/ft³). Se puede reducir esta propiedad mediante la aeración o incrementarse por vibración o compactación mecánica.
- 3) Densidad real del material sólido, también presenta las siguientes unidades lb/ft³, esto dividido por la densidad del agua es igual al peso específico.
- 4) La forma de las partículas se relaciona con su estructura molecular, en general, sus formas son muy variadas y esto

5) Características superficiales, como el área superficial y la acumulación de cargas electrostáticas.

Las partículas muy finas son cohesivas en razón de la gran influencia de fuerzas superficiales y su predominio sobre las fuerzas gravitatorias, por ello una regla práctica ante el problema de la segregación por gran movilidad es probar a reducir el tamaño de los materiales a mezclar. Williams (Power Technology 2, 1, 13, 1968), ha demostrado la relación directa que existe entre la finura de materiales y la homogeneidad de las mezclas resultantes.

La acumulación de cargas electrostáticas, las cuales en ocasiones se forman por el trato del material dentro del mezclador. Bastan pocas cargas para provocar tiempos de mezclado altos.

Una forma de evitarlas es humedeciendo el material, es decir reemplazando una etapa que sea de vía seca por otra que sea de vía húmeda.

6) Ángulo de reposo y fluidez. La mejor indicación acerca de las condiciones de movilidad de las partículas puede obtenerse a través de medidas de ángulo de reposo del material. Este ángulo, es el ángulo constante que con la horizontal forma una pila del material hecha cuidadosamente dejando caer el material desde poca altura sobre una superficie plana. Un

ángulo de reposo muy pronunciado indica una escasa fluidez.
figura 4.

7) Friabilidad, es la tendencia que tiene el material a dividirse en tamaños menores durante el sanejo.

8) Estado de aglomeración, se refiere a que las partículas existen independientemente o se adhieren una a otras en grupos. El tipo y grado de energía que se emplean durante el mezclado y la friabilidad de los aglomerados afectarán la amplitud de la separación de los grupos y la dispersión de las partículas. (Perry 1986)

Las partículas más pesadas, menores, más lisas y más redondas tienden a hundirse a través de las más ligeras, mayores o de formas más irregulares respectivamente. En algunos casos, la preparación de los materiales para evitar diferencias extremas en esas propiedades de los ingredientes pueden evitar los problemas de segregación. figura 3. (Helman, pag. 1216).



FIG. 3

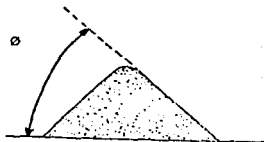


FIG. 4

2.18 VELOCIDAD DE MEZCLADO

Se pueden obtener expresiones de velocidad análogas a las de la cinética química utilizando cualquiera de los diversos índices de mezclado como variables que dependen del tiempo.

Al hacer esto, se suele comprobar que el mezclado sigue una tendencia de primer orden hacia un estado de mezcla en equilibrio. (Remington, 2176)

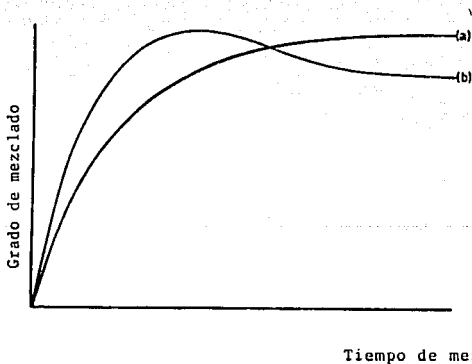


FIG. 5

Mezclar puede conducirnos a obtener un tiempo apropiado. Después la operación se cuida a que llegue a un equilibrio. Lacey (J. Appl. Chem., 4,257,1954), sugiere una expresión como la siguiente:

$$I_m = 1 - e^{-kt}$$

Donde I_m = grado de mezclado

t = tiempo de mezclado

k = constante que depende del mezclador y de las características del polvo.

e = exponente logarítmico

De este modo el valor obtenido de mezclado puede ser representado por la curva "a" en la figura 5, pero puede ser afectada por otros factores como la carga del equipo, donde los polvos tienden a segregarse por los continuos movimientos de las partículas dentro del mezclador, el grado de mezclado desciende (por la segregación), hasta que alcanza un equilibrio, curva "b" de la figura 5.

2.11. TIEMPO DE MEZCLADO

El tiempo real durante el cual un lote se está mezclando suele ser de menos de 15 minutos (con material de densidades próximas es de 3 a 5 minutos, con materiales de densidades desiguales es de 5 a 10 minutos), si se escogen el tipo adecuado de máquina y

la capacidad de trabajo apropiada. En algunos casos, se toleran tiempos de mezclado más prolongados, para evitar el costo de adquisición de equipos más eficientes. Un mezclado demasiado prolongado da como resultado una mezcla más pobre.

Es preciso preparar una gráfica del grado de mezcla en función del tiempo, para seleccionar cuantitativamente el tiempo apropiado de mezclado. (Perry, 1986)

2.12. CAPACIDAD UTIL DE TRABAJO

En general la carga no debe ocupar más del cincuenta por ciento del volumen interno del recipiente pudiéndose, en algunos casos llegar hasta el sesenta y cinco por ciento.

2.13. MUESTREO

Toda medida cuantitativa del grado de mezcla alcanzado en cierto equipo resulta de estudiar una serie de muestras tomadas en condiciones determinadas, por lo cual es vital el muestreo.

PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA TOMA DE MUESTRAS:

a) ¿Cómo tomar las muestras?

- se deberá recurrir a técnicas que perturben lo menos posible la operación (sin trastornar en exceso el lote).
- que las muestras sean tomadas de todo el lote, incluyendo las zonas de entrada y salida, en los conductos de descarga y en las tolvas.

b) ¿Qué hacer con las muestras? (evaluación)

- por conteo de partículas a simple vista, es muy laborioso.
- por técnicas de separación como tamización, gravimétricas, o incorporar un indicador a la mezcla y luego cuantificarlo por fluorescencia de rayos x, espectometría, polarigrafía etc.

c) ¿Cuántas muestras son necesarias?

Esto depende de si estamos analizando un material de mezcla, o por el contrario estamos estudiando el comportamiento de un equipo y queremos saber acerca de la existencia de zonas indeseadas, y del balance de fuerzas segregacionistas y de mezclado que se establecen dentro de dicho equipo. Este procedimiento deberá repetirse a intervalos de tiempo regulares para poder seguir la evolución del proceso y constatar cualquier desvío que se llegara a producir por el desarrollo de efectos indeseados.

d) ¿De qué tamaño tomarlas?

La muestra no debe tener un tamaño superior a un cierto valor crítico, que será la menor cantidad de mezcla con significación en su utilización posterior. Para un caso farmacéutico no debe ser superior a la cantidad que corresponda a un comprimido es decir una dosis. En general se podría decir que el conjunto de muestras a tomar no debe

exceder del 5% de la carga útil de trabajo del mezclador.

2.14. METODOS DE EVALUACION DE MUESTRAS

Los métodos de evaluación de muestras dependen del material involucrado. En algunos casos pueden ser usadas técnicas analíticas y en otros la mezcla puede ser evaluada físicamente, por ejemplo, por examen microscópico, cuando las partículas son claramente distinguibles y se pueden contar.

Cuando las partículas individuales no se puedan distinguir con facilidad y no resulte práctico el conteo, se pueden realizar varios tipos de análisis como son la fluorescencia de rayos X, la espectrometría de llama, la polarografía y la emisión espectroscópica. Así mismo se han usado métodos de trazadores radiactivos.

2.14.1 TAMIZADO

Este método, el más sencillo y difundido consiste en hacer pasar una mezcla de partículas sólidas de diferente tamaño através de una malla, la agitación facilita la caída por gravedad del sólido. Con esta operación las partículas de diferente tamaño se separan en dos o más fracciones.

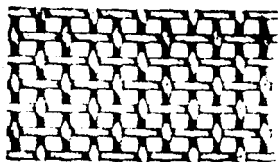
La fracción retenida en cada tamiz se designa con la denominación

del tamiz superior que la dejó pasar y la de aquel que la retuvo. Ejemplo 100/150 significa que se trata de la fracción de partículas que pasan a través del tamiz 100 y quedó retenido en el tamiz 150.

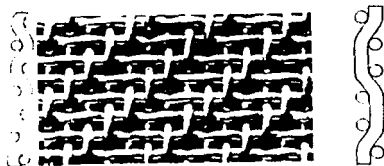
Los tamices utilizados se construyen de telas tejidas con alambres metálicos, de diámetro y espaciado cuidadosamente especificados. La superficie puede ser plana o cilíndrica, los tamices planos se denominan cedazos o cribas. Los bordes de las mallas son cuadradas o redondas y entre los materiales de construcción de estos se encuentra el acero inoxidable y telas de nylon. (Helman)

Una de las dificultades principales de este método es la producción de tamices de aberturas uniformes, además esta técnica presenta como problema que las aberturas se "tapan" por atascamiento de partículas más grandes o irregularidades y la presentación ineficiente de las partículas en la superficie del tamiz. Para procurar remediar estos problemas se adaptaron movimientos horizontales y verticales del tamiz por medios de dispositivos mecánicos que aportan la energía necesaria para sacudir las partículas a través de las aberturas del tamiz y también para evitar la acumulación de partículas finas en las aberturas, porque esto tiende a ocluir las y retardar la

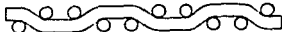
operación. Los dos patrones comúnmente usados son los tamices Tyler Standard y US Standard. En estas dos series el número del tamiz se refiere a la cantidad de aberturas por pulgada lineal. (figura 6)



Tamiz de tejido simple



Tamiz de entrecruzado.



2.14.2. REFRACTOMETRIA (INDICE DE REFRACCION)

Cuando un rayo de luz pasa oblicuamente de un medio hacia otro de densidad diferente, su dirección cambia al atravesar la superficie que los separa. A esto se le llama refractometria. Si el segundo medio es ópticamente más denso que el primero, el rayo resultará más perpendicular a la superficie divisoria se llama ángulo de incidencia, "i", en tanto que el ángulo correspondiente al segundo medio se llama ángulo de refracción, "r". El seno de "i" y el seno de "r" son directamente proporcionales a la velocidad de la luz en los dos medios. La proporción $\text{sen } i / \text{sen } r$ se le llama índice de refracción "n". El índice de refracción de dos medios varía con la temperatura y con la longitud de onda

de la luz. Si estos factores se mantienen invariables, el índice de refracción es una característica que se mantiene constante para el medio considerado y se emplea en la identificación y determinación de la pureza de sustancias y para el análisis de mezclas binarias homogéneas de constituyentes conocidos.

El índice de refracción teóricamente se refiere al vacío como el primer medio, por conveniencia es el más usado.

Existen tres tipos de refractómetros; el principio de funcionamiento de estos aparatos que se emplean comúnmente en la determinación del índice de refracción está basado en la medición de los índices de refracción del ángulo límite.

Los tres refractómetros son:

-4

1) Refractómetro de Abbe, cuya sensibilidad es de 1×10^{-4} , el intervalo en los modelos disponibles es de $n = 1.30$ a 1.71 y de 1.45 a 1.84 excepto en algunos modelos más modernos, este intervalo no puede cambiarse. El instrumento lee directamente el índice de refracción, es durable y requiere de una sola gota de muestra, utiliza luz blanca por lo que necesita prismas de compensación.

El instrumento está equipado con camisas huecas para los prismas, a través de las cuales puede circular agua. En la camisa del agua se incrusta un termómetro corto.

2) Refractómetro de Abbe de precisión. En este instrumento se obtiene mejor reproducibilidad; se dispone de tres intervalos: 1.38-1.59, 1.48-1.70 y 1.33-1.64. Las lecturas del índice de refracción tienen una reproducibilidad de $\pm 2 \times 10^{-5}$ a 6×10^{-5} cuando la temperatura se mantiene entre ± 0.02 C. Elimina los prismas compensadores y emplea prismas de Abbe muy largos y precisos. Requiere de tablas para convertir a la luz medida en índice de refracción.

3) Refractómetro de Inmersión, tiene una sensibilidad de 3×10^{-5} el intervalo de "n" es de 1.32 a 1.54. El instrumento utiliza luz blanca por lo que necesita prismas de compensación y, también requiere de tablas de conversión.

La aplicación más común de la refractometría es la identificación de líquidos orgánicos e inorgánicos en fase sólida, líquida o vapor; la exactitud del análisis por este método depende de la calidad del aparato y sobre todo del grado de control de la temperatura.

2.15. ASPECTOS ESTADÍSTICOS PARA DETERMINAR GRADO E ÍNDICE DE NEZCLADO

Las distintas técnicas de manejo estadística de datos son aplicados a nuestro problema y cada una de ellas ha sido estudiada por diferentes investigadores. La literatura especializada registra tales aportes y muestra la incorporación continua de nuevas

herramientas estadísticas que buscan reemplazar métodos largos y tediosos por el uso de diagramas o gráficas o tablas de información directa. En dichos diagramas o gráficas involucramos el componente que nos interesa de la mezcla (componente clave, por ejemplo el principio activo) o el porcentaje del indicador o trazador.

Sea cual sea el método físico o analítico que se escoja, el resultado será un número que deberá tratarse estadísticamente para que adquiera significación (Perry 21-34)

PARAMETROS UTILIZADOS PARA TAL FIN:

1) Un parámetro de posición, o sea, una medida de la incidencia central, una indicación del número alrededor del cual tienden a agruparse la mayoría de los valores. Casi siempre se recurre a la media aritmética o geométrica, \bar{X} , definida por la siguiente expresión;

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots (1)$$

donde;

- X_i = fracción del componente clave o trazador en la muestra
- n = número de muestras

2) Un parámetro de dispersión, la desviación estándar, que resulta de comparar los valores individuales que han

intervenido en el cálculo con el valor medio anterior.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2)$$

donde "S" es la llamada desviación estandar.

En su mayor parte los indices de uniformidad de las mezclas han sido estadisticos y se basaron en la desviación estandar o variancia de la composición con respecto de su valor medio. Hay que reconocer que estos indices de mezclado son cantidades escalares que no pueden describir de modo exclusivo el perfil de la composición de un lecho de polvo en particular. La manera de recoger las muestras (cantidad, tamaño y sitio de las muestras) determinan en gran medida la validez y la interpretación del indice que se obtenga.

Presentamos de esta manera la desviación estandar como un indice representativo. Solo se le puede estimar a partir de un conjunto de "n" muestras. Si el número de muestra "i" tiene una composición X_i y si todas las muestras son de tamaño uniforme. Grado de mezclado o grado de uniformidad de la mezcla, es la medida en que una mezcla se acerca a las condiciones de una perfecta distribución al azar, esto es cuando la concentración del material clave se acerca al promedio de la mezcla. (Helman)

3) Índice de mezclado, es la relación entre la variación que existe entre las desviaciones típicas real e ideal en una mezcla. El valor máximo que puede obtenerse de esta relación es de "1" lo que equivaldría a que las desviaciones real e ideal fueran iguales, esto es, que el mezclado obtenido fuera perfecto. El índice de mezclado nos permite contrastar el rendimiento de cualquier equipo.

Lacey (Trans. Inst. Chem. Engrs. London, 21,52,1943), propone el uso de la siguiente expresión:

$$I_m = \frac{S_o - S}{S_o - S_r} \dots\dots\dots(3)$$

donde,

- S = Desviación estandar de las muestras
- I_m = índice de mezclado
- S_o = desviación estandar teórica del material no mezclado.

$$S_o = \sqrt{X_o (1-X_o)} \dots\dots\dots(4)$$

X_o = fracción en peso del componente clave o trazador

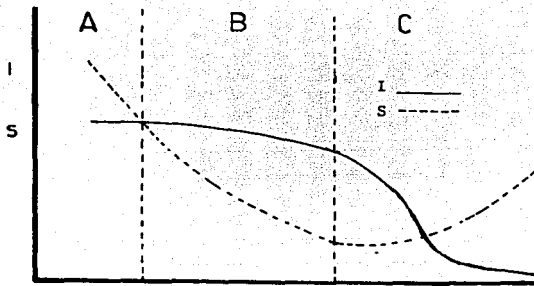
S_r = desviación estándar teórica para el material supuestamente mezclado al azar sin segregación

$$S_r = \sqrt{X_c(1-X_c)/N} \quad (5)$$

N = número de partículas en la muestra.

Dankwerts ha descrito dos conceptos importantes relacionados con la uniformidad del mezclado: la escala (S) y la intensidad (I) de segregación. Suponiendo que en el lecho de polvo existen zonas de composiciones uniformes pero distintas, la escala de segregación es una función del tamaño de las zonas. A su vez, la intensidad de la segregación es una función de las diferencias de composición entre las zonas. En general, durante el proceso de mezclado los valores que se obtienen para " I_m " muestran un aumento continuo hasta alcanzar un valor máximo, para luego en forma irregular ir decreciendo con el tiempo, esta disminución del valor de " I_m " se atribuye al desarrollo de fuerzas segregacionistas, en tanto, " S " pasa por un mínimo.

En todo momento se hallan presentes fuerzas segregativas, a partir de un cierto punto se establece un equilibrio entre dichas fuerzas y las de mezclado, prolongar la operación más allá de dicho punto no mejorará la operación y si puede desequilibrarla favoreciendo la segregación. fig. 7 (Remington)



TIEMPO DE MEZCLADO FIG 7

2.16. EQUIPOS DE MEZCLADO

La mezcladora ideal debe producir una mezcla completa con rapidez y con una acción mezcladora lo más suave posible para no dañar el producto, debe limpiarse y descargarse con facilidad, ser a prueba de polvillo extraño, requerir escaso mantenimiento y consumir poca energía. Todas estas cualidades no suelen ocurrir en ninguna mezcladora, de modo que para su elección se deben tomar ciertos aspectos.

2.16.1. MEZCLADORAS DE CARCASA GIRATORIA , CUBA MOVIL O VOLTED

INCLUYE A:

- . mezcladoras de tambor
- . cúbicas
- . de doble cono
- . de doble carcasa

Las mezcladoras de tambor, cuyo eje de rotación es horizontal y pasa por el centro del tambor, se usa mucho, pero no producen un buen flujo cruzado a lo largo del eje. La adición de baffles o la inclinación del tambor sobre su eje incrementa la circulación cruzada y mejora la acción del mezclado. También existen mezcladoras cúbicas y poliédricas con su eje de rotación en diversos ángulos, pero en estas últimas, a causa de las superficies planas, el polvo experimenta más una acción deslizando que de rodamiento y este movimiento no conduce a un mezclado más eficiente.

Las mezcladoras de doble cono producen un buen flujo cruzado con un movimiento más de rodamiento que de deslizamiento. Normalmente no se requiere de baffles y esto simplifica la limpieza.

La mezcladora de doble carcasa combina la eficiencia del tipo de tambor inclinado con el entremezclado que tiene lugar cuando dos mezcladoras de este tipo combinan su flujo.

