

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

PROPUESTA DE MEJORA EN EL AREA DE PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS PARA UN LABORATORIO FARMACEUTICO

Tesis para optar el Título de Magíster en Ingeniería Industrial con
Mención en Gestión de Operaciones que presentan:

ERNESTO MIGUEL RAMOS NORIEGA

GUILLERMO JESÚS VENTO RAMÍREZ

ASESOR: CESAR AUGUSTO CORRALES RIVEROS

Lima, Mayo de 2013

RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad mejorar la productividad del área de fabricación de sólidos en un laboratorio farmacéutico. Se desarrolla un análisis detallado de las distintas causas y restricciones que afectan el flujo de producción de sólidos, identificando las rutas críticas de fabricación y sus deficiencias. En el análisis se detectó 4 restricciones principales: el desbalance de cargas en el amasado, el alto tiempo de secado del granulado en la ruta de lecho estático, la falta de juegos de punzones en tableteadoras y los tiempos excesivos de preparación y limpieza de tableteadoras.

Para eliminar estas restricciones se utilizan herramientas como el Balance de Cargas y Capacidades, la implementación del Sistema de Cribado en el proceso de secado del granulado, la adquisición de juegos de punzones buscando la máxima utilización de los equipos y la reducción del tiempo de limpieza a través del uso de la herramienta SMED.

Con las propuestas de mejora presentadas se logra una sinergia entre ellas, que permiten el mejor aprovechamiento de los recursos, la reducción del tiempo de granulación de 27 a 10 horas, el incremento de la capacidad de fabricación de sólidos en 66'000,000 unidades anuales adicionales; a fin de cumplir con la demanda creciente del mercado y generar mayores beneficios económicos de S/.323,034.50 nuevos soles para la empresa.

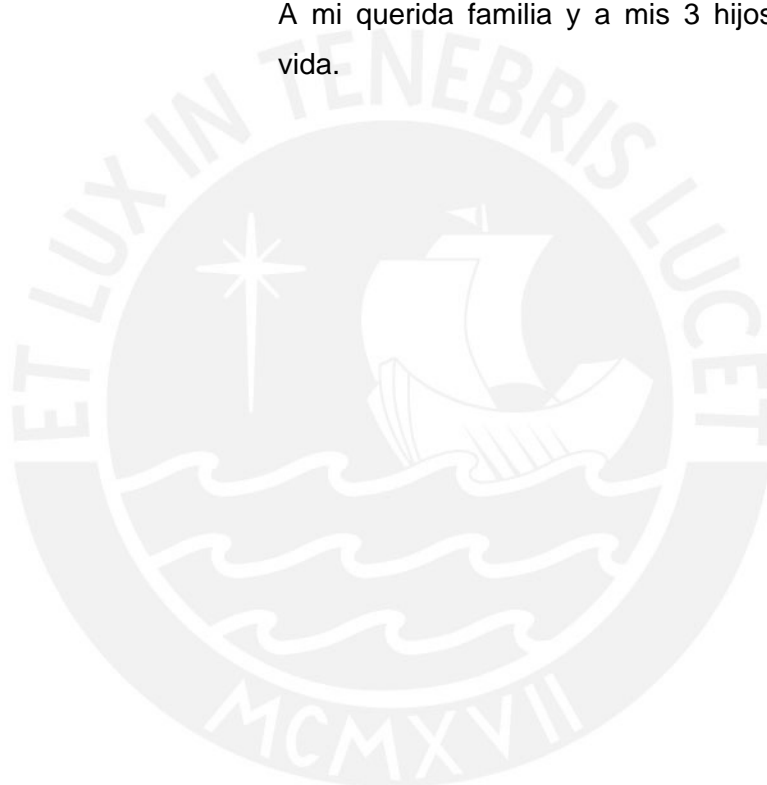
DEDICATORIA

A mis padres por todo su amor y apoyo incondicional durante todo este tiempo y en especial a todos los compañeros de planta por su ayuda en el desarrollo de la investigación.

(Guillermo Vento)

A mi querida familia y a mis 3 hijos, la razón de mi vida.