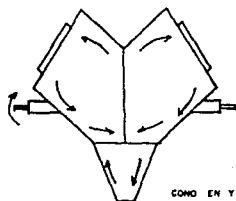
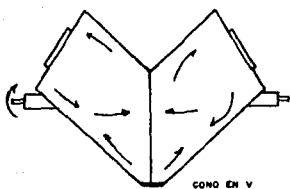
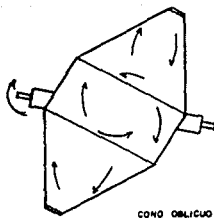
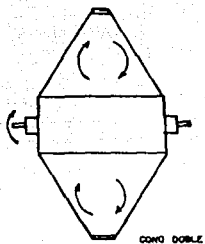
2.16.2. Mezcladoras de carcasa fija o cuba fija y órganos de velocidad móvil. Incluye a las siguientes mezcladoras:

- . de cintas o listón
- . de espirales
- . de tornillo
- . de cuchillas
- . planetario

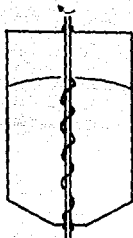
La mezcladora de cinta es el ejemplo de este tipo de mezcladora, consiste en una carcasa larga a modo de una bandeja, que tiene un fondo semicircular. La carcasa tiene un árbol en el cual están montadas unas cintas en espiral, paletas o tornillos helicoidales, solos o en combinación. Estas hojas mezcladoras producen un corte y revolución incesante de la carga al hacer circular el polvo de un extremo a otro de la bandeja y también al hacerlo rotar. La acción de corte que se genera entre la hoja móvil y la bandeja sirve para romper los grumos de polvo. Sin embargo las mezcladoras de cinta no son mezcladoras de precisión, son más difíciles de limpiar que la de tambor y requieren más energía para funcionar.

2.16.3. DIVERSOS

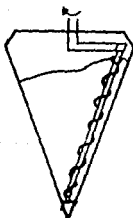
Mezcladores de hoja sigaa y paleta planetaria, también se emplean para mezclar sólidos, aunque con mayor frecuencia como paso previo a la introducción de líquidos. Las mezcladoras con hojas propulsoras de alta velocidad montadas en el fondo de una carcasa vertical o cilíndrica han resultado ser muy eficientes, además de su capacidad para producir mezclas exactas, también sirve para romper rápidamente los grumos. Tiene la desventaja de que se genera calor dentro de la mezcla de polvos y consume relativamente mucha energía.



ALGUNAS FORMAS TÍPICAS DE MEZCLADORES DE VOLTEO



TORNILLO CENTRAL



TORNILLO DE GIRO ORBITAL

MEZCLADORES DE TORNILLO VERTICAL

FIG. 9

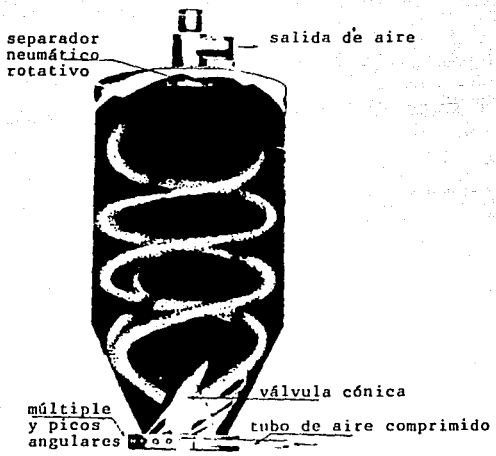


FIG. 10

Mezclador de lecho fluido, una rápida corriente de aire se introduce por el fondo de la carcasa. El cuerpo del polvo se fluidifica y el mezclado se cumple mediante circulación y rodamiento en el lecho. figura No. (18) (Remington)

Los lechos fluidizados también se pueden utilizar para el mezclado de sólidos, especialmente cuando los materiales por mezclar tienen características similares de sedimentación. Se pueden utilizar otros equipos que fueron diseñados con otros fines específicos, por ejemplo: equipos de molienda como los molinos de bolas y de varras, ya sea con o sin los elementos de molienda, pueden servir para mezclar sólidos.

2.17. TRANSMISION DE FUERZA MOTRIZ A LOS MEZCLADORES

Siempre que lo permitan las condiciones de trabajo, se emplean motores eléctricos totalmente cerrados y a prueba de explosiones hace posible emplearlos en lugares en que antes se consideraba imposible debido a la suciedad al agua o a las sustancias inflamables.

En muchas operaciones de mezcla, el grado de dispersión y otros resultados deseables, dependen en gran parte de la velocidad del mezclador. Para obtener una velocidad apropiada, se utilizan a menudo motores de velocidad variable, para este funcionamiento, se han introducido motores de aire comprimido y motores hidráulicos.

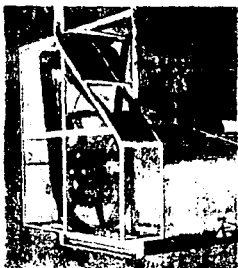
Una vez que se ha elegido el motor, es necesario transmitir la fuerza motriz al eje del mezclador para que marche a la velocidad deseada. Los motores se pueden conectar:

1. Directamente conectados al mezclador, la velocidad del mezclador es igual a la del motor eléctrico.
2. Reducción de velocidad por medio de engranajes con motores incorporados a la maquina o separados.
3. Conectados por medio de una correa múltiple en forma de "U"
4. Conectados por medio de una cadena
5. Conectados por medio de una correa plana con poleas.

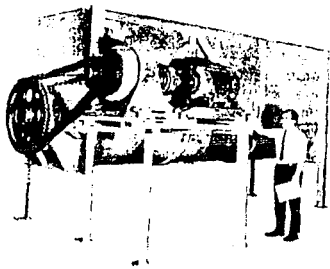
De todos los métodos mencionados, el más adecuado es la reducción por medio de engranajes, ya que es más seguro, su costo es moderado y de fácil funcionamiento y conservación. En los casos en los que la potencia es superior a 60 C.V., o cuando puedan experimentarse choques al momento de arranque del equipo, es preferible la transmisión por correa en forma de "U" o por medio de una cadena u otro dispositivo similar entre el motor y el mezclador; estas consideraciones son aplicables en los casos en los que los elementos mezcladores estén montados sobre un eje horizontal o vertical.

Cuando el eje es vertical se prefiere el grupo motor-reductor vertical o la transmisión en ángulo recto, siempre que la altura del local lo permita.

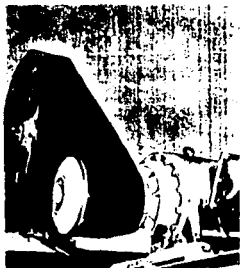
EJEMPLOS DE TRANSMISION DE FUERZA MOTRIZ



DE BANDA



DE CADENA



DE BANDA



DE ARBOL DIRECTO

Para asegurar el funcionamiento de los mezcladores con bajo costo de conservación es importante el apoyo del arbol en cojinetes de diseño adecuado.

2.18. CONSUMO DE POTENCIA

En general, se ha buscado correlacionar consumo de potencia a variables geométricas del equipo así como del material a mezclar y velocidad del mezclador, no obstante, los estudios realizados en el campo de polvos, estos son muy limitados, sin embargo, es necesario aplicar al mezclador la potencia necesaria para obtener buenos resultados.

2.19. SELECCION DEL EQUIPO

Al escoger un equipo mezclador, es necesario conocer las características físicas del material y sus tendencias de segregación, mismas que ya se mencionaron.

- En todos los casos, es posible realizar pruebas piloto que orienten acerca del equipo más conveniente que se va a utilizar, ya que si se diseña bien esta instalación piloto, nos dara la suficiente información para su aplicación a nivel de producción.
- Es muy importante tomar en cuenta la similitud geométrica y el material de construcción entre la unidad piloto y el equipo de producción. no debe existir ninguna modificación en cuanto a la forma de los aparatos se refiere.

Para asegurar el funcionamiento de los mezcladores con bajo costo de conservación es importante el apoyo del arbol en cojinetes de diseño adecuado.

2.18. CONSUMO DE POTENCIA

En general, se ha buscado correlacionar consumo de potencia a variables geométricas del equipo así como del material a mezclar y velocidad del mezclador; no obstante, los estudios realizados en el campo de polvos, estos son muy limitados; sin embargo, es necesario aplicar al mezclador la potencia necesaria para obtener buenos resultados.

2.19. SELECCION DEL EQUIPO

Al escoger un equipo mezclador, es necesario conocer las características físicas del material y sus tendencias de segregación, mismas que ya se mencionaron.

- En todos los casos, es posible realizar pruebas piloto que orienten acerca del equipo más conveniente que se va a utilizar, ya que si se diseña bien esta instalación piloto, nos dará la suficiente información para su aplicación a nivel de producción.
- Es muy importante tomar en cuenta la similitud geométrica y el material de construcción entre la unidad piloto y el equipo de producción. no debe existir ninguna modificación en cuanto a la forma de los aparatos se refiere.

- Los materiales a mezclar, deberán poseer las mismas características (viscosidad, densidad, forma, etc)
- Tiempo. Por el tiempo necesario para alcanzar un cierto grado de mezclado. Esto significa que muchas veces buscar un grado de mezclado extremo, teniendo como meta una distribución perfecta, puede significar prolongar innecesariamente el proceso, incrementando con esto un aumento en los costos sin obtener ningún beneficio.
- Limpieza. Por su facilidad de limpieza, ya que cuando se trabaja en el mismo equipo diferentes lotes en diferentes tiempos, es importante que el mezclador este perfectamente limpio para que estos no se contaminen.
- Carga y descarga. Es importante tomar en cuenta la distribución del equipo mezclador dentro de la planta, se debe disponer del espacio adecuado para cargar o descargar la producción. La valvula de descarga de los equipos deben estar en una posición accesible para facilitar el uso adecuado de los equipos embañadores y su almacenamiento.
- Costos. El costo del equipo en la mayoría de los casos es un factor limitante que puede conducir a la búsqueda de otras soluciones. Este es uno de los problemas principales para adquirir el equipo del tamaño y características adecuada.

CAPITULO I I I

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

3. BALANCES

Es un proceso contable en el que se mide tanto la materia como la energía que entra y sale de nuestro sistema, de manera que se balancean o igualan las entradas con las salidas.

3.1. BALANCE DE MATERIA

Es un procedimiento para llevar a cabo una contabilidad exacta de la materia que entra y sale. El balance de materia está basado en la Ley de Lavoisier (Ley de la conservación de la materia); por ejemplo, la suma de los pesos de las sustancias que participan en una reacción es igual a la suma de los pesos de los productos de la reacción, es decir la materia no se crea ni se destruye solo se transforma.

Basándonos en lo anterior, la masa que entra a un proceso cualquiera es igual a la masa saliente más la masa que se haya acumulado dentro del sistema.

$$\left(\begin{array}{l} \text{acumulación} \\ \text{de masa en} \\ \text{el sistema.} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{entrada de} \\ \text{masa a tra-} \\ \text{vés de los} \\ \text{límites del} \\ \text{sistema.} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{salida de} \\ \text{masa a tra-} \\ \text{vés de los} \\ \text{límites del} \\ \text{sistemas.} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{generación} \\ \text{de masa en} \\ \text{el sistema} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{consumo} \\ \text{de masa} \\ \text{en el} \\ \text{sistema} \end{array} \right)$$

----- (1)

La ecuación anterior para nuestro caso como no hay generación y acumulación de masa en el sistema se reduce a:

$$\left(\begin{array}{l} \text{entrada de} \\ \text{masa a tra-} \\ \text{vés de los} \\ \text{límites del} \\ \text{sistema} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{salida de} \\ \text{masa a tra-} \\ \text{vés de los} \\ \text{límites del} \\ \text{sistema} \end{array} \right)$$

(2)

Cuando en un proceso, la cantidad de materia que entra es igual a la cantidad de materia que sale, se dice que el proceso trabaja a régimen permanente.

En el régimen no permanente o transitorio las condiciones sí varían con el tiempo.

BALANCE SIMPLE DE MASA

En los balances simples de masa no hay reacción química, es decir no se necesita de alguna ecuación química o gráfica de equilibrio físico para su solución, y en que además, el régimen de operación es permanente. En general se pueden presentar los siguientes casos de balances simples de masa:

- a) Mezclado
- b) Separación
- c) Contacto a contracorriente

- d) Contacto en paralelo
- e) Balance en recirculación
- f) Balance en derivación

MEZCLADO

Los balances simples de mezclado se presentan cuando dos corrientes se unen para dar una o mas corrientes de salida. En nuestro caso tenemos:



$$M_A + M_B \text{ -----} M_{AB}$$

Balance total de masa

3.2. BALANCE DE ENERGIA

Los científicos comenzaron a escribir balances de energía de sistemas físicos hasta la segunda mitad del siglo XIX. Antes de 1850 no estaban seguros de lo que era la energía o aun si era importante pero en la década de 1850 los conceptos de energía y del balance de energía se formularon con claridad.

En la actualidad se considera que el balance de energía es un fundamento básico por lo que se han inventado nuevas clases de energía para asegurar que la ecuación en verdad realice el balance.

La energía se define generalmente como la habilidad o aptitud para producir trabajo.

Trabajo: Por lo general se define como la energía transferida a un sistema y sus alrededores o por medio de una fuerza que actúa a través de un desplazamiento en los límites del sistema. El balance de energía está relacionado con varias clases de energía sin inquirir que tan útil es.

En nuestro experimento no hubo manifestación de ningún tipo de energía ya que fue un proceso físico, donde no se llevó a cabo ninguna reacción química.

C A P I T U L O I V

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

4.1. PREPARACION DEL GRANULADO

Se prepararon dos granulados de diferente color y de diferente tamaño de partícula.

A.- granulado de color rosa, de malla No. 14

B.- granulado de color azul, de malla No. 16

4.2. Fórmula para la preparación del granulado.

Se prepararon 6 sublotes con las siguientes cantidades:

Lactosa USP250gr

Almidón de maíz USP376gr

Color (azul y/o rojo)..... 3ml

Pasta de almidón al 10%.....300ml

Descripción del equipo

Mezclador de doble listón, consta de:

- Motor reductor marca Erwaka RR 400

. Cuba de acero inoxidable, con capacidad de operación útil de 600 gramos aproximadamente.

. Dos cintas helicoidales internas, que giran en sentido opuesto.

Técnica de granulación:

1. Se pesan los materiales y se tamizan cada uno a través de una malla del número 20.
2. Preparación de la pasta de almidón al 10%
Se prepara suspendiendo por agitación el almidón en una pequeña porción de agua fría y se adiciona agua caliente (80-90°C) hasta el volumen final con constante agitación. Se adiciona el colorante, 3 ml para cada sub lote, y se agita hasta obtener un color uniforme.
3. El almidón y la lactosa se colocan en el mezclador de doble listón en sub lotes y se mezclan durante 5 minutos, estos sub lotes son de 250gr. de lactosa y 376gr. de almidón.
4. La pasta de almidón caliente (aprox. 50-60°C) se adiciona a la mezcla y uniformemente incorporada, aproximadamente 10 minutos continuando con la operación.
5. La masa húmeda es pasada a través de una malla del No. 8 para el granulado de color rosa y por una malla del No. 10 para el granulado azul.
6. Los granulos se secan en un horno a una temperatura de 50-60°C aproximadamente por seis horas.
7. Los granulos secos son pasados a través de una malla apropiada para obtener el tamaño de partícula deseada. En nuestro caso se usa un tamiz de malla No. 14 para el color rosa y No. 16 para el color azul.

8. Los polvos finos de cada color se vuelven a regranular como ya se indico.
9. Finalmente los sublotes de aproximadamente 626gr de cada color se mezclan en un tambor rotatorio para dar juntos aproximadamente 3,756gr. de cada color.

4.3. PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL.

- Equipo

Se trabaja con tres equipos marca ERWEKA

- Mezclador de doble listón

- Mezclador de cubo

- Mezclador planetario

- Se manejará una cantidad de 0.5 a 3.0 kg.

- En cada equipo se mezclarán 20% de A y 80% de B, 50% de A y 50% de B y 80% de A y 20% de B, tomando como parámetro principal: velocidad, tiempo, etc.

C A P I T U L O V

CALIBRACION DE INSTRUMENTOS

CALIBRACION DE INSTRUMENTOS

Para calibrar los instrumentos se efectuarón pruebas para cada uno. Primero: Medimos las revoluciones por minuto del equipo para poder seleccionar la mejor velocidad para los granulados (A y B). Los tres equipos (de cubo, planetario y de doble listón), no cuentan con un medidor de velocidad (tacómetro). Para resolver este problema decidimos medir cuantas vueltas daba el mezclador cada minuto fijando un punto de referencia hasta encontrar el número de revoluciones más conveniente.

Se seleccionó la velocidad de 30 RPM, ya que es la que mejores resultados nos dió en cuanto al manejo de los granulados se refiere; es decir, el material por mezclar no debe fracturarse.

I) Cronómetros.

Para calibrar el cronómetro utilizado en el experimento, decidimos comparar el tiempo medido, con dos cronómetros diferentes:

- a) Cronómetro marca Park (utilizado en la práctica)
- b) Cronómetro marca Gallet
- c) Cronómetro digital

- Con los tres cronómetros puestas en marcha al mismo tiempo, se pudo comprobar que los tres recorrían los 60 segundos exactamente iguales.

- Con cada cronómetro repetimos la misma técnica del punto número 2, obteniendo los mismos resultados.

3) Selección de Muestreador

Para poder seleccionar el muestreador probamos diferentes cucharillas, desde, cucharas soperas hasta cucharones para muestras de leche en polvo. Encontramos un muestreador tipo cucharón que nos daba, siempre que tomábamos una muestra, aproximadamente del mismo peso, de tal modo que al introducirlo en la cuba mezcladora no modificara los resultados del producto mezclado para ese experimento. De esta manera se obtuvieron muestras de tamaño similar.

Ejemplo: De 20 muestras se obtuvieron los siguientes resultados:

7.2, 7.8, 6.9, 7.8, 7.8, 6.9, 6.7, 6.9, 6.9, 7.2, 7.8, 6.8, 7.1, 7.8, 7.8, 7.8, 6.8, 7.4 gr. etc. (todas son en gramos)

4) Tamizado

Se compararán dos mallas con el mismo número de tamiz:

Una malla de acero inoxidable con marco de madera cuadrada (48cm x 48cm) y, otra también de acero inoxidable con marco circular de acero inoxidable (diámetro=28cm); en las dos mallas se colocaron mezclas de los dos granulados uno con número de tamiz 14 y otro del número 16, al efectuar movimientos horizontales y verticales del tamiz, se sacudieron las partículas que pasaron a través de

las aberturas del tamiz, pudiendo observar que se separa la mezcla hecha en ambas mallas. Este experimento se repitió seis veces obteniendo siempre los mismos resultados.

CAPITULO VI

CERTIFICACION DEL EQUIPO

CERTIFICACION DEL EQUIPO

6.1. Mezclador cúbico, marca ERNEKA (A)

Tipo KB 15

Mediante movimientos de volteo, el mezclador logra una mezcla homogénea en muy breve tiempo, tratando el producto mezclado cuidadosamente. Esta mezcladora puede ser colocada en el engranaje universal tipo UG. Durante la rotación del mezclador, tres varillas de acero inoxidable desvían e interrumpen el movimiento mezclador.

El mezclador cúbico esta construido para ser conectado al motor universal AR400 ó KUD.

Datos técnicos:

Tipo KB 15 S de acero inoxidable.

Capacidad: 3.5l

Dimensiones: 580 x 350 x 780mm.

Peso neto: 3 Kg.

Peso bruto: 8 Kg.

Embalaje: 55 x 35 x 35cm.

6.2. Mezclador planetario (B)

Tipo PRS

Mezclador ideal para cremas, pomadas, pastas y líquidos, así como para polvos humedecidos

El potente reductor planetario puede equiparse con diversos elementos mezcladores y amasadores de acero inoxidable fácilmente intercambiables entre sí, por ejemplo, un gancho de amasado, una paleta mezcladora ó una escobilla agitadora, según lo requiera la naturaleza del material a tratar. El material que se deposita en las paredes del calderín es arrastrado constantemente por el rascador de plástico, de forma exactamente adaptado a la superficie sobre la cual se desliza, permitiendo conseguir una mezcla homogénea en un tiempo mínimo.

El calderín es fácilmente desmontable, este agitador planetario es construido para ser conectado al Motor-universal AR 400 ó KUD.

Datos técnicos:

Tipo: PRS de acero inoxidable

Capacidad: 3.5l

Dimensiones: 650 x 400 x 600 mm.

Peso neto: 14 kg

Peso bruto: 30 kg

Embalaje: 50 x 45 x 49 cm

6.3. Mezclador de doble listón (C)

Tipo LK 5

En su interior se mueven dos brazos en forma de "Z" con revoluciones distintas. La forma de estos brazos y el movimiento desigual de los mismos aceleran el buen mezclado.

Para vaciar y limpiarla, puede ser volteada. Este mezclador es construido para ser conectado al motor-universal AR 400 ó KUD.

Datos técnicos:

Tipo: LK 5 de acero inoxidable

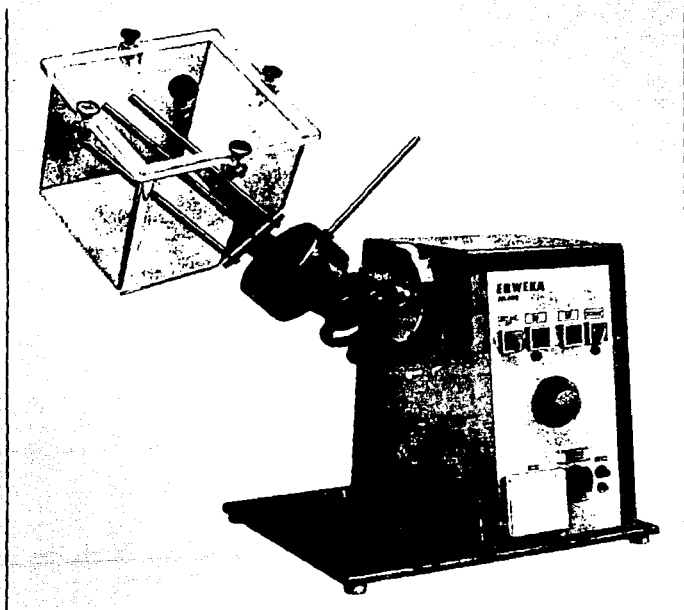
Capacidad: de 3-4

Dimensiones: 435 x 240 x 670 mm.

Peso neto: 28 kg

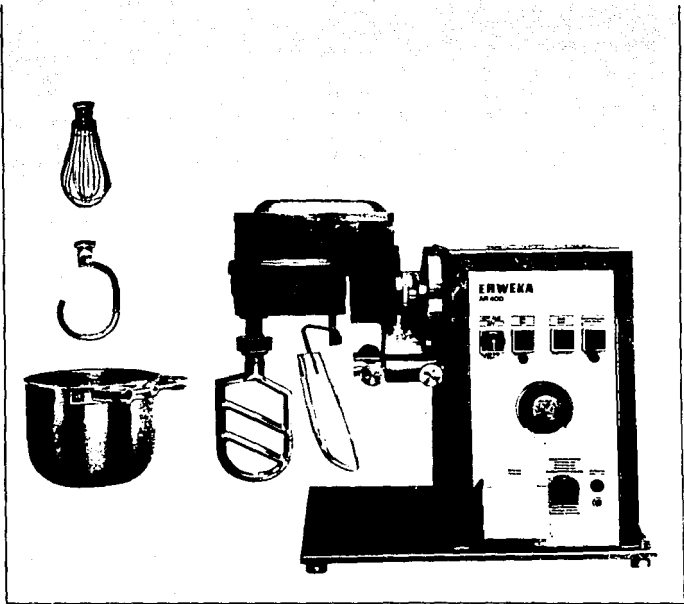
Peso bruto: 56 kg

Embalaje: 60 x 40 x 40 cm



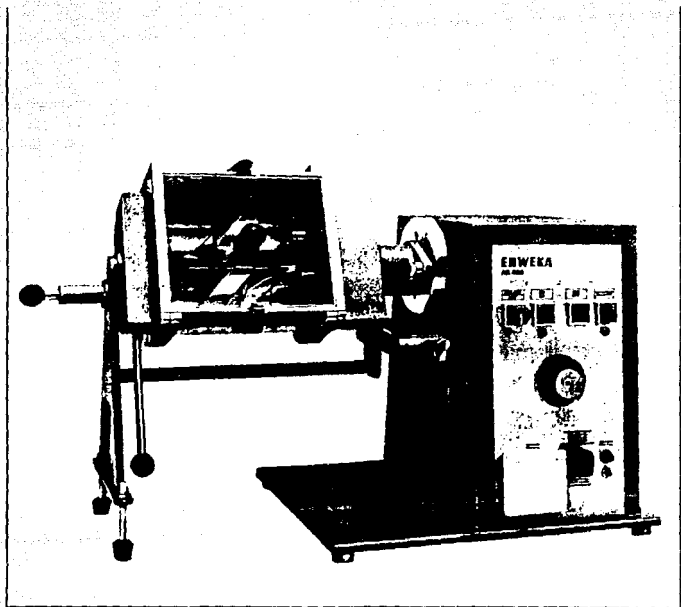
(1)





(8)

Agitator
Constanto
100 PHS



(C)

CAPITULO VII

EXPERIMENTOS

Y

RESULTADOS

7.1. EXPERIMENTOS

Con cada uno de los tres equipos se trabajan las siguientes proporciones.

- 1.- 50% de granulado rosa y 50% de granulado azul
- 2.- 20% de granulado rosa y 80% de granulado azul
- 3.- 80% de granulado rosa y 20% de granulado azul

En cada equipo se operó de la siguiente manera;

Mezclador de Cubo

Se definieron las variables a usar como velocidad (30RPM), capacidad y el tiempo. La capacidad del equipo se determino de acuerdo al material con el que trabajamos (aproximadamente tiene una capacidad de 1 kg), ya determinada ésta se trabajo al 60%. Es decir solo se colocarían 600g en total de los materiales utilizados (300g de granulado rosa + 300g de granulado azul).

En la segunda proporción se trabajo con 20% de granulado rosa (120g), y 80% de granulado azul (480 g).

En la tercera proporción efectuada se invirtieron las cantidades del granulado, es decir, 80% de granulado rosa (480 gr.) y 20% de granulado azul (120g).

En cada una de las proporciones se utilizó la siguiente técnica de operación:

- Se fijan las cantidades a mezclar.
- Se elijen los tamices, de diferente número

- Se fija la velocidad del mezclador.
 - Se alimenta el mezclador con el material.
 - Se cierra y arranca el mezclador.
 - Se toman los tiempos 3, 6, 9, 12, 15 y 18 minutos.
- Es decir cada tres minutos se mezclaba el material, se muestreaba y el resto se separaba tamizándolo para volver a alimentar al mezclador y tomar el siguiente tiempo.
- Se toman seis muestras del mezclador de diferentes lugares.
 - Se pesa cada una de las muestras.
 - Se tamiza cada una de ellas, en una malla No. 16 (por estar de diferente tamaño los granulados fue posible la separación).
 - Se pesa el material trazador (se le dió este nombre al material que está en menor proporción, en el caso en que los materiales están en igual proporción cualquiera puede tomarse como el trazador).
 - Teniendo el peso total y el peso del trazador obtenemos la fracción del material trazador (Xi)

Detalle de una corrida:

Los datos presentados son resultado de las corridas efectuadas para los diferentes tiempos experimentales.

MEZCLADOR DE CUBO

Granulado Azul: 80% = 480 g.

Granulado Rosa: 20% = 120 g.

Tiempo 3 minutos

$$Xi = \frac{\text{Peso del material trazador}}{\text{Peso de la muestra}}$$

La fracción del material trazador (Xi) fue lo que se trabajó estadísticamente

Muestra número 1

$$Xi = \frac{0.9 \text{ g.}}{7.3 \text{ g.}} = 0.123$$

Número de Muestra	Peso de la Muestra (g.)	Peso del Trazador (g.)	Xi
1	7.3	0.9	0.123
2	7.3	0.9	0.123
3	7.5	0.8	0.106
4	7.2	0.9	0.125
5	7.4	1.1	0.148
6	7.3	1.1	0.150

			Xi 0.775

			Xi 0.129

$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
-0.006	0.000036
-0.006	0.000036
-0.023	0.000529
-0.004	0.000016
0.019	0.000361
0.021	0.000441

	0.001419

$$n = 6$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = 0.0168 \quad \text{Desviación estándar}$$

S	t (min.)
0.0168	03
0.0140	06
0.0087	09
0.0150	12
0.0190	15
0.0113	16

CALCULO DEL INDICE DE MEZCLADO (I_m)

$$I_m = \frac{S_0 - S}{S_0 - S_1}$$

S_0 = Desviación estándar en el primer tiempo

S = Desviación estándar en el segundo tiempo

$$S_I = \sqrt{m(1-m)}$$

$$m = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2}$$

m = fracción global media del material trazador de la mezcla

Y_1 = masa del trazador en la muestra (se toma un promedio)

Y_2 = masa del otro componente

$Y_1 + Y_2$ = masa total de la muestra (se toma un promedio para un "X" tiempo)

Tenemos que:

$$S_0 = 0.0168$$

$$S = 0.0148$$

$$S_I = \sqrt{0.138(1 - 0.138)} = 0.336$$

$$m = \frac{0.95}{7.3} = 0.138$$

$$I_m = \frac{0.0168 - 0.014}{3 \cdot 0.0168 - 0.336} = -0.009$$

De esta manera se obtuvieron los demás datos, dados a continuación y se graficaron.

I_m	$t(\text{min})$
-0.009	03
-0.0200	06
0.0200	09
0.0117	12
-0.0240	15

Se incluyen gráficas de la desviación estándar e índice de mezclado.

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
Granulado Azul	450	50
Granulado Rosa	120	20
Carga Total	600	100

Mezclador CUBO-ERWEKA
Velocidad 30 [RPM]

Corrida No. 1

L E Y E N D A :
Peso del Trazador
xi = _____
Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: 3 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	x
1	7.3	0.9	0.123
2	7.3	0.9	0.123
3	7.5	0.8	0.106
4	7.2	0.9	0.125
5	7.4	1.1	0.148
6	7.3	1.1	0.150
D ₁			0.775
x ₁			0.129
S			0.0168

TIEMPO: 12 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	x
1	7.5	1.2	0.160
2	7.2	1.2	0.166
3	7.3	1.0	0.136
4	7.1	0.9	0.126
5	7.3	1.1	0.150
6	7.8	1.1	0.141
D ₁			0.579
x ₁			0.146
S			0.015

TIEMPO: 6 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	x
1	7.0	0.7	0.100
2	7.4	0.8	0.108
3	7.2	0.6	0.083
4	7.4	0.9	0.121
5	7.3	0.9	0.123
6	7.0	0.7	0.100
D ₁			0.635
x ₁			0.105
S			0.014

TIEMPO: 19 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	x
1	7.3	1.2	0.164
2	7.5	1.4	0.186
3	7.3	1.0	0.136
4	7.3	1.1	0.150
5	7.5	1.0	0.133
6	7.5	1.2	0.160
D ₁			0.920
x ₁			0.150
S			0.019

TIEMPO: 9 (min)

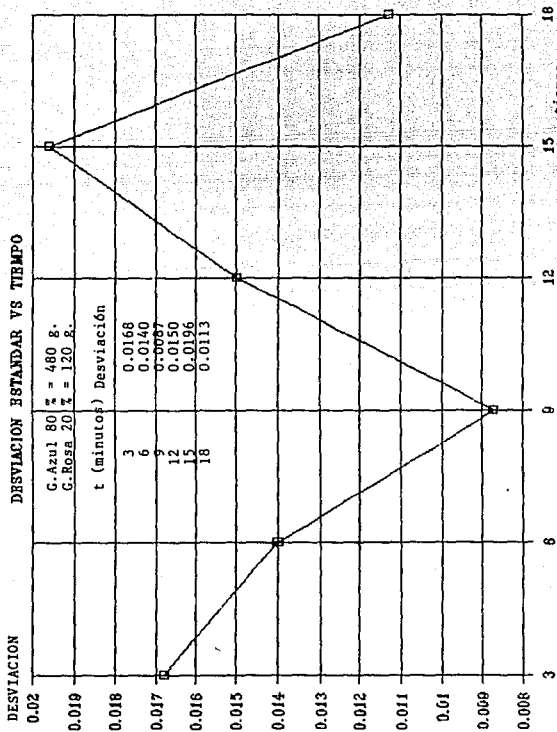
NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	x
1	7.6	1.1	0.144
2	7.6	1.0	0.131
3	7.6	1.1	0.144
4	7.5	1.0	0.133
5	7.5	1.0	0.133
6	7.4	0.9	0.121
D ₁			0.806
x ₁			0.134
S			0.0087

TIEMPO: 18 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	x
1	7.3	0.9	0.123
2	7.2	1.0	0.139
3	7.2	1.0	0.139
4	7.3	0.9	0.123
5	7.2	1.3	0.180
6	7.1	1.0	0.141
D ₁			0.835
x ₁			0.140
S			0.013

GRAFICA

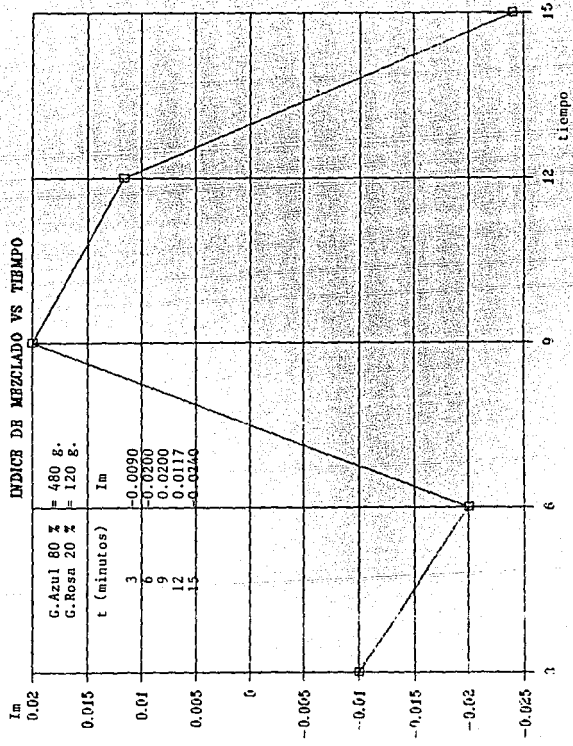
DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



MEZCLADOR DE CUBO

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



G. Azul 80 %
G. Rosn 20 %

= 480 g.
= 120 g.

MEZCLADOR DE CURO

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
Granulado Azul	300	50
Granulado Rosa	300	50
Carga Total	600	100

Mezclador CUBO-ERMEKA
Velocidad 50 (RPM)

Corrida No.