(Ernesto Ramos)



ÍNDICE GENERAL

Índice de Tablas.....	iv
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Anexos.....	vii
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. Marco Teórico	3
1.1 Diseños de Procesos y sus características	3
1.2 Distribución de Planta.....	4
1.3 Diagramas de Procesos	5
1.4 Capacidad de Producción.....	6
1.5 Balance de Línea.....	7
1.6 Estudio de Tiempos	8
1.7 Diagrama de Gantt	8
1.8 Productividad	9
1.9 Teoría de las Restricciones	10
1.10 El Ciclo de Deming	12
1.11 SMED.....	14
1.12 Mantenimiento Productivo Total	15
1.13 Planificación de los Recursos de la Empresa	16
CAPITULO 2. Descripción de la Empresa	18
2.1 Historia de la empresa.....	18
2.2 Visión	18
2.3 Misión.....	18
2.4 Unidades de Negocio	19
2.5 Estructura Organizacional	20
2.6 Descripción del Sistema de Producción	20
2.7 Descripción de las Instalaciones	23
2.8 Descripción del Proceso Productivo.....	24
2.8.1 Procesos Generales.....	24
2.8.1.1 Dispensación de Insumos.....	24
2.8.1.2 Codificación.....	26
2.8.1.3 Acondicionado.....	26
2.8.1.4 Control de Calidad	26
2.8.2 Procesos Específicos	26
2.8.2.1 Granulación.....	26
2.8.2.2 Compresión.....	28
2.8.2.3 Recubrimiento	28
2.8.2.4 Envasado	29
2.9 Equipos de Producción.....	37

CAPITULO 3. Análisis y Diagnóstico de la Situación Actual	40
3.1 Planeamiento	40
3.2 Mantenimiento	43
3.3 Producción	45
3.4 Selección del Problema de Estudio.....	50
CAPITULO 4. Propuestas de Mejora	57
4.1 Aplicación de Balance de Cargas y Maximización de Capacidades de Equipos.....	57
4.2 Sistema de Cribado de Bandejas en Estufa de Lecho Estático.....	60
4.3 Adquisición de Punzones para el Centro de Trabajo de Tableteado.....	63
4.4 Reducción del Tiempo de Limpieza de Tableteadoras con SMED	64
CAPITULO 5. Impacto Económico	70
5.1 Impacto Económico de la Reducción del Tiempo de Granulado en Lecho Estático...	70
5.2 Impacto Económico de la Adquisición de Punzones y Reducción del Tiempo de Limpieza de Tableteadoras	73
5.3 Resumen de Impacto.....	74
CAPITULO 6. Conclusiones y recomendaciones	75
6.1 Conclusiones	75
6.2 Recomendaciones	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de Fabricación de Tabletas	30
Tabla 2. Proceso de Fabricación de Tabletas Laqueadas	30
Tabla 3. Proceso de Fabricación de Cápsulas	37
Tabla 4. Proceso de Fabricación de Grageas	37
Tabla 5. Equipos de la Etapa de Manufactura de Sólidos	37
Tabla 6. Equipos de la Etapa de Empaque de Sólidos	38
Tabla 7. Cantidad de Lotes Requeridos y Fabricados por Forma Farmacéutica	40
Tabla 8. Horas Hombre de Producción por Proceso en Turno Normal - Año 2012	41
Tabla 9. Horas Hombre de Producción por Proceso en Turno Extra - Año 2012	41
Tabla 10. Cálculo de la Capacidad de Fabricación de Sólidos	42
Tabla 11. Causa de Paradas de máquina - Año 2012.....	44
Tabla 12. Promedio Mensual de Días Perdidos por Equipo - Año 2012	45
Tabla 13. Cantidad de Productos por Tableteadora y Método de Granulación	49
Tabla 14. Cantidad de Tipos de Punzones y Estaciones por Tableteadora.....	49
Tabla 15. Tiempo de Tableteado por Equipo - Año 2012.....	49
Tabla 16. Tiempo de Tableteado por Equipo en Porcentaje - Año 2012	49
Tabla 17. Tiempo de Set Up Invertido - Año 2012	50
Tabla 18. Escala de Calificación de Problemas.....	53
Tabla 19. Clasificación de Problemas por Área.....	54
Tabla 20. Matriz de Selección del Problema más Importante en base a Factores	56
Tabla 21. Proceso de Amasado de 200 Kg. en Granulación por Lecho Estático.....	58
Tabla 22. Proceso de Amasado de 100 Kg. en Granulación por Lecho Fluido.....	58
Tabla 23. Nuevo Proceso de Amasado en Granulador Húmedo (200 Kg.) – Granulación por Lecho Estático.....	59
Tabla 24. Nuevo Proceso de Amasado en Granulación por Lecho Fluido.....	60
Tabla 25. Rendimientos de Tableteadoras	63
Tabla 26. Tipos de Punzones por Tableteadoras	64
Tabla 27. Tiempo de Limpieza de la Tableteadora Manesty.....	65
Tabla 28. Tiempo de Limpieza de la Tableteadora Riva	65
Tabla 29. Tiempo de Limpieza de la Tableteadora Sejong	66
Tabla 30. Solapear Operaciones en Tiempo de Limpieza de Tableteadora Manesty.....	67
Tabla 31. Solapear Operaciones en Tiempo de Limpieza de Tableteadora Riva	67
Tabla 32. Solapear Operaciones en Tiempo de Limpieza de Tableteadora Sejong	67
Tabla 33. Tiempo Propuesto de Limpieza de Tableteadoras	68
Tabla 34. Costos de Implementación de Mejora en Granulación de Lecho Estático	70
Tabla 35. Capacidad Actual de Fabricación de Sólidos a doble turno	71
Tabla 36. Nueva Capacidad de Fabricación de Sólidos a doble turno.....	71
Tabla 37. Producción Futura de Tabletas en Granulación por Lecho Estático	71
Tabla 38. Ahorro Mensual en Energía Eléctrica –Estufa Seraming	72
Tabla 39. Ahorro Mensual en Horas Hombre (H-H) en Granulación.....	72