L E Y E N D A :
Peso del Trazador
 $X_i =$
Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: 3 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	X
1	7.6	2.6	0.342
2	7.0	2.8	0.400
3	6.6	3.5	0.530
4	7.0	3.3	0.471
5	7.1	2.0	0.281
6	7.6	3.0	0.394
			ΣX_i 2.545
			ΣX_i^2 0.424
			S 0.066

TIEMPO: 12 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	X
1	7.6	2.9	0.381
2	7.0	2.4	0.343
3	7.0	2.9	0.370
4	7.0	3.7	0.529
5	7.3	2.8	0.383
6	7.4	2.7	0.364
			ΣX_i 2.400
			ΣX_i^2 0.327
			S 0.065

TIEMPO: 0 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	X
1	7.0	3.3	0.471
2	7.0	2.2	0.314
3	7.2	2.8	0.388
4	7.0	2.4	0.312
5	6.6	2.9	0.439
6	7.5	2.5	0.336
			ΣX_i 2.260
			ΣX_i^2 0.376
			S 0.067

TIEMPO: 15 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	X
1	7.3	3.0	0.411
2	7.1	2.6	0.366
3	7.0	2.5	0.357
4	7.2	3.0	0.417
5	7.0	2.8	0.388
6	6.9	3.0	0.430
			ΣX_i 2.365
			ΣX_i^2 0.337
			S 0.050

TIEMPO: 9 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	X
1	6.5	2.8	0.431
2	7.2	3.1	0.431
3	6.3	2.8	0.444
4	6.9	2.8	0.405
5	6.8	2.6	0.380
6	7.0	2.8	0.388
			ΣX_i 2.440
			ΣX_i^2 0.390
			S 0.053

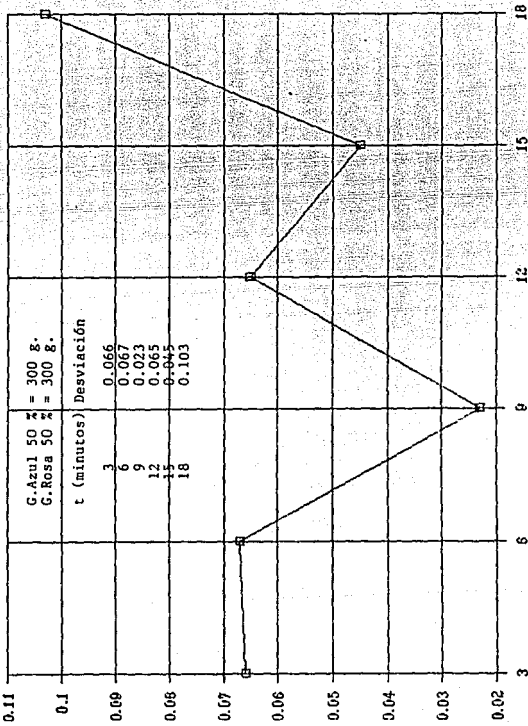
TIEMPO: 18 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	X
1	7.5	2.8	0.373
2	7.0	3.0	0.429
3	7.0	3.4	0.500
4	7.1	1.9	0.267
5	7.1	2.0	0.280
6	7.1	3.4	0.500
			ΣX_i 2.380
			ΣX_i^2 0.500
			S 0.108

GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO

DESVIACION

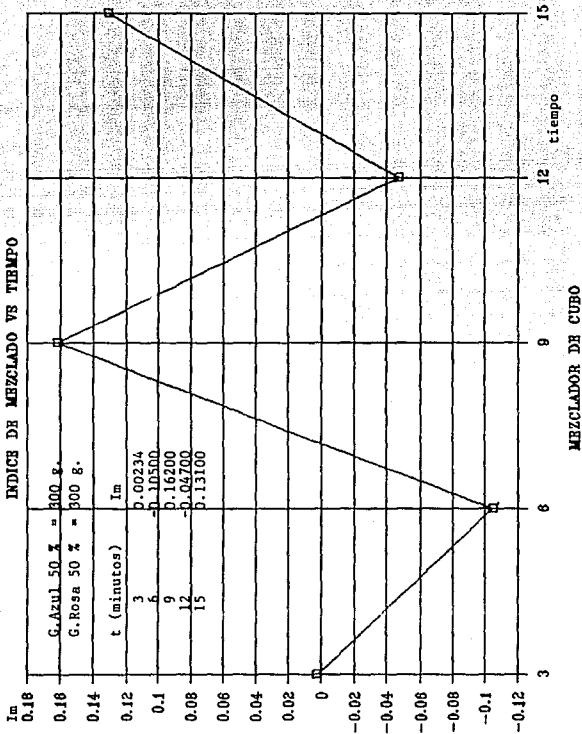


tiempo

MEZCLADOR DE CURO

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
Granulado Azul	120	20
Granulado Rosa	480	80
Carga Total	600	100

Mozclador CUBO-ERWEKA
Velocidad 30 (RPM)

Corrida No. 3

L E Y E N D A :
Peso del Trazador
 \bar{x} =
Peso de la Muestra

S = Desviación Estándar

TIEMPO: 3 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	$\frac{t}{T}$
1	7.0	1.9	0.271
2	7.1	2.0	0.281
3	7.2	1.7	0.236
4	7.1	1.7	0.239
5	7.0	1.7	0.242
6	7.2	2.0	0.278
\bar{x}			1.761
\bar{x}			0.278
S			0.063

TIEMPO: 12 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	$\frac{t}{T}$
1	7.2	1.8	0.250
2	7.0	1.8	0.257
3	7.3	2.1	0.287
4	7.4	1.0	0.135
5	7.5	1.8	0.240
6	7.0	3.1	0.440
\bar{x}			1.611
\bar{x}			0.268
S			0.099

TIEMPO: 6 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	$\frac{t}{T}$
1	7.0	1.2	0.166
2	6.9	2.0	0.318
3	7.4	2.0	0.270
4	7.3	2.8	0.383
5	7.4	1.9	0.256
6	7.5	1.9	0.253
\bar{x}			1.646
\bar{x}			0.274
S			0.072

TIEMPO: 15 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	$\frac{t}{T}$
1	7.1	2.1	0.295
2	7.1	1.4	0.197
3	7.3	1.2	0.164
4	7.2	1.3	0.180
5	7.2	2.1	0.236
6	7.2	1.7	0.236
\bar{x}			1.363
\bar{x}			0.227
S			0.056

TIEMPO: 9 (min)

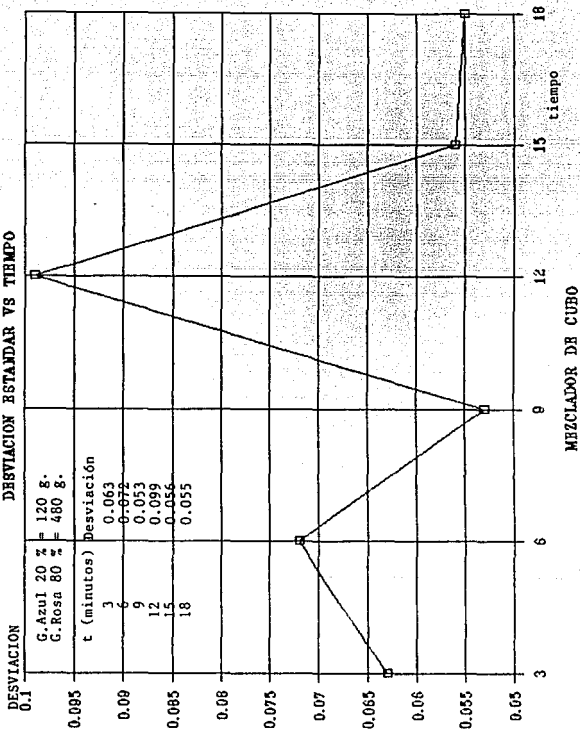
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	$\frac{t}{T}$
1	7.1	1.5	0.253
2	7.1	1.8	0.253
3	7.1	2.1	0.295
4	6.8	1.4	0.205
5	7.0	1.5	0.214
6	7.1	1.2	0.160
\bar{x}			1.360
\bar{x}			0.226
S			0.053

TIEMPO: 18 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	$\frac{t}{T}$
1	7.5	2.2	0.293
2	6.8	1.9	0.279
3	7.2	1.8	0.250
4	7.3	2.6	0.356
5	6.9	1.3	0.188
6	7.1	2.1	0.295
\bar{x}			1.661
\bar{x}			0.276
S			0.055

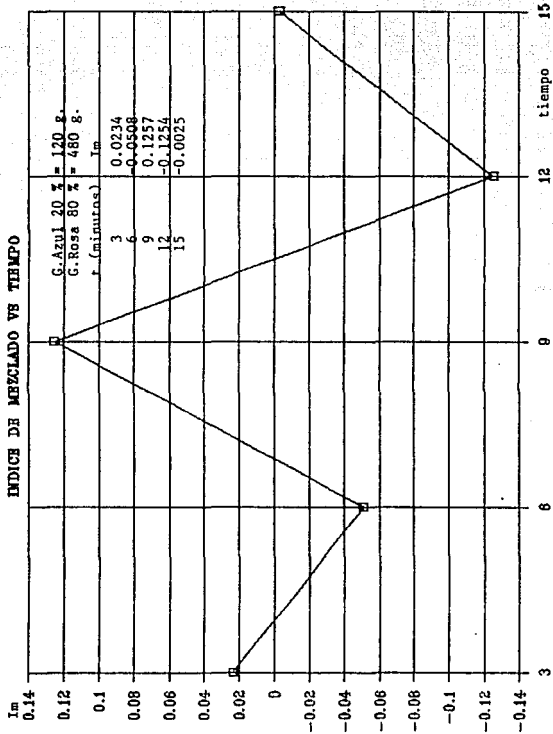
GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



G. Azul 20 % = 120 g.
 G. Rosa 80 % = 480 g.
 r. (minutos)

3 0.0234
 6 -0.0508
 9 0.1257
 12 -0.1254
 15 -0.0025

MEZCLADOR DE CUBO

7.1.2.

MEZCLADOR PLANETARIO

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
Granulado Azul	960	80
Granulado Rosa	240	20
Carga Total	1200	100

Mezclador PLANETARIA-ERWEKA
Velocidad 30 [RPM]

Corrida No. 1

L E Y E N D A :
Peso del Trazador

$x_i =$ Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: <u>3</u> (min)			
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	x_i
1	7.0	1.9	0.263
2	7.0	1.8	0.257
3	6.9	1.9	0.267
4	7.0	1.8	0.257
5	7.0	1.8	0.257
6	6.9	1.8	0.260
Σ _i			1.595
Σ _i ²			0.242
S			0.023

TIEMPO: <u>12</u> (min)			
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	x_i
1	7.1	2.2	0.309
2	7.0	1.7	0.242
3	7.0	1.6	0.228
4	7.0	1.7	0.242
5	6.8	2.2	0.323
6	7.1	1.7	0.160
Σ _i			1.509
Σ _i ²			0.251
S			0.055

TIEMPO: <u>6</u> (min)			
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	x_i
1	6.7	1.9	0.283
2	6.9	1.8	0.260
3	6.9	1.6	0.231
4	7.2	1.9	0.263
5	7.0	1.9	0.271
6	6.8	1.9	0.279
Σ _i			1.590
Σ _i ²			0.265
S			0.018

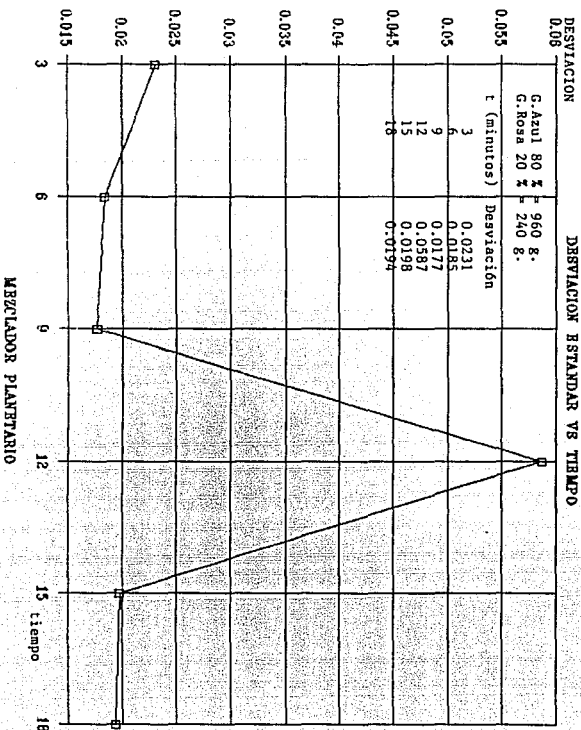
TIEMPO: <u>15</u> (min)			
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	x_i
1	7.2	1.6	0.222
2	6.2	1.7	0.271
3	6.8	1.8	0.264
4	6.9	1.8	0.260
5	6.9	1.8	0.260
6	7.2	2.0	0.277
Σ _i			1.560
Σ _i ²			0.260
S			0.019

TIEMPO: <u>9</u> (min)			
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	x_i
1	7.2	2.0	0.277
2	7.1	2.0	0.281
3	6.7	1.9	0.283
4	7.1	1.8	0.243
5	7.1	2.1	0.295
6	7.1	2.0	0.281
Σ _i			1.560
Σ _i ²			0.260
S			0.017

TIEMPO: <u>18</u> (min)			
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	PESO (g) TRAZADOR	x_i
1	7.0	1.9	0.271
2	7.3	2.1	0.287
3	7.1	1.9	0.267
4	6.8	1.7	0.250
5	7.2	1.7	0.236
6	7.1	2.0	0.281
Σ _i			1.591
Σ _i ²			0.265
S			0.019

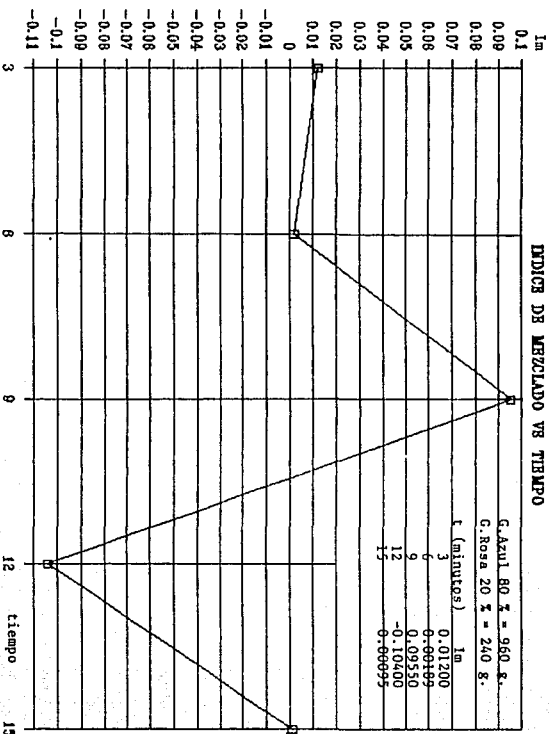
GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



MEZCLADO PLANETARIO

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
Granulado Azul	600	50
Granulado Rosa	600	50
Carga Total	1200	100

Mezclador PLANETARIA-FRUEKA.
Velocidad 30 (RPM)

Corrida No. 2

LEYENDA:

Peso del Trazador

$X_i =$
Peso de la Muestra

S = Desviación Estándar

TIEMPO: 3 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	X_i
1	7.1	3.9	0.527
2	7.2	3.2	0.444
3	7.1	3.6	0.513
4	7.3	3.5	0.455
5	7.2	3.2	0.444
6	7.6	3.2	0.421
ΣX_i			2.803
\bar{X}			0.467
S			0.042

TIEMPO: 12 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	X_i
1	7.2	3.6	0.500
2	7.2	3.4	0.472
3	7.3	3.7	0.506
4	6.9	3.6	0.501
5	7.1	3.5	0.450
6	7.2	3.5	0.458
ΣX_i			2.909
\bar{X}			0.454
S			0.028

TIEMPO: 6 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	X_i
1	7.1	3.2	0.500
2	7.3	3.9	0.534
3	7.5	4.0	0.533
4	6.8	3.6	0.529
5	7.3	4.0	0.547
6	7.4	3.7	0.501
ΣX_i			3.194
\bar{X}			0.532
S			0.017

TIEMPO: 15 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	X_i
1	7.2	3.7	0.513
2	7.0	3.5	0.500
3	7.0	3.0	0.428
4	7.0	3.6	0.514
5	6.9	3.0	0.434
6	7.1	3.5	0.492
ΣX_i			2.884
\bar{X}			0.460
S			0.038

TIEMPO: 3 (min)

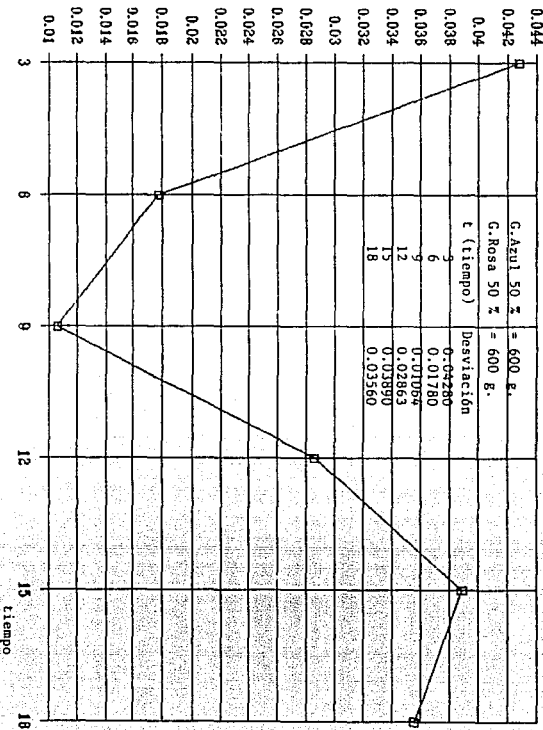
NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	X_i
1	7.0	3.5	0.500
2	6.8	3.6	0.529
3	6.4	3.3	0.515
4	7.4	3.9	0.527
5	7.3	3.8	0.520
6	7.4	3.6	0.513
ΣX_i			3.106
\bar{X}			0.517
S			0.010

TIEMPO: 18 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	PESO (g) TRAZADOR	X_i
1	7.3	3.0	0.413
2	7.0	3.5	0.500
3	6.8	3.1	0.455
4	7.0	2.9	0.413
5	6.9	2.9	0.420
6	7.5	3.1	0.413
ΣX_i			2.614
\bar{X}			0.435
S			0.035

GRAFICA

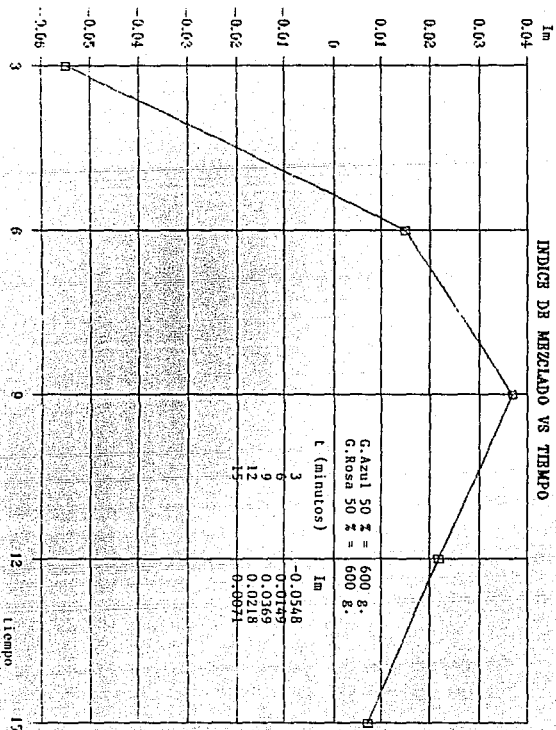
DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



MEZCLADOR PLANETARIO

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



G. Azul 50 % = 600 g.
 G. Rosa 50 % = 600 g.

L (minutos)

Im

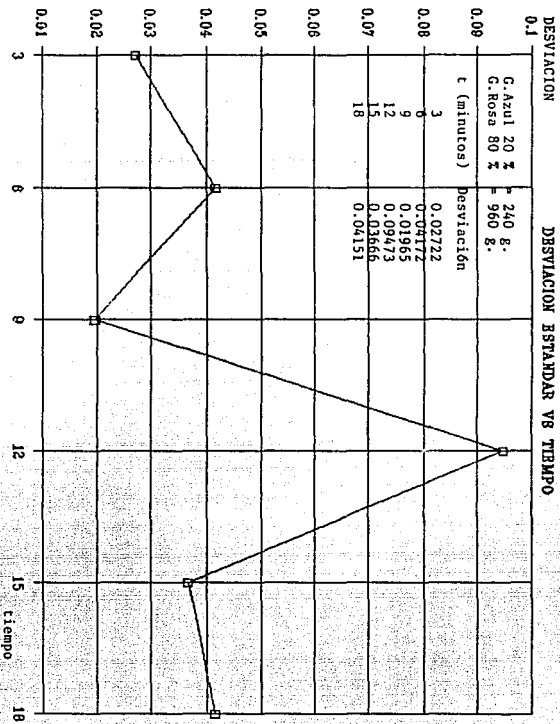
3	-0.0548
6	0.0149
9	0.0369
12	0.0218
15	-0.0091

MEZCLADOR PLANETARIO

Tiempo

GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



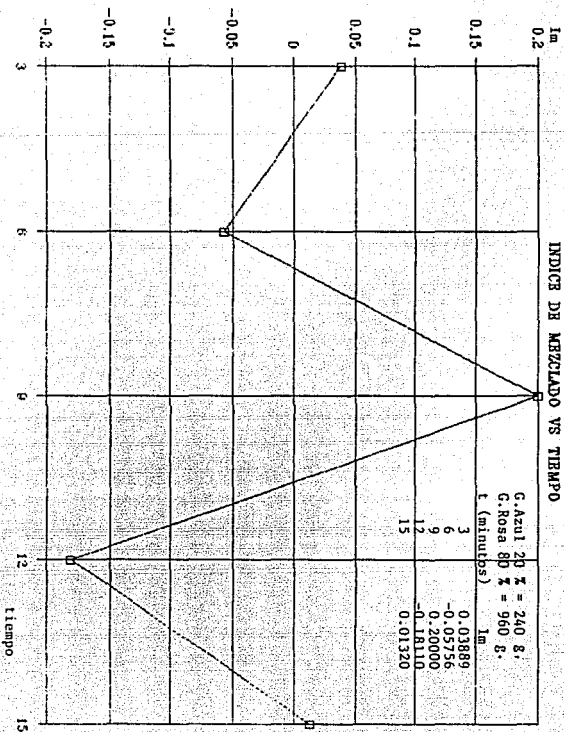
DESVIACION
 G. Azul 20 % = 240 g.
 G. Rosa 80 % = 960 g.

t (minutos)	Desviación
3	0.02722
6	0.04772
9	0.01965
12	0.09473
15	0.03666
18	0.04151

MEZCLADOR PLANETARIO

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



MEZCLADOR PLANETARIO

7.1.3. MEZCLADOR DE DOBLE LISTON

Se definieron las variables a usar, velocidad, tiempo y capacidad.

Para nuestro tipo de material se encontro que tiene una capacidad de un kg. Lo usamos al 60% de su capacidad lo cual significa cargarlo con 600 g.

Tambien se pensaba trabajar con las tres proporciones usadas en los otros mezcladores. Lo cargamos con una proporción del 50% de cada uno de los granulados (300 g. G. azul y 300 g. G. rosa), para los primeros 3 minutos al muestrear el lote encontramos gran cantidad de polvos; es decir, este mezclador tritura demasiado el material, por lo cual se suspendio la operación y se tamisó el material con una serie de tylers encontrandose los siguientes resultados:

No. de Malla	Cantidad	Observaciones
16	57 grs.	Queda retenido el material rosa y una minima cantidad del material azul.
20	113 grs.	Hay una proporción del 50% de cada uno de los materiales. se observó que a partir del tiempo de 6 minutos el material se empieza a fracturar.
25	156 grs.	En esta malla queda retenido el 50% de cada uno de los materiales para el tiempo de 9 minutos.
40	181 grs.	Hay una proporción del 50% de cada uno de los materiales.
60	35.5 grs.	Hay una proporción del 5% de cada uno de los materiales.
100	21 grs.	La proporción de polvos cambia, el material rosa esta en mayor cantidad.
200	32 grs.	Para el tiempo de 18 minutos, los materiales se pulverizan totalmente formando un color violeta. El color de cada material a simple vista no se distingue.

7.2 SEGUNDA PARTE

La primera parte del trabajo experimental consistió en mezclar dos granulados de color y tamaño diferentes, esto para poder identificarlos al separar el material trazador de las muestras a evaluar, pero ¿Qué sucede cuando los dos materiales o principios activos a mezclar tienen las mismas propiedades físicas como: tamaño de partículas, color, etc., en estas circunstancias, el método de evaluación para el material trazador no funcionaría.

Como segunda alternativa proponemos el siguiente método:

Empleando los mismos equipos mezcladores de la primera parte, el siguiente paso fue elegir los materiales susceptibles a mezclar. Esta mezcla debe ser con materiales que puedan separarse y cuantificar con facilidad, deben ser económicos y fáciles de conseguir.

Así se encontró que en el laboratorio se cuenta con carbonato de calcio y cloruro de sodio. Aprovechando las características del carbonato de calcio de ser insoluble en agua y el cloruro de sodio soluble. Así, la separación de los componentes de la mezcla sería sencilla, ya que para separar, es suficiente con solubilizar la muestra y por centrifugación (Filtración etc.) se puede separar el carbonato del cloruro de sodio, el método de evaluación para el material trazador revisando la bibliografía (2) se encontró que el índice de refracción en sustancias inorgánicas como el cloruro de sodio, es proporcional a su concentración.

Esto nos da oportunidad de elaborar una curva patrón de índice de refracción contra concentración de cloruro de sodio de manera rápida y precisa. Este método además nos da una alternativa diferente al método seleccionado en la primera parte.

El índice de refracción como método de evaluación resulta útil para confirmar la identidad del material trazador, además de reducir el tiempo de realización de la práctica.

7.2.1. REACTIVOS

Carbonato de Calcio (CaCO_3)

PH = 100.1

Densidad = 2.71

Cloruro de Sodio (NaCl)

PH = 58.46

Densidad = 2.17

7.2.2. MATERIAL

1 Termómetro

1 Balanza granataria

1 Piseta con agua destilada

1 Cronómetro

8 Vasos de precipitado de 100 ml.

2 Vasos de precipitado de 250 ml.

1 Pipeta volumétrica de 50 ml.

1 Centrífuga

7.2.3. EQUIPO

Mezclador de doble listón

Mezclador de cubo

Mezclador Planetario

1 Refractómetro de ABBE

REFRACTOMETRO DE ABBE (BAUSH & LOHB)

El instrumento de Abbe es indudablemente el refractómetro más cómodo y generalizado. La figura (A) muestra un diagrama esquemático de su sistema óptico. La muestra se coloca en forma de película fina entre dos prismas (a), los cuales se pueden abrir o cerrar por medio de una bisagra (b). El prisma superior (c), se encuentra fijo sobre un punto de apoyo, que le permite rotar por medio de un brazo lateral (d). La superficie de los prismas es esmerilada. La luz blanca (e), se refleja en el prisma inferior de la superficie esmerilada, la desdobra en un gran número de rayos que atraviesan la muestra y se refractan en la superficie de la muestra y la superficie esmerilada del prisma superior. El rayo refractado pasa a un telescopio fijo (f) en el cual se encuentran dos prismas de Amici (g), que pueden girar uno con respecto al otro y recoger los rayos angulares críticos.

divergentes de diferentes colores en un solo haz blanco que corresponde en trayectoria al del rayo "D" del sodio. El ocular del telescopio tiene unos filamentos cruzados (h) los cuales sirven para ajustar el ángulo del prisma. La lectura se efectúa cuando el campo oscuro y el campo de luz blanca coinciden exactamente con los filamentos. Los valores de las lecturas se obtienen en la escala fija, graduada en unidades de índice de refracción. La temperatura se mantiene constante mediante la circulación de agua por camisas que rodean a los prismas, en este lugar se deben adaptar el termómetro.

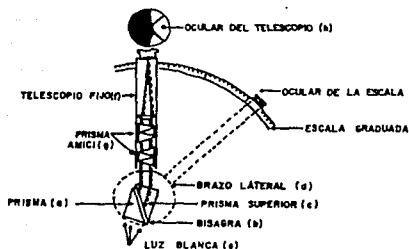


DIAGRAMA OPTICO DEL REFRACTOMETRO DE ABBE

FIG. A

7.2.4. METODOLOGIA

TECNICA DE OPERACION PARA LOS MEZCLADORES PLANETARIO, DE CUBO Y DE DOBLE LISTON.

1.- Pesar las respectivas cantidades de CaCO_3 y NaCl de acuerdo con el porcentaje de cada uno de los componentes, como se quiera trabajar, como se indica a continuación:

20% de CaCO_3 y 80% de NaCl

60% de CaCO_3 y 20% de NaCl

50% de CaCO_3 y 50% de NaCl

2.- Ajustar la velocidad del mezclador (30 RPH)

3.- Colocar los materiales en el mezclador

4.- Iniciar la operación de mezclado

5.- Tomar tiempos de 3, 6, 9, 12, 15 y 18 minutos. Para cada tiempo, parar el mezclador.

6.- Tomar seis muestras de diferentes partes del mezclador.

7.- Colocar cada una de las muestras en un vaso de precipitado de 100 ml. previamente pesado, pesar los vasos con la muestra para saber el peso de ésta y adicionar 50 ml. de agua destilada con una pipeta volumétrica y agitar tres minutos con el objeto de disolver el NaCl presente en la muestra

8.- Colocar las seis muestras previamente numeradas en la centrífuga para que por medio de gravedad sedimente el CaCO_3 . con esta operación se obtiene la separación de los dos componentes quedando en la superficie una solución transparente (NaCl), esta solución nos permitira hacer la lectura midiendo su concentración por medio del índice de refracción.

9.- La lectura del índice de refracción de cada una de las soluciones (muestras), se interpola en la curva patron para obtener la concentración de NaCl de cada una de las muestras tomadas.

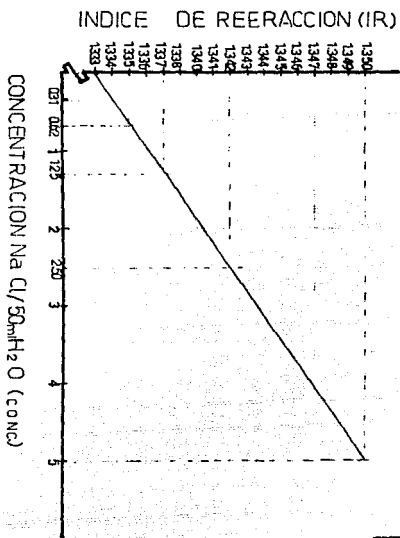
Con los datos obtenidos aplicar el método estadístico seleccionado que permitira evaluar el grado e índice de mezclado.

7.2.5. CURVA PATRON

La curva patrón se realiza graficando las lecturás de índice de refracción contra concentración de cloruro de sodio disueltos en 50 ml. de agua destilada manteniendo la temperatura constante 20 °C en el refractómetro de Abbe.

Ajustando por mínimos cuadrados la gráfica, se obtuvieron los siguientes datos:

CURVA PATRON
 INDICE DE REFRACCION VS CONCENTRACION NaCl



CONC	IR
0.00	1.333
0.31	1.334
0.62	1.335
1.25	1.337
2.50	1.342
5.00	1.350

7.2.6 Detalle de una corrida.

MEZCLADOR DE CUBO

CaCO₃ 80% = 480 g.

NaCl 20% = 120 g.

Tiempo: 3 Minutos

Peso de la Muestra (g.)	Indice de Refracción	Peso del trazador en la muestra (g.)	Fracción del trazador en la muestra
PM	I.R.	KA	XI
3.0	1.335	0.60	0.200
2.4	1.335	0.60	0.250
2.7	1.335	0.60	0.222
2.8	1.334	0.30	0.107
2.6	1.335	0.60	0.230
2.4	1.335	0.60	0.250

XI = 1.259

El peso de la muestra se obtiene pesando previamente el matraz en que se recibe ésta y, se pesa otra vez cuando la muestra estuvo dentro y, por diferencia se conoce el peso de la muestra.

El peso del trazador se obtiene interpolando el I.R. de cada una de las muestras en la curva patrón.

$$\bar{X}_i = \sum X_i / n \quad \text{donde } n = \text{número de muestras.}$$

$$\bar{X}_i = 0.210$$

$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
0.010	0.00010
0.040	0.00160
0.012	0.00014
-0.103	0.01061
0.020	0.00040
0.040	0.00160

	0.01445

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = 0.053 \text{ desviación estándar}$$

S	t (Min.)
0.053	03
0.026	06
0.042	09
0.061	12
0.050	15
0.037	18

CALCULO DEL INDICE DE MEZCLADO (Im)

$$I_m = \frac{S_o - S}{S_o - S_i}$$

S_o = Desviación estándar en el primer tiempo

S_i = Desviación estándar en el segundo tiempo

$$S_i = \sqrt{n(1-n)}$$

$$n = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} = 0.207$$

$$S_i = \sqrt{0.207(1-0.207)} = 0.405$$

$$I_m = \frac{0.053 - 0.026}{0.053 - 0.405} = -0.076$$

$$0.053 - 0.405$$

De esta manera se obtuvieron los demás datos

la	t (lin)
-0.076	03
0.090	06
-0.003	09
-0.030	12
-0.037	15

Se incluyen gráficas de la desviación estándar e índice de mezclado.

7.2.7 Resultados y Graficas.

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SÓLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
CaCO ₃	480	80
NaCl	120	20
Carga Total	600	100
Carga Total Mezclador	CUBO-ERWEKA.	
Velocidad	30 (RPM)	

Corrida No. 1

L E Y E N D A:

I.R. = Índice de Refracción

X = Material Trazador (g)

A =

X

i =

i = Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: 1 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X	
1	3.0	1.335	0.60	0.200	
2	2.4	1.335	0.60	0.250	
3	2.7	1.335	0.60	0.222	
4	2.8	1.334	0.60	0.197	
5	2.6	1.335	0.60	0.230	
6	2.4	1.335	0.60	0.250	
				D _i	1.259
				\bar{X}	0.210
				S	0.055

TIEMPO: 12 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X	
1	2.0	1.335	0.60	0.300	
2	2.3	1.334	0.60	0.190	
3	2.8	1.335	0.60	0.214	
4	2.1	1.335	0.60	0.235	
5	2.3	1.335	0.60	0.261	
6	2.4	1.335	0.60	0.250	
				D _i	1.440
				\bar{X}	0.240
				S	0.061

TIEMPO: 6 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X	
1	2.6	1.335	0.60	0.230	
2	2.4	1.335	0.60	0.250	
3	2.5	1.335	0.60	0.240	
4	2.0	1.335	0.60	0.300	
5	2.4	1.335	0.60	0.250	
6	2.6	1.335	0.60	0.230	
				D _i	1.500
				\bar{X}	0.250
				S	0.026

TIEMPO: 15 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X	
1	2.7	1.335	0.60	0.222	
2	2.6	1.335	0.60	0.230	
3	2.7	1.335	0.60	0.222	
4	2.3	1.334	0.60	0.190	
5	2.4	1.334	0.60	0.195	
6	2.7	1.335	0.60	0.222	
				D _i	1.151
				\bar{X}	0.192
				S	0.050

TIEMPO: 9 (min)

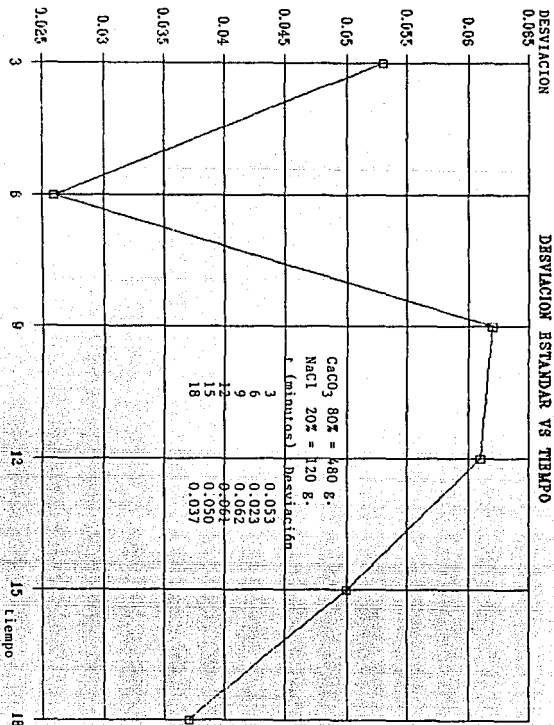
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X	
1	2.4	1.335	0.60	0.250	
2	1.4	1.334	0.60	0.156	
3	2.3	1.335	0.60	0.241	
4	2.3	1.335	0.60	0.241	
5	2.5	1.335	0.60	0.240	
6	2.6	1.334	0.60	0.115	
				D _i	1.285
				\bar{X}	0.214
				S	0.062

TIEMPO: 18 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X	
1	2.5	1.335	0.60	0.240	
2	2.3	1.335	0.60	0.241	
3	2.0	1.335	0.60	0.300	
4	2.0	1.335	0.60	0.315	
5	1.9	1.335	0.60	0.315	
6	2.7	1.335	0.60	0.222	
				D _i	1.655
				\bar{X}	0.273
				S	0.037

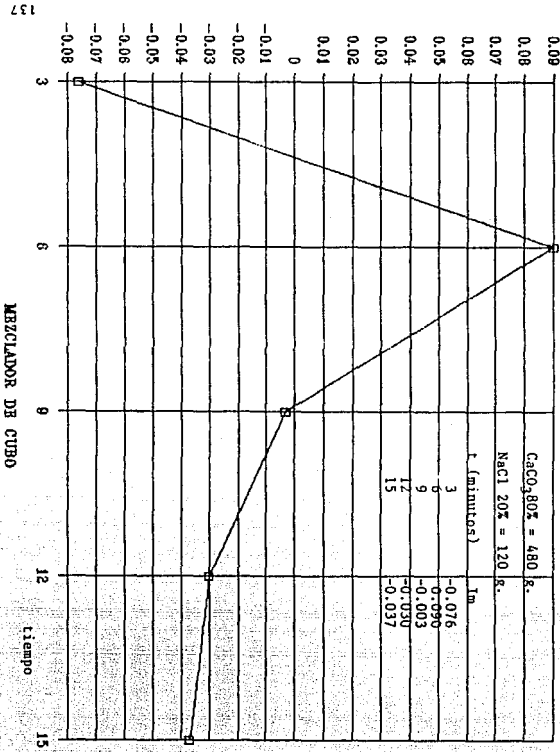
GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



$\text{CaCO}_3 80\% = 480 \text{ g.}$

$\text{NaCl } 20\% = 120 \text{ g.}$

MEZCLADOR DE CUBO

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
CaCO ₃	300	50
NaCl	300	50
Carga Total	600	100
Carga Total		
Mezclador	<u>CURC-FRUEKA</u>	
Velocidad	<u>30 (RPM)</u>	

Corrida No. 2

L. E. Y E N D A:
I.R. = Índice de Refracción
X = Material Trazador (g)
A
X
A
X = -----
i = Peso de la Muestra
S = Desviación Estandar

TIEMPO: 3 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X	A
1	2.5	1.335	1.46	0.542
2	4.7	1.332	2.64	0.561
3	3.0	1.336	1.46	0.566
4	2.7	1.335	1.46	0.542
5	2.7	1.337	1.16	0.429
6	3.5	1.332	1.76	0.503
		ΣX	3.103	
		ΣA	0.517	
		S	0.056	

TIEMPO: 12 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X	A
1	3.3	1.332	1.76	0.532
2	3.5	1.332	1.76	0.532
3	4.1	1.340	2.40	0.540
4	3.5	1.332	1.76	0.532
5	3.2	1.332	1.76	0.532
6	4.1	1.340	2.40	0.540
		ΣX	3.280	
		ΣA	0.545	
		S	0.052	