Tabla 40. Ahorro Mensual en Horas Hombre (H-H) Extras en Granulación por Lecho Estático.....	72
Tabla 41. Costo de Adquisición de 6 Juegos de Punzones con Proveedor Pharmalink.....	73
Tabla 42. Costo de Contratación de Personal de Limpieza para Tableteadoras	73
Tabla 43. Producción Futura en Tabletas.....	74
Tabla 44. Retorno de la Inversión.....	74



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Símbolos Estándar de Diagramas de Procesos.....	6
Figura 2. Diagrama de Gantt.....	9
Figura 3. Organigrama General de Farma.....	21
Figura 4. Organigrama Unidad de Negocio Planta.....	22
Figura 5. Distribución de Planta - Área de Fabricación de sólidos	25
Figura 6. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Tabletas por Método de Granulación Húmeda	31
Figura 7. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Tabletas por Método de Compresión Directa	32
Figura 8. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Tabletas Laqueadas por Método de Granulación Húmeda.....	33
Figura 9. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Tabletas Laqueadas por Método de Compresión Directa	34
Figura 10. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Cápsulas por Método de Granulación Húmeda.....	35
Figura 11. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Cápsulas por Método de Compresión Directa	36
Figura 12. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Grageas por Método de Granulación Húmeda.....	39
Figura 13. Diagrama de Gantt del Proceso de Granulación Húmeda	48
Figura 14. Mapa de Procesos de Manufactura - Línea de Sólidos	51
Figura 15. Flujo de Producción y Restricciones de Granulación Húmeda	52
Figura 16. Granulador Húmedo Longchang con capacidad de 200 Kg.	59
Figura 17. Estufa de Secado de Lecho Estático Seraming	61
Figura 18. Sistema de Cribado de Bandejas de Acero Inoxidable - Estufa Seraming	61
Figura 19. Diagrama de Gantt Propuesto del Proceso de Granulación Húmeda en Lecho Estático.....	62
Figura 20. Flujo de Producción Propuesto de Granulación Húmeda	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cotización del Granulador Húmedo LongChang.....	1
Anexo 2. Cotización Sistema de Cribado Estufa Seraming.....	3
Anexo 3. Costo aproximado de importación del Granulador Húmedo LongChang.....	4



INTRODUCCION

La producción de la Industria Farmacéutica está dividida en dos grandes grupos de productos: los medicamentos genéricos y los medicamentos no genéricos. El genérico se comercializa bajo el nombre de la denominación común internacional (DCI) del principio activo y no es identificado con un nombre de marca. Los no genéricos son los obtenidos por empresas transnacionales a través de altas inversiones en investigación y desarrollo farmacéutico. Esta apuesta por el desarrollo otorga un derecho de patente de 20 años. Cuando expira la patente el resto de laboratorios farmacéuticos pueden iniciar la producción, con un costo bastante menor al no tener que incurrir en los costos de investigación y desarrollo. De esta manera se da origen a los medicamentos genéricos. Asimismo cabe destacar que existen los genéricos posicionados con una marca por el laboratorio propietario y son conocidos como genéricos de marca.

La Industria Farmacéutica Peruana registró un incremento en ventas en los últimos años y este crecimiento se explica por el mayor poder adquisitivo de las personas, la construcción de nuevos centros médicos, clínicas y hospitales; y el incremento del consumo de productos genéricos. En este entorno de crecimiento del sector farmacéutico peruano, las empresas se enfrentan en un mercado cada vez más competitivo en los que deben priorizar la satisfacción de sus clientes con la eficiencia económica de sus actividades.