TIEMPO: 6 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X	A
1	3.1	1.332	1.76	0.567
2	3.0	1.339	1.76	0.586
3	4.0	1.339	1.76	0.440
4	3.7	1.340	2.40	0.545
5	3.4	1.339	1.76	0.517
6	3.3	1.339	1.76	0.533
		ΣX	3.291	
		ΣA	0.548	
		S	0.070	

TIEMPO: 15 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X	A
1	3.5	1.340	2.40	0.530
2	4.0	1.340	2.40	0.600
3	3.2	1.338	1.46	0.425
4	3.0	1.339	1.76	0.530
5	3.8	1.340	2.40	0.530
6	3.8	1.332	1.76	0.485
		ΣX	3.280	
		ΣA	0.535	
		S	0.052	

TIEMPO: 7 (min)

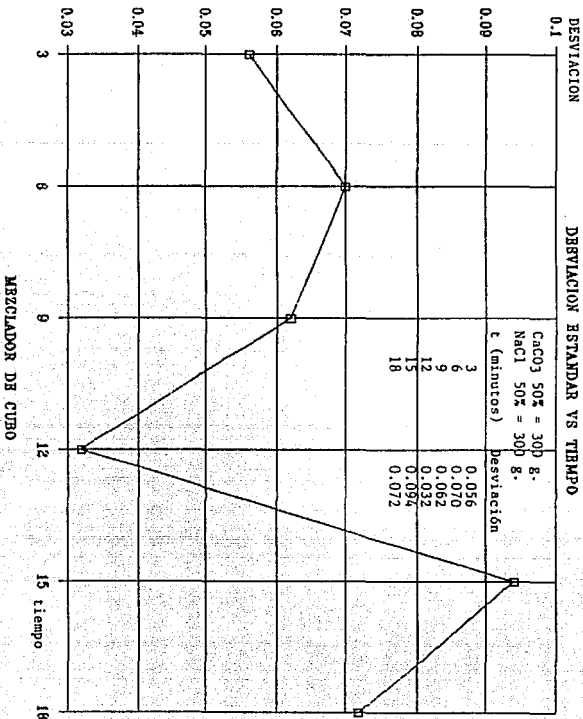
NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X	A
1	4.3	1.343	2.40	0.410
2	3.5	1.339	1.76	0.453
3	3.6	1.339	1.76	0.482
4	3.2	1.334	1.76	0.550
5	3.0	1.332	1.76	0.451
6	3.7	1.339	1.76	0.475
		ΣX	3.240	
		ΣA	0.505	
		S	0.060	

TIEMPO: 18 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X	A
1	4.5	1.341	2.40	0.542
2	4.5	1.341	2.32	0.542
3	4.0	1.332	1.76	0.440
4	3.5	1.339	1.76	0.482
5	3.8	1.340	2.40	0.530
6	4.3	1.340	2.64	0.542
		ΣX	3.280	
		ΣA	0.540	
		S	0.070	

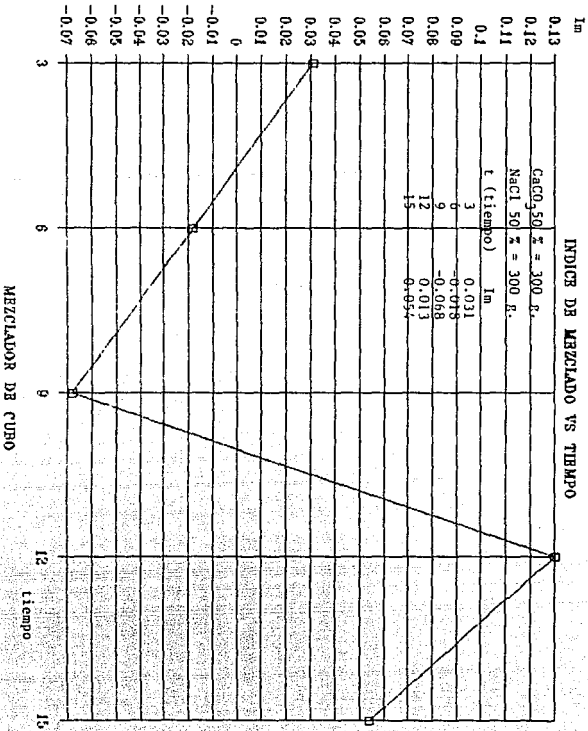
GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	X
CaCO ₃	120	20
NaCl	480	80
Carga Total	600	100
Carga Total		
Mezclador	CUBO-ERWEKA,	
Velocidad	30	(RPM)

Corrida No. 3

L. E. Y. E. N. D. A.:

I. R. = Índice de Refracción

X = Material Trazador (g)

A

X

X = $\frac{A}{X}$

1 = Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: 3 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I. R.	X A	X I
1	4.5	1.345	3.52	0.762
2	4.4	1.345	3.52	0.800
3	4.4	1.345	3.52	0.800
4	4.0	1.345	3.52	0.880
5	4.9	1.341	3.52	0.477
6	4.5	1.345	3.52	0.762
				Σ 4.521
				\bar{x} 0.753
				S 0.140

TIEMPO: 12 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I. R.	X A	X I
1	4.8	1.346	3.82	0.796
2	4.5	1.346	3.82	0.849
3	4.8	1.346	3.82	0.796
4	4.2	1.345	3.52	0.838
5	4.5	1.345	3.52	0.782
6	5.0	1.345	3.52	0.704
				Σ 4.765
				\bar{x} 0.794
				S 0.051

TIEMPO: 6 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I. R.	X A	X I
1	5.4	1.347	4.12	0.763
2	4.9	1.346	3.82	0.779
3	4.4	1.344	3.24	0.736
4	4.2	1.344	3.24	0.771
5	4.5	1.345	3.52	0.782
6	5.1	1.345	3.52	0.690
				Σ 4.521
				\bar{x} 0.753
				S 0.035

TIEMPO: 15 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I. R.	X A	X I
1	4.7	1.346	3.82	0.812
2	4.0	1.346	3.82	0.955
3	5.3	1.346	3.82	0.720
4	4.9	1.346	3.82	0.780
5	4.2	1.344	3.24	0.771
6	4.5	1.344	3.24	0.720
				Σ 4.756
				\bar{x} 0.793
				S 0.057

TIEMPO: 9 (min)

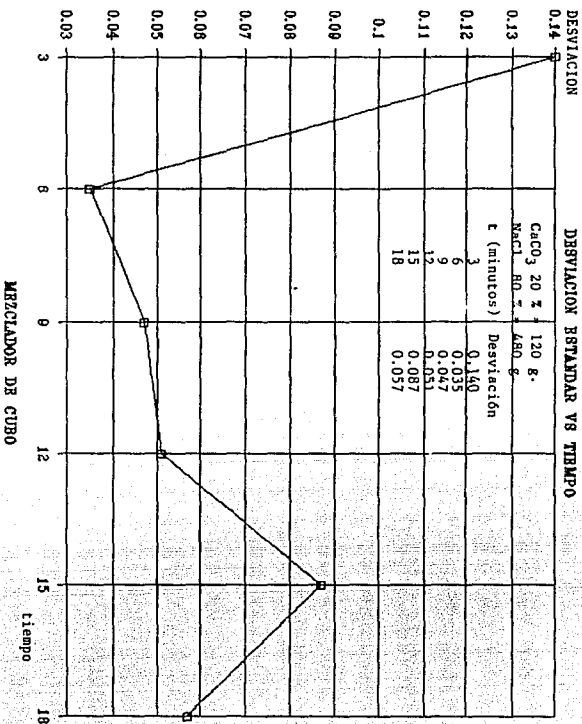
NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I. R.	X A	X I
1	4.3	1.345	3.52	0.815
2	4.2	1.345	3.52	0.838
3	4.3	1.345	3.24	0.753
4	4.8	1.346	3.82	0.796
5	3.9	1.341	3.24	0.830
6	5.3	1.346	3.82	0.720
				Σ 4.755
				\bar{x} 0.792
				S 0.047

TIEMPO: 18 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I. R.	X A	X I
1	4.5	1.346	3.82	0.849
2	4.8	1.346	3.82	0.796
3	4.8	1.346	3.82	0.796
4	4.2	1.344	3.24	0.771
5	4.6	1.345	3.52	0.765
6	4.8	1.344	3.24	0.675
				Σ 4.652
				\bar{x} 0.775
				S 0.057

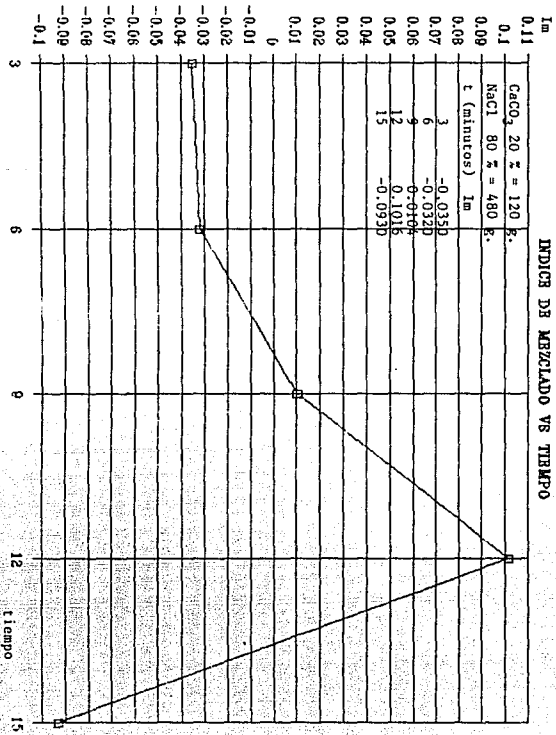
GRAFICA

DEVIACION ESTADAR VS TIEMPO



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



MEZCLADOR DE CUBO

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
CaCO ₃	960	80
NaCl	240	20
Carga Total	1200	100
Carga Total		
Mezclador	PLANETARIA-ERNEKA.	
Velocidad	30 [RPM]	

Corrida No. 1

LEYENDA:

- I.R. = Indice de Refracción
 X = Material Trazador (g)
 A =
 S =
 1 = Peso de la Muestra
 S = Desviación Estándar

TIEMPO: 3 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.9	1.335	0.60	0.207
2	2.4	1.335	0.60	0.250
3	2.3	1.335	0.60	0.261
4	2.3	1.335	0.60	0.281
5	3.6	1.335	0.60	0.177
6	2.5	1.335	0.60	0.240
			Σ	1.396
			\bar{x}	0.232
			S	0.032

TIEMPO: 7 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	3.9	1.335	0.60	0.152
2	3.3	1.335	0.60	0.150
3	4.1	1.335	0.60	0.200
4	2.6	1.335	0.60	0.240
5	4.1	1.335	0.60	0.200
6	3.2	1.335	0.60	0.167
			Σ	1.171
			\bar{x}	0.195
			S	0.020

TIEMPO: 6 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.8	1.335	0.60	0.214
2	2.2	1.335	0.60	0.196
3	3.4	1.335	0.60	0.176
4	3.2	1.336	0.86	0.275
5	2.7	1.335	0.60	0.222
6	2.8	1.335	0.60	0.214
			Σ	1.237
			\bar{x}	0.206
			S	0.045

TIEMPO: 15 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	5.1	1.335	0.60	0.200
2	3.3	1.336	0.86	0.220
3	3.5	1.335	0.60	0.177
4	3.9	1.335	0.70	0.164
5	3.2	1.335	0.70	0.200
6	3.9	1.335	0.60	0.152
			Σ	1.157
			\bar{x}	0.193
			S	0.020

TIEMPO: 9 (min)

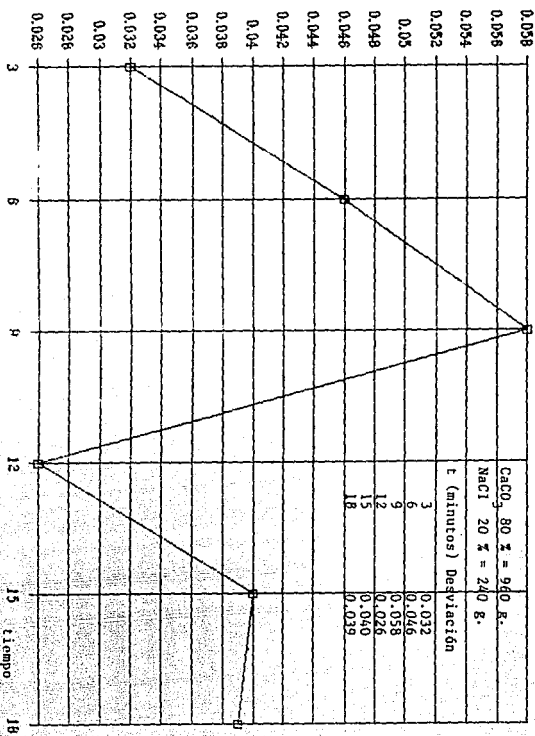
NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	3.0	1.335	0.60	0.200
2	2.6	1.336	0.86	0.250
3	3.3	1.335	0.60	0.211
4	2.7	1.335	0.60	0.222
5	2.2	1.335	0.60	0.270
6	3.6	1.335	0.60	0.156
			Σ	1.401
			\bar{x}	0.233
			S	0.053

TIEMPO: 18 (min)

NO. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	3.9	1.336	0.86	0.200
2	3.5	1.335	0.60	0.171
3	3.1	1.335	0.60	0.190
4	3.7	1.335	0.86	0.200
5	3.6	1.335	0.70	0.230
6	3.2	1.335	0.60	0.167
			Σ	1.257
			\bar{x}	0.209
			S	0.020

GRAFICA

DEVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



CaCO₃ 80 % = 960 R.

NACL 20 % = 240 g.

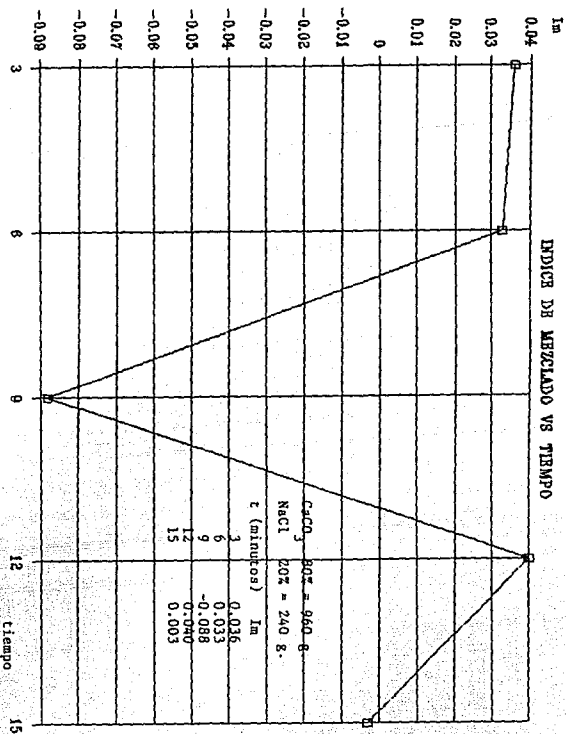
t (minutos) Deviacion

3	0.032
6	0.046
9	0.058
12	0.026
15	0.040
18	0.039

MEZCLADOR PLANETARIO

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



CaCO₃ 80% = 960 g

NaCl 20% = 240 g.

t (minutos) Im

3 0.036

6 0.033

9 -0.088

12 0.040

15 0.003

MEZCLADOR PLANETARIO

**HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS**

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
CaCO ₃	600	50
NaCl	600	50
Carga Total	1200	100

Mezclador PLANETARIA-ERWEKA.
Velocidad 30 (RPM)

Corrida No. 2

LEYENDA:

I.R. = Indice de Refracción

X = Material Trazador (g)

A X

A X

X = -----

i = Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: 3 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	I.R.	X A	X I
1	4.0	1.339	1.80	0.450
2	3.1	1.339	1.76	0.567
3	3.6	1.333	1.76	0.489
4	3.0	1.339	1.76	0.580
5	3.6	1.340	2.40	0.666
6	3.3	1.338	1.46	0.412
			ΣX	3.200
			ΣI	0.533
			S	0.088

TIEMPO: 12 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	I.R.	X A	X I
1	5.7	1.340	2.40	0.648
2	4.3	1.340	2.40	0.558
3	3.8	1.340	2.40	0.631
4	4.0	1.340	2.40	0.600
5	3.2	1.339	1.76	0.550
6	4.5	1.340	2.40	0.533
			ΣX	3.520
			ΣI	0.586
			S	0.047

TIEMPO: 6 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	I.R.	X A	X I
1	4.1	1.340	2.40	0.585
2	3.6	1.340	2.40	0.666
3	4.0	1.340	2.40	0.600
4	3.6	1.340	2.40	0.666
5	2.5	1.339	1.76	0.704
6	4.6	1.341	2.34	0.508
			ΣX	3.727
			ΣI	0.621
			S	0.070

TIEMPO: 15 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	I.R.	X A	X I
1	3.1	1.338	1.46	0.471
2	3.5	1.330	1.76	0.503
3	2.5	1.338	1.46	0.584
4	3.3	1.339	1.76	0.533
5	3.2	1.339	1.76	0.550
6	3.5	1.338	1.46	0.417
			ΣX	3.058
			ΣI	0.509
			S	0.060

TIEMPO: 3 (min)

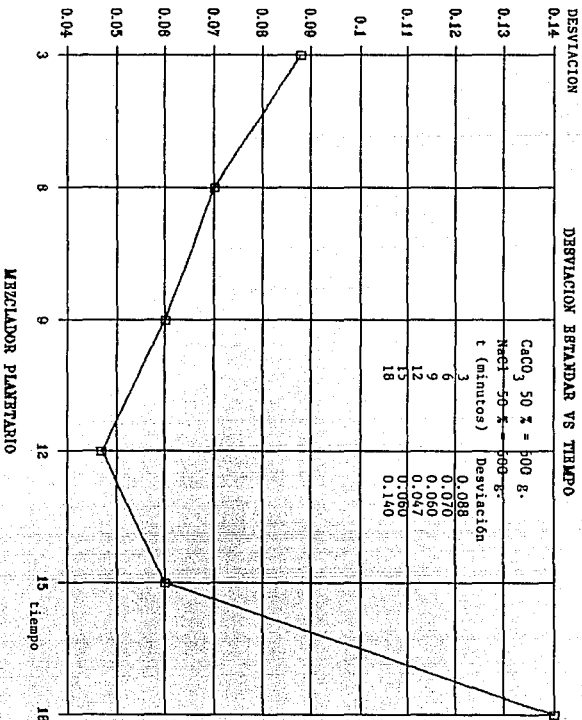
No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	I.R.	X A	X I
1	4.4	1.341	2.34	0.532
2	3.2	1.339	1.76	0.550
3	3.7	1.339	1.76	0.475
4	4.0	1.341	2.34	0.555
5	3.7	1.340	2.40	0.644
6	3.4	1.339	1.76	0.517
			ΣX	3.307
			ΣI	0.551
			S	0.060

TIEMPO: 18 (min)

No. DE PUESTA	PESO (g) PUESTA	I.R.	X A	X I
1	4.2	1.345	3.54	0.843
2	2.9	1.338	1.58	0.545
3	3.8	1.340	2.40	0.631
4	3.5	1.339	1.80	0.514
5	3.5	1.340	2.40	0.685
6	3.9	1.339	1.80	0.461
			ΣX	3.679
			ΣI	0.615
			S	0.140

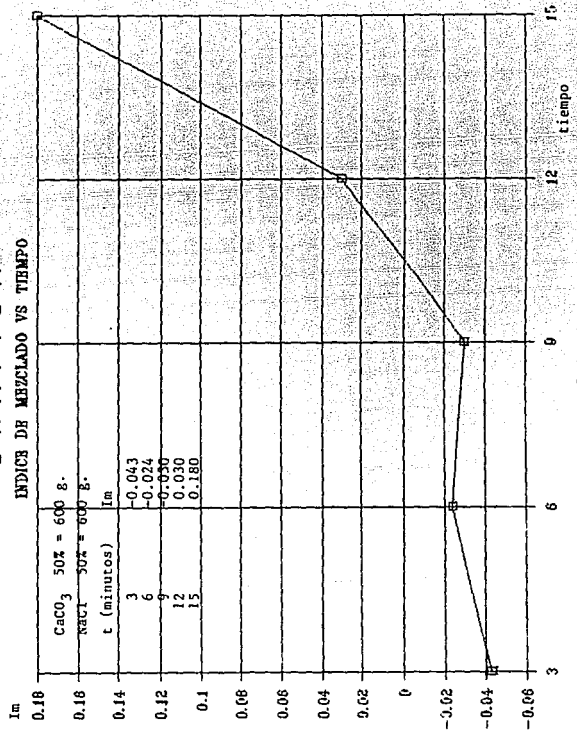
GRAFICA

DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



CaCO₃ 50% = 600 g.

NaCl 50% = 600 g.

Im

t (minutos)

tiempo

MEZCLADOR PLANETARIO

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	[g]	%
CaCO ₃	240	20
NaCl	960	80
Carga Total	1200	100

Mezclador PLANETARIA-ERWEKA.
Velocidad 30 [RPM]

Corrida No. 3

L. E. Y E N D A:

I. R. = Índice de Refracción

X = Material Trazador [g]

A = X

X = A

i = Peso de la Muestra

S = Desviación Estándar

TIEMPO: 3 (min)

No. DE MUESTRA	PESO [g] MUESTRA	I. R.	X	A	S
1	9.7	1.355			
2	10.5	1.359			
3	9.4	1.355			
4	7.0	1.352			
5	7.5	1.352			
6	7.7	1.351			
			D _i		
			S _i		
			S		

TIEMPO: 17 (min)

No. DE MUESTRA	PESO [g] MUESTRA	I. R.	X	A	S
1	8.1	1.352			
2	7.8	1.352			
3	7.4	1.352			
4	7.6	1.354			
5	8.5	1.354			
6	8.6	1.354			
			D _i		
			S _i		
			S		

TIEMPO: 6 (min)

No. DE MUESTRA	PESO [g] MUESTRA	I. R.	X	A	S
1	7.5	1.352		5.00	
2	7.1	1.351			
3	7.4	1.351			
4	7.8	1.353			
5	6.7	1.351			
6	7.7	1.351			
			D _i		
			S _i		
			S		

TIEMPO: 15 (min)

No. DE MUESTRA	PESO [g] MUESTRA	I. R.	X	A	S
1	7.6	1.352			
2	6.7	1.350		5.00	
3	8.0	1.353			
4	7.3	1.353			
5	6.9	1.351			
6	7.5	1.352			
			D _i		
			S _i		
			S		

TIEMPO: 9 (min)

No. DE MUESTRA	PESO [g] MUESTRA	I. R.	X	A	S
1	5.2	1.354			
2	5.3	1.350		5.00	
3	6.9	1.350		5.00	
4	7.1	1.352			
5	6.7	1.351			
6	6.9	1.352			
			D _i		
			S _i		
			S		

TIEMPO: 18 (min)

No. DE MUESTRA	PESO [g] MUESTRA	I. R.	X	A	S
1	6.8	1.350			
2	6.7	1.352			
3	7.3	1.350		5.00	
4	7.0	1.351			
5	7.7	1.351			
6	7.3	1.350		5.00	
			D _i		
			S _i		
			S		

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	(g)	%
CaCO ₃	480	60
NaCl	120	20
Carga Total	600	100

Mezclador DOBLE LISTON-ERNEKA.
Velocidad 30 (RPM)

Corrida No. 1

L E Y E N D A:

I.R. = Indice de Refracción
X = Material Trazador (g)
A =
A =
X = -----
i = Peso de la Muestra
S = Desviación Estandar

TIEMPO: 3 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.5	1.335	0.60	0.210
2	1.9	1.335	0.60	0.315
3	2.0	1.335	0.60	0.270
4	1.9	1.335	0.60	0.315
5	2.2	1.335	0.60	0.270
6	2.3	1.335	0.60	0.261
				D _i
				T _i
				S

TIEMPO: 12 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.5	1.334	0.60	0.100
2	2.3	1.334	0.60	0.100
3	2.5	1.334	0.60	0.100
4	2.5	1.334	0.60	0.100
5	2.8	1.335	0.60	0.210
6	3.1	1.335	0.60	0.100
				D _i
				T _i
				S

TIEMPO: 6 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.1	1.335	0.60	0.285
2	2.7	1.335	0.60	0.200
3	2.0	1.335	0.60	0.300
4	2.5	1.335	0.60	0.240
5	2.4	1.335	0.60	0.250
6	2.8	1.335	0.60	0.210
				D _i
				T _i
				S

TIEMPO: 15 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.7	1.335	0.60	0.100
2	3.5	1.336	0.60	0.240
3	2.6	1.335	0.60	0.210
4	2.1	1.334	0.60	0.200
5	2.8	1.335	0.60	0.210
6	2.4	1.335	0.60	0.200
				D _i
				T _i
				S

TIEMPO: 9 (min)

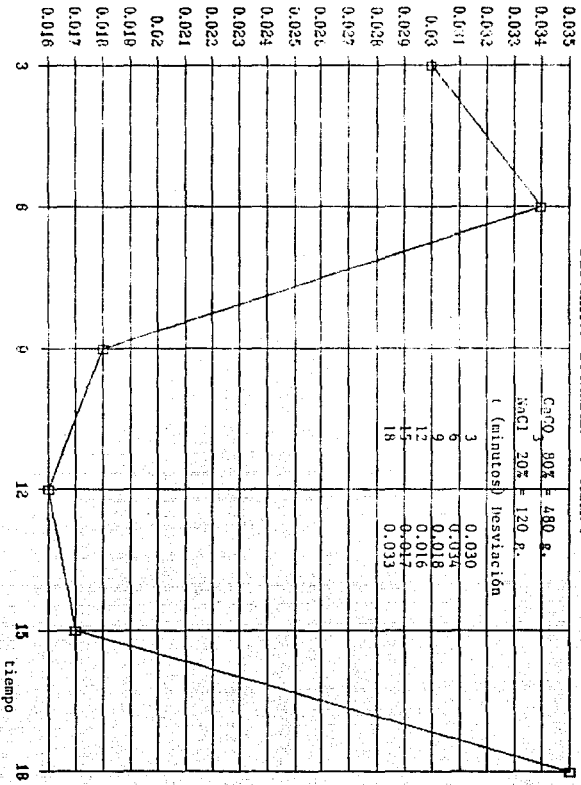
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.8	1.335	0.60	0.210
2	2.4	1.334	0.60	0.230
3	2.5	1.335	0.60	0.230
4	2.0	1.335	0.60	0.240
5	2.7	1.335	0.60	0.220
6	3.1	1.335	0.60	0.200
				D _i
				T _i
				S

TIEMPO: 18 (min)

No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	A	X
1	2.7	1.335	0.60	0.200
2	2.0	1.335	0.60	0.200
3	3.0	1.335	0.60	0.200
4	2.0	1.335	0.60	0.200
5	2.5	1.334	0.60	0.200
6	3.0	1.335	0.60	0.200
				D _i
				T _i
				S

GRAFICA

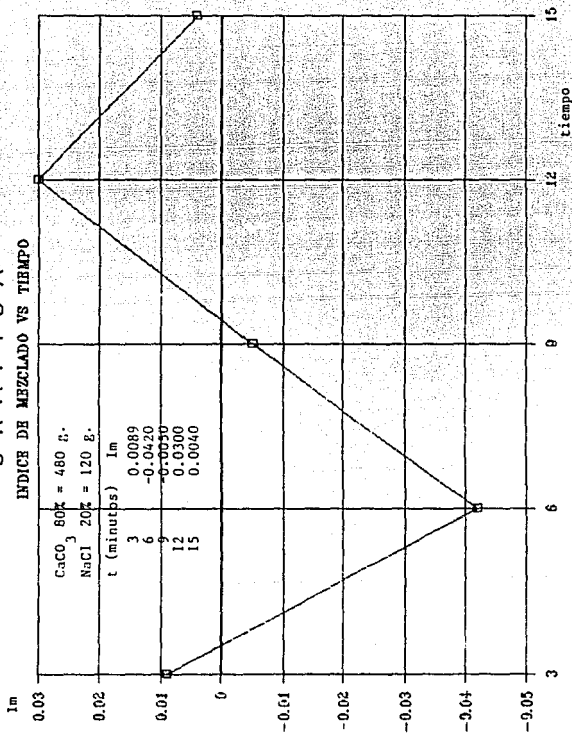
DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



MEZCLADOR DE DOBLE LISTON

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



**HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS**

RELACION DE COMPONENTES:

	[g]	%
CaCO ₃	300	50
NaCl	300	50
Carga Total	600	100
Carga Total		
Mezclador	<u>DOBLE LISTON-ERNEKA.</u>	
Velocidad	30	[RPM]

Corrida No. 2

L E Y E N D A:

I.R. = Índice de Refracción

X = Material Trazador [g]

A

X

i

i = Peso de la Muestra

S = Desviación Estandar

TIEMPO: <u>3</u> (min)					
NO. DE PUESTRA	PESO [g] PUESTRA	I.R.	X A	X i	
1	3.9	1.345	3.52	0.902	
2	3.2	1.338	1.30	0.382	
3	2.6	1.337	1.16	0.444	
4	3.0	1.339	1.76	0.586	
5	3.3	1.338	1.62	0.401	
6	3.9	1.340	2.40	0.615	
				S _i	0.222
				S _t	0.570
				S	0.184

TIEMPO: <u>12</u> (min)					
NO. DE PUESTRA	PESO [g] PUESTRA	I.R.	X A	X i	
1	3.3	1.339	1.76	0.553	
2	3.2	1.339	1.76	0.553	
3	3.4	1.339	1.76	0.517	
4	3.3	1.339	1.76	0.553	
5	4.3	1.335	1.46	0.382	
6	3.1	1.339	1.76	0.587	
				S _i	0.222
				S _t	0.506
				S	0.227

TIEMPO: <u>6</u> (min)					
NO. DE PUESTRA	PESO [g] PUESTRA	I.R.	X A	X i	
1	3.0	1.338	0.86	0.286	
2	2.9	1.337	1.16	0.400	
3	2.8	1.337	1.16	0.414	
4	3.2	1.337	1.16	0.362	
5	2.5	1.338	1.46	0.521	
6	3.3	1.338	1.46	0.442	
				S _i	0.225
				S _t	0.404
				S	0.078

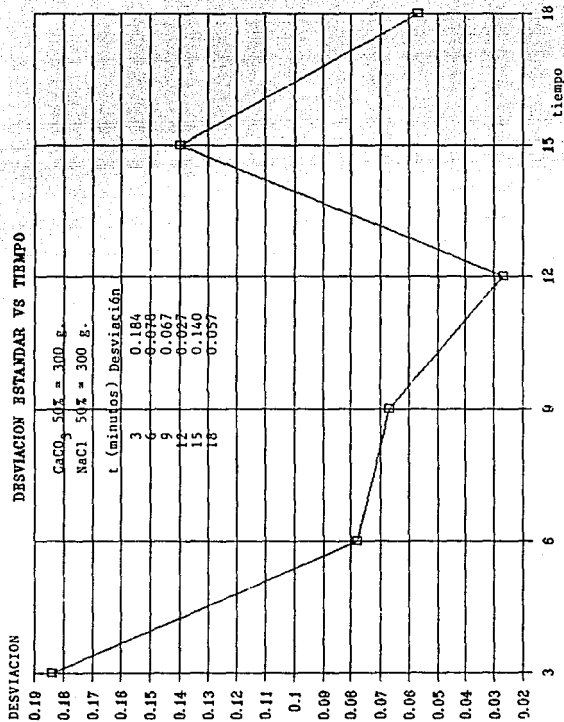
TIEMPO: <u>15</u> (min)					
NO. DE PUESTRA	PESO [g] PUESTRA	I.R.	X A	X i	
1	3.0	1.338	1.46	0.386	
2	3.1	1.338	0.60	0.192	
3	2.6	1.338	1.46	0.561	
4	2.6	1.338	1.46	0.561	
5	2.9	1.338	1.46	0.507	
6	3.3	1.339	1.76	0.553	
				S _i	0.357
				S _t	0.375
				S	0.140

TIEMPO: <u>9</u> (min)					
NO. DE PUESTRA	PESO [g] PUESTRA	I.R.	X A	X i	
1	2.5	1.338	1.46	0.561	
2	3.3	1.338	1.46	0.442	
3	3.8	1.340	2.40	0.631	
4	2.9	1.338	1.46	0.503	
5	3.7	1.339	1.76	0.475	
6	2.7	1.338	1.46	0.540	
				S _i	0.152
				S _t	0.525
				S	0.067

TIEMPO: <u>18</u> (min)					
NO. DE PUESTRA	PESO [g] PUESTRA	I.R.	X A	X i	
1	3.9	1.340	2.40	0.615	
2	2.9	1.339	1.76	0.607	
3	3.7	1.339	1.76	0.475	
4	3.3	1.339	1.76	0.553	
5	3.5	1.339	1.76	0.503	
6	3.4	1.339	1.76	0.517	
				S _i	0.250
				S _t	0.541
				S	0.057

GRAFICA

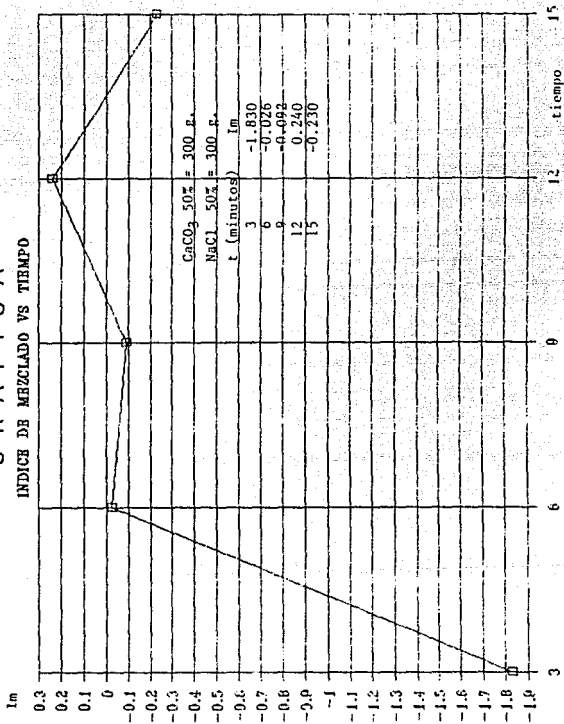
DESVIACION ESTANDAR VS TIEMPO



MEZCLADOR DE DOBLE LISTON

GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



MEZCLADOR DE DOBLE LISTON

HOJA DE DATOS
MEZCLA DE SOLIDOS

RELACION DE COMPONENTES:

	g	%
CaCO ₃	120	20
NaCl	480	80
Carga Total	600	100
Mezclador	ORIE LITON-ERWEKA.	
Velocidad	30 (RPM)	

Corrida No. 3

L E Y E N D A:

I.R. = Indice de Refracción
X = Material Trazador (g)
A =
A =
X = -----
i = Peso de la Muestra
S = Desviación Estandar

TIEMPO: <u>3</u> (min)				
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X A	i
1	4.9	1.346	3.87	0.779
2	4.0	1.346	3.82	0.955
3	4.7	1.347	4.12	0.876
4	4.4	1.346	3.82	0.868
5	4.2	1.346	3.82	0.909
6	4.4	1.346	3.82	0.888
			Σ	5.275
			\bar{x}	0.879
			S	0.060

TIEMPO: <u>7</u> (min)				
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X A	i
1	4.4	1.343	3.08	0.700
2	3.7	1.343	3.08	0.832
3	4.1	1.343	3.08	0.751
4	3.9	1.342	2.80	0.713
5	3.9	1.342	2.64	0.683
6	4.3	1.343	2.94	0.683
			Σ	4.361
			\bar{x}	0.727
			S	0.240

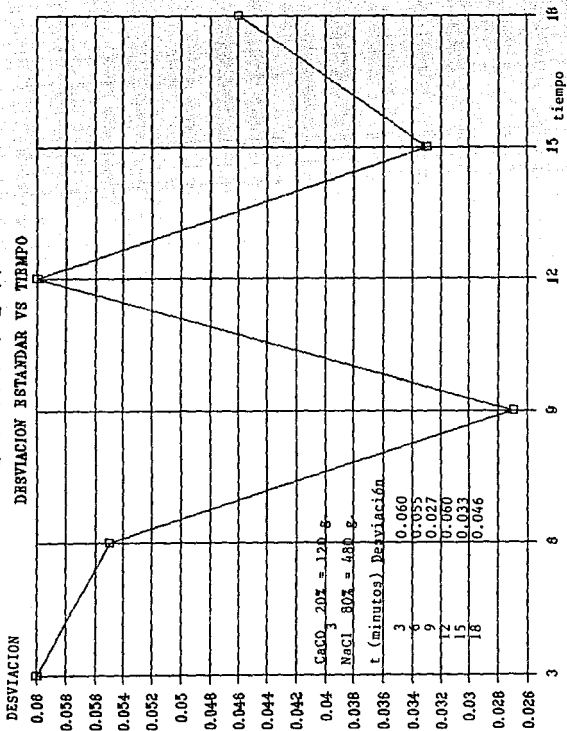
TIEMPO: <u>6</u> (min)				
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X A	i
1	4.4	1.344	3.24	0.736
2	4.6	1.345	3.54	0.769
3	4.1	1.344	3.24	0.790
4	3.7	1.344	3.24	0.875
5	3.9	1.344	3.24	0.830
6	4.4	1.344	3.24	0.736
			Σ	4.736
			\bar{x}	0.789
			S	0.055