Por todo lo expuesto en los párrafos anteriores, la empresa en estudio denominada "Farma" se encuentra en un período de crecimiento impulsado por la venta de genéricos de marca, por lo que para crecer en forma exitosa requiere incrementar la producción, reducir costos y elevar al máximo la productividad y calidad de todos sus procesos. Para el estudio se tomará el Área de Producción de Sólidos, dado que representa en volumen de unidades y rentabilidad, una de las proyecciones más atractivas del negocio.

En el capítulo 1 se describen los principales conceptos teóricos utilizados para los procesos existentes y las herramientas aplicadas para el mejoramiento de los mismos.

En el capítulo 2 se describe a la empresa, sus instalaciones, el sistema productivo, la distribución de planta y el proceso productivo de sólidos al detalle. Todos estos procesos productivos están acompañados de sus respectivos diagramas de procesos.

Posteriormente en el capítulo 3 se realiza el diagnóstico de la situación actual de la empresa, identificando los problemas principales y realizando una matriz de ponderación de factores para la selección del problema de estudio.

En el capítulo 4 se plantean las propuestas de mejora, las cuales son desarrolladas mediante la aplicación de las distintas herramientas existentes con el objetivo de eliminar las restricciones del proceso productivo y mejorar la productividad de los procesos.

En el capítulo 5 se muestra el impacto económico de las mejoras aplicadas en conjunto, a fin de conocer el ahorro en nuevos soles que estarían generando a la empresa.

Por último en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPITULO 1. Marco Teórico

1.1 Diseños de Procesos y sus características

Un proceso es un conjunto ordenado de actividades repetitivas, las cuales poseen una secuencia específica e interactúan entre sí, transformando elementos de entrada en resultados (Pérez, 2010). Es habitual distinguir cinco formas de organizar el flujo de materiales en la empresa mediante la utilización de la tecnología disponible: procesos por proyecto, talleres de trabajo, procesos por lotes, línea de ensamblaje y producción continua (Miranda, Rubio, Chamorro y Bañegil, 2005).

Procesos por Proyecto suponen la fabricación de un único producto exclusivo, adaptado plenamente a las necesidades específicas del cliente, lo que obliga a diseñar una secuencia única de operaciones para cada proyecto. En este tipo de proceso es necesario contar con personal altamente calificado y polifuncional que se adapte a las necesidades de cada uno de los proyectos (Miranda *et alii*, 2005).

Según Miranda *et alii* (2005), los Talleres de Trabajo se caracterizan por fabricar lotes pequeños de una gran variedad de productos, que son adaptados a las necesidades de los clientes. Es conocido también como Producción Intermitente porque el ritmo de producción es variable y también conocido como producción tipo Job-Shop ya que el producto se mueve de un departamento a otro en pequeños lotes determinados por los pedidos del cliente. También es necesario contar con personal de trabajo flexible ya que cada lote contiene una secuencia de operaciones distinta.

Los Procesos por Lotes son un tipo especial de taller con cierto grado de estandarización (D'Alessio, 2004). Este proceso suele aparecer cuando existe una línea estable de productos, como una producción periódica y los distintos pedidos siguen un flujo similar a lo largo de la planta. Cada lote llega a un centro de trabajo para sufrir una operación y cuando esta se completa sobre todas las unidades, se traslada el lote al siguiente centro que indica su ruta o un almacén, si aquel está ocupado (Miranda *et alii*, 2005). Este tipo de proceso es habitual en la fabricación de dispositivos y en la industria química.

La Línea de Ensamblaje aparece en la fabricación de productos estandarizados que pasan de forma secuencial por las distintas etapas de su proceso de fabricación, siguiendo un ritmo controlado y manteniendo un escaso nivel de inventario entre cada operación (Miranda *et alii*, 2005). Este proceso está apoyado por una fuerte automatización dado las tareas repetitivas que se ejecutan.

Según D'Alessio (2004), el Flujo Continuo es un tipo de proceso que se conoce como producción continua y se caracterizan por la existencia de un flujo de materiales sin pausa alguna y sin transición entre operación y operación.

1.2 Distribución de Planta

Según Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008), la distribución de planta es la ubicación de las distintas máquinas, puestos de trabajo, flujo de materiales y personas, etc. dentro de las instalaciones de la empresa, de forma que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones y se logren alcanzar los objetivos establecidos por la organización.

Los principales tipos de distribución de planta son: distribución por procesos, distribución por productos, distribución celular y distribución de punto fijo (D'Alessio, 2004).

La Distribución por Procesos o también conocida como funcional o tipo Job-Shop se emplea cuando se trata de fabricar pequeños lotes de productos, escasamente estandarizados. El personal y la maquinaria se agrupan según el tipo de función que realizan. La maquinaria se caracteriza por ser genérica y es bastante flexible para adaptarse a la fabricación de distintos productos (Pérez, 2010).