TIEMPO: <u>15</u> (min)				
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X A	i
1	4.1	1.343	2.94	0.717
2	4.0	1.343	2.94	0.735
3	4.3	1.343	3.06	0.716
4	4.2	1.343	3.08	0.733
5	3.5	1.342	2.64	0.754
6	4.4	1.345	3.54	0.504
			Σ	4.459
			\bar{x}	0.743
			S	0.222

TIEMPO: <u>7</u> (min)				
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X A	i
1	3.9	1.343	2.94	0.754
2	4.3	1.344	2.94	0.753
3	3.9	1.343	2.94	0.754
4	4.3	1.343	2.94	0.683
5	4.6	1.344	3.36	0.734
6	4.4	1.344	3.24	0.736
			Σ	4.414
			\bar{x}	0.735
			S	0.027

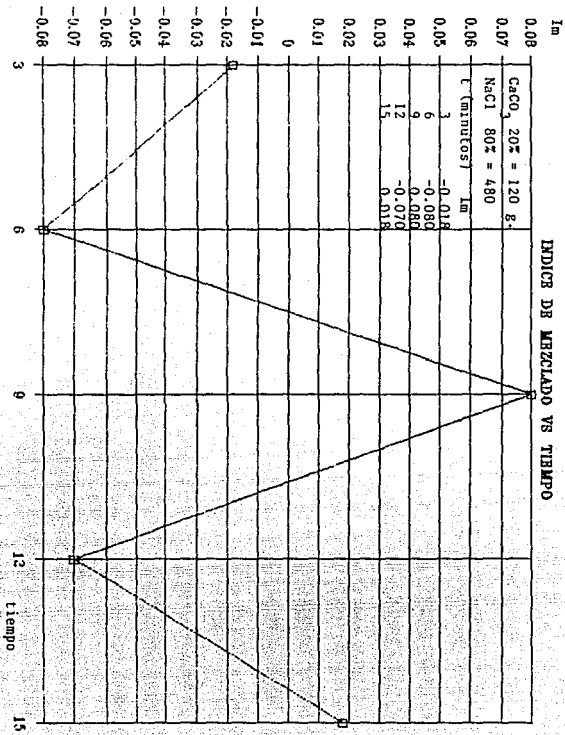
TIEMPO: <u>18</u> (min)				
No. DE MUESTRA	PESO (g) MUESTRA	I.R.	X A	i
1	4.3	1.343	2.94	0.683
2	4.0	1.344	3.04	0.610
3	4.1	1.344	3.04	0.752
4	4.2	1.344	3.24	0.790
5	4.0	1.343	3.14	0.735
6	3.9	1.343	3.14	0.835
			Σ	4.644
			\bar{x}	0.774
			S	0.046

GRAFICA



GRAFICA

INDICE DE MEZCLADO VS TIEMPO



MEZCLADOR DE DOBLE LISTON

CAPITULO VIII

INSTRUCTIVO

DE

LA PRACTICA

LABORATORIO DE TECNOLOGIA FARMACEUTICA 1

PRACTICA DE:

MEZCLADO

PROPUESTA POR:

Cande Pérez José Andrés

Fuentes Sixtos Honor. a

I) OBJETIVOS

- Introducir al alumno en la operación unitaria de mezclado
- Con los datos obtenidos determinará la calidad de mezclado aplicando un método estadístico

II) INTRODUCCION

En la industria química y en particular en la farmacéutica, el mezclado es una operación unitaria muy importante. Hasta el presente no se ha desarrollado ninguna ecuación o fórmula aplicable al cálculo del grado de realización al que se verifica la mezcla o la velocidad con que se realiza, en ocasiones se le ha considerado como un arte, y precisamente por ser tan empírico el mezclado y por la gran variedad de sustancias que pueden mezclarse, el número de modelos de mezcladores inventados es enorme.

EVALUACION DE MUESTRAS

Cuando las partículas mezcladas son claramente distinguibles se podrán contar pero cuando no sucede así, se pueden evaluar por varios métodos de análisis como la fluorescencia, la refractometría, etc. Sea cual sea el método analítico que se escoja, es muy importante que se analicen objetivamente los datos por métodos estadísticos.

El método de muestreo, la ubicación, el tamaño y número de muestras, el método de análisis de muestras y la fracción del lote que se retira, contribuyen al punto hasta el cual el estudio de muestreo refleja bien o no las condiciones reales de la mezcla.

Las muestras no deben tener un tamaño superior a un cierto valor crítico. Por ejemplo, cuando se mezclan ingredientes para la formulación de un medicamento en forma de comprimido, las muestras no deben ser superior a la cantidad correspondiente a un comprimido, ya que los resultados no tendrían ningún valor.

ASPECTOS ESTADÍSTICOS

Para determinar el grado e índice de mezclado, se toman las muestras y se analizan. En general al tomar una muestra al azar, debe entenderse que su análisis es una operación netamente estadística.

Entre las técnicas estadísticas aplicables a nuestro problema tenemos:

a) Desviación estándar (S), se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

donde:

X_i = Fracción del material trazador (Es el material que se encuentra en menor proporción)

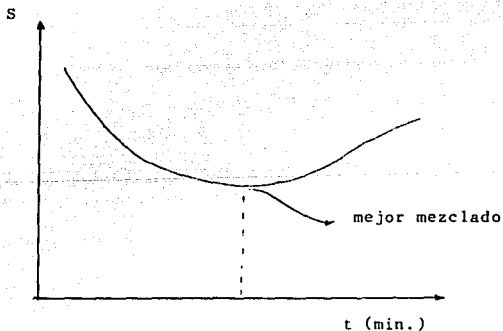
\bar{X} = Valor medio de las X_i .

X_i = Gramos del material trazador (Retenido en la malla)

Gramos de la muestra

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad n = \text{número de muestras}$$

Para determinar el tiempo óptimo de mezclado se grafica la desviación estándar vs. tiempo.



En esta curva se encuentra, de acuerdo con la desviación estándar el tiempo de mezclado para tener un producto en sus máximas condiciones de mezcla.

El valor de la desviación estándar es una medida relativa del mezclado, válida solo para una serie de ensayos con un material determinado en un mezclador dado, una medida más general es el índice de mezclado (I_m), el cual se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_m = \frac{S_0 - S}{S_0 - S_1}$$

donde:

S_1 = Desviación estándar en el primer tiempo.

S = Desviación estándar en el segundo tiempo.

$$S_1 = \sqrt{m(1-m)}$$

m = Fracción global media del material trazador de la mezcla

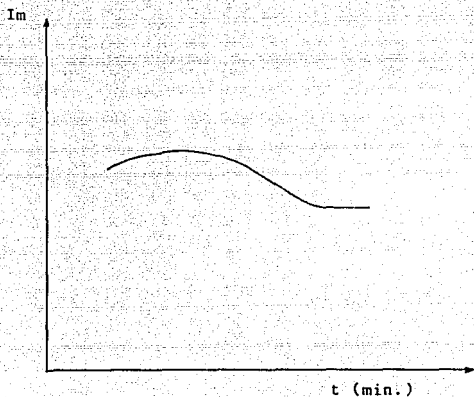
$$m = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2}$$

donde:

Y_1 = Masa del trazador en la muestra

Y_2 = Masa del otro componente

La siguiente figura muestra los resultados de índice de mezclado vs tiempo.



Esta gráfica nos indica que para un cierto tiempo de mezclado los valores de operación son buenos y que a medida que se prolonga el tiempo de mezclado, la calidad del proceso comienza a decaer.

III) MATERIAL Y EQUIPO

- 1 mezclador de cubo
- 1 mezclador planetario
- 1 mezclador de doble listón
- 1 balanza granataria
- 1 cronómetro
- 2 tamices malla N° 16
- 1 muestreador (construido por el alumno)
 - granulado color rosa (la cantidad la determinará el maestro)
 - granulado color azul (la cantidad la determinará el maestro)
- 3 Copias de la hoja para registro de datos (deberá traérselas el alumno)
- Gata, Guantes, Cofia y tapabocas

IV) TECNICA DE OPERACION PARA LOS MEZCALDORES PLANETARIO Y DE CUBO

- 1. Pesar las cantidades de los granulados, de acuerdo con el porcentaje de cada componente como se indica a continuación
 - 20% de granulado azul y 80% de granulado rosa
 - 20% de granulado rosa y 80% de granulado azul
 - 50% de granulado rosa y 50% de granulado azul

2. Ajustar la velocidad del mezclador (30 RPM)
3. Colocar los materiales en el mezclador
4. Iniciar la operación de mezclado
5. Tomar tiempos de 3, 6, 9, 12, 15 y 18 minutos
6. Para el mezclador para cada tiempo
7. Tomar 6 muestras de diferentes partes del recipiente
8. Pesar cada muestra
9. Cada muestra se tamiza en una malla N° 16, donde queda retenido el material rosa y pasa el granulado azul
10. Pesar el material trazador (el material que se encuentra en menor proporción. Cuando la proporción es del 50% para cada uno de los materiales se toma cualquiera de los dos.)

OBSERVACIONES

Al finalizar cada uno de los tiempos de mezclado se debe descargar totalmente el mezclador y separar por tamización ambos materiales, para luego volver a cargar, incluyendo los componentes de las muestras tomadas. En esta forma se mantiene la cantidad inicial de cada componente.

U) OBTENCION DE RESULTADOS

- Calcular la fracción del material trazador
- Calcular la desviación estándar para cada uno de los tiempos
- Graficar desviación estándar vs tiempo

- Calcular el índice de mezclado
- Graficar índice de mezclado vs tiempo
- Análisis de resultados
- Describa el mezclador que utilizó
- Conclusiones

VI) CUESTIONARIO

1. ¿Cuáles son los objetivos de la mezcla de sólidos?
2. ¿Cómo puede predecir el tiempo óptimo de mezclado?
3. ¿Cuáles son las variables que afectan la calidad de un mezclado?
4. ¿Qué equipos de mezclado conoce?, mencione nombres de fabricantes
5. De usted 3 ejemplos de la aplicación del mezclado en la industria farmacéutica
6. En la gráfica de desviación estándar vs tiempo, ¿Por qué es el tiempo óptimo el punto mas bajo de la curva?
7. Mencione algunos métodos cuantitativos para determinar un buen mezclado de los componentes
8. Investigue si los componentes del granulado causarían problemas de mezclado por alta diferencia en su densidad
9. ¿Por qué en el proceso de mezclado el tiempo no se prolonga más de una hora?

10. ¿Qué métodos existen para conocer la concentración de alguno de los componentes de la mezcla?
11. ¿Cómo se determina el tamaño, número de muestra y el lugar de donde se toman éstas en el lote?
12. ¿Cómo se determina la capacidad de carga de un mezclador?
13. Para muestrear un material determinado, se fija una velocidad "x", ¿qué sucede si se aumenta o disminuye la velocidad del mezclador.

BIBLIOGRAFIA (DE LA PRACTICA)

- José Helman
Farmacotécnica Teórica y Práctica.
Cia. Editorial Continental, S.A.
Tomo IV, México.
- Perry John H.
Manual del Ingeniero Químico
Vo. II secc. 17,
Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana (UTHEA).
1966
- Leon Lachman Herbert A. Lieberman, PH.D Joseph L.
Kanig, PH. D.
The Theory and Practice of Industrial Pharmacy
LEA & FEBIGER PHILADELPHIA.
Second edition 1967
- Eugenio L. Parrott, PH. D.
Pharmaceutical Technology fundamental Pharmaceutica,
Burgess Publishing Company

- Mc. Cabe R. Smith, J.

Operaciones Básicas de la Ingeniería Química.

Ed. Reverte, S. A.

- Remington

Farmacía

Ed. Médica Panamericana (Traducción efectuada por:

Dr. Arnaldo, Marino Mario)

1ª Ed. Vol. 2 1987

ANALISIS DE RESULTADOS

Analizando las gráficas correspondientes a la primera parte del trabajo, se puede observar que de 3 hasta 9 minutos de mezclado la pendiente de la curva decrece y después hay un incremento, esto indica que transcurrido éste tiempo y basándose en el criterio de la desviación estándar a mayor desviación menor grado de uniformidad de la mezcla. El incremento de la pendiente indica una mayor desviación estándar; por lo tanto, prolongar la operación da como resultado un menor grado de mezclado. Mas aún, las gráficas de índice de mezclado presentan un comportamiento en sentido inverso y siguiendo el criterio de que el grado óptimo de mezclado está expresado por un índice de mezclado máximo, éste índice de mezclado máximo se obtiene a los 9 minutos y después la pendiente empieza a decaer.

El tiempo óptimo de mezclado para los mezcladores de cubo y planetario es de 9 minutos, pero no se descarta la posibilidad de que a los 8 o 10 minutos se pudieron haber obtenido mejores resultados debido al comportamiento de las gráficas.

El mezclador de doble listón no se trabajó porque pulveriza el material de mezclado.

En la segunda parte, observando las figuras correspondientes al mezclador de cubo en la proporción de carga

80% CaCO_3 y 20% NaCl y el mezclador de doble listón en sus tres proporciones, el comportamiento de las gráficas es análogo a los resultados de la primera parte del trabajo. El mezclador planetario en sus tres proporciones de carga y el mezclador de cubo (proporción de carga 50% - 50% y 20% - 80%), no son recomendables para este tipo de materiales, ya que no se obtienen buenos resultados.

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo, fue diseñar una práctica de mezclado de sólidos para el laboratorio de operaciones unitarias farmacéuticas.

La práctica desarrollada cumple con los requisitos propuestos. Es didáctica, porque de manera fácil puede llevarse a cabo el mezclado y determinarse el grado o índice de mezclado, los reactivos no son peligrosos y son fáciles de manejar. Es económica porque se utilizan recursos fáciles de conseguir y de bajo costo.

En el laboratorio de tecnología farmacéutica se dispone de 3 equipos (mezclador de cubo, planetario y de doble listón), por lo que al experimentar con éstos se introducía la posibilidad de comparar resultados.

En la primera parte se emplearon materiales similares a los que se utilizan en la industria farmacéutica, dos granulados de tamaño y color diferente y para separarlos utilizamos el método de tamizado.

Después de realizar varias corridas en forma experimental se obtuvieron resultados reproducibles que prueban la efectividad de la práctica.

Los mezclados efectuados a distintos tiempos en los equipos mencionados permitieron obtener resultados comparables que llevaron a un análisis, por medio del cual se observó y concluyó que el tiempo óptimo de mezclado, siguiendo el criterio de la desviación estándar es de 9 minutos, ya que fue con este tiempo de mezclado con el que se obtuvo la mínima desviación al realizar el análisis de las muestras. Por otra parte si se considera el criterio de índice de mezclado, también es de 9 minutos, esto es el tiempo en que se obtiene el mejor resultado, es decir, la distribución del material trazador con respecto al otro material se acerca mucho a las condiciones de un mezclado al azar.

Para estos materiales (granulado azul y granulado rosa), se recomienda usar para la práctica de laboratorio los mezcladores de cubo y planetario, el mezclador de doble listón es irrecomendable porque pulveriza los materiales.

En la segunda parte, como método de comparación y además proporcionar un método de separación y análisis diferente, se eligió como materiales de mezcla CaCO_3 y NaCl y el método de refractometría.

Los mezclados efectuados a diferentes tiempos también permitieron obtener resultados comparables que se llevaron a un análisis obteniendo los siguiente resultados:

Mezclador de cubo en la proporción de carga 80% CaCO₃ y 20% NaCl con un tiempo de mezclado de 6 minutos y un índice de mezclado también de 6 minutos, el mezclador de doble listón en la proporción de carga 80% CaCO₃ - 20% NaCl y 50% CaCO₃ - 50% NaCl nos da un tiempo de 12 minutos y un índice de mezclado también de 12 minutos, el resultado en la proporción 80% CaCO₃ y 20% NaCl nos dio un tiempo de 9 minutos. El mezclador planetario es irrecomendable porque no se obtienen buenos resultados.

Por otra parte, las curvas que se obtuvieron para los 3 equipos, presentan marcadas diferencias, señalando así una gran sensibilidad a la geometría del equipo y a las propiedades del material de mezclado.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Montejó de Garcini Guadañ: Vicente
Tecnología Farmacéutica
(Tr) 4a. edición. Ed. Arriba España.
- M. G. de Navarra
The Chemistry and Manufacture of Cosmetics.
Second ed. Vol. III
Maison G. De Navarra.
Publicado por e) Continental Press, Orlando Florida
32811.
- McCabe, R. Smith, J.
Operaciones Básicas de la Ingeniería Química.
Ed. Reverte, S. A.
- Dr. José Helman.
Farmacotécnia Teórica y Práctica.
Tomo IV. Cia. ed. Continental, S. A. de C. U.
México.
- Leon Lechman, PH. D. Herbert A. Lieberman, PH. D. Joseph
L. Kang, Ph. D.
The Theory and practice of industrial Pharmacy
Second ed.
LEA & Febiger Philadelphia

- Eugene I. Parrat PH. D.
Pharmaceutical Technology.
Fundamental Pharmacotics.
Burgess Publishing Company.
- Tecnología Farmaceutica.
Texto para el Ingeniero Farmaceutico.
Publicado por la Escuela de Ingeniería Farmaceutica.
Traducido de la 4a. edición Alemana por Vicente Montejó
de Garcino Guedas. Licenciado en Ciencias Químicas.
Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Remington.
Farmacia.
Ed. Medica Panamericana. (traducción efectuada por Dr.
Arnoldo, Marino Mario)
17 Ed. Vol 2 1987
- David M. Himmensblau
Balances de Materia y Energia.
4a. edición.
Prentice - Hall Hispanoamericana, S.A.
- Howard C. Ansel, Ph. D.
Introduccion to Pharmaceutical Dosage Forms.
Lea and Febiger, Philadelphia.
1981.

- Jeans. T. Carstensen. John Wiley and Sons.
New York, London.
- Chemical Engineering. August, 8 (1968)
Solid-Solid Blending.
Pag. 107-128.
- Walter L. Gadger. y Julius T. Gancher.
Introducción a la Ingeniería Química.
Mc. Graw-Hill, 1984
- Chemical Engineering.
Progress, January 1957 (Vol. 52, No. 1)
Dry solids mixing equipment.
Pag. 25-J a 31-J.
- Angel Uian y Joaquín Ocon.
Elementos de Ingeniería Química.
Ed. Aguilar, 1976.
- George Graner, Grown.
Operaciones Básicas de la Ingeniería Química.
Ed. Marín, S A.
- Perry H. John.
Manual del Ingeniero Químico.
Tomo II, 1966
Union Tipográfica Editorial Hispano Americana.

- Kreyezing, E.
Introducción a la estadística matemática. Principios y
Métodos.
Ed. Limusa, México 1982.

- Douglas A. Skoog. Donald M. West.
Análisis Instrumental.
Segunda edición. Ed. Interamericana.
México, D.F. 1984.

- Orozco.
Análisis Químico Cuantitativo.
Ed. Porrúa, S.A.
México, 1956.

- (2) Watty, M.
Química Analítica.
Ed. Alnaebra.
México, 1982.

- Strobel, H.A.
Instrumentación Química.
Ed. Limusa.
México, 1982.