La Distribución por Productos se emplea cuando se trata de fabricar un reducido número de productos diferentes, altamente estandarizados y en grandes lotes. Este tipo de distribución se caracteriza por agrupar en un departamento todas las operaciones necesarias para fabricar un producto o servicio, de forma que se trata de colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. El producto sigue una secuencia establecida, recorriendo la línea de producción de un puesto a otro, a medida que se realizan las operaciones necesarias (Miranda *et alii*, 2005).

Según D'Alessio (2004), la Distribución Celular es un subconjunto de un concepto más amplio denominado tecnología de grupo. La tecnología de grupo supone desarrollar un sistema de codificación de los distintos componentes que forman parte de los productos fabricados por la organización. Las máquinas se agrupan en células que funcionan como islas de distribución por productos en medio de una distribución por procesos de toda la planta. Cada célula se encarga de la fabricación de una única familia de componentes que requiere operaciones similares. Las células tienen formas cerradas de U, C o L a fin de minimizar los recorridos y movimientos.

Según Miranda *et alii* (2005), en algunos sectores las características de los productos recomiendan localizar el producto en una posición fija, siendo los trabajadores, máquinas, herramientas y materiales los que se mueven alrededor del producto. La fabricación de los aviones, los astilleros o la construcción de grandes infraestructuras o edificios son ejemplos de este tipo de distribución.

1.3 Diagramas de Procesos

Los Diagramas de Procesos son la representación gráfica de aquellos pasos que se deben seguir en una secuencia de actividades dentro de la realización de un proceso o procedimiento (Niebel, 2003). Estos deberán ser identificados por medio de un conjunto de símbolos de acuerdo al tipo de actividad que se desea hacer y los símbolos deben de incluir la información que necesitará el analista para realizar su trabajo, entre las que se puede mencionar:

- Distancia
- Cantidades
- Tiempo utilizado
- Tipo de tarea

Según Niebel (2003), con el fin de analizar y ver cómo proporciona éste el auxilio para descubrir la ineficiencia, es conveniente clasificar cada acción según sea su tipo, teniendo la siguiente clasificación:

- Operación
- Transporte
- Inspección
- Retraso

- Demora
- Almacenaje

También existe la actividad combinada, como es el caso de la operación e inspección que se grafican con el círculo inscrito en el cuadro. En la Figura 1 se muestra la simbología usada para las diferentes actividades.






Símbolos estándar	Símbolo
Operación	
transporte	
Demora	
Almacenamiento	
Inspección	

Figura 1. Símbolos Estándar de Diagramas de Procesos

Fuente: (Niebel, 2003)

Según Niebel (2003) el diagrama de operaciones del proceso conocido por sus siglas DOP es el diagrama que muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones con márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto o pieza principal.

Antes de que se pueda mejorar un diseño se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento (Niebel, 2003).

1.4 Capacidad de Producción

Según Miranda *et alii* (2005), la capacidad de producción es la máxima cantidad de bienes o servicios que puede obtenerse en un centro de trabajo en condiciones normales de funcionamiento en un período de tiempo determinado.

Según Krajewski *et alii* (2008), es un error confundir capacidad de producción con volumen de producción. El volumen de producción es la cantidad realmente producida por la organización, mientras que la capacidad es el máximo que puede llegar a producirse. Puede definirse un ratio que nos determinará el grado de utilización de la capacidad productiva instalada como cociente entre el volumen de producción o capacidad utilizada y la capacidad productiva instalada. Así podemos decir que estamos utilizando la capacidad instalada en un 90% o en un 95%. (Miranda *et alii*, 2005).

También suelen confundirse los conceptos de capacidad punta y capacidad sostenible. Según Miranda *et alii* (2005), la capacidad punta se refiere al máximo volumen de producción que puede obtenerse durante un periodo de tiempo, por encima de las condiciones normales, es decir empleando horas extras e incluso utilizando la maquinaria por encima de su capacidad recomendada, lo que lleva a acortar su vida útil. Mientras que la capacidad sostenible es el volumen máximo de producción que puede mantenerse de forma sostenida o continuada a lo largo del tiempo en condiciones normales de funcionamiento (Miranda, *et alii*, 2005).

1.5 Balance de Línea

Cuando se analiza un proceso, es prioritario determinar si existe una adecuada asignación de recursos humanos y materiales. El balance de línea del proceso garantiza de forma cuantitativa si existe una adecuada asignación de recursos humanos, maquinaria y materiales (Chase, Aquilano y Jacobs, 2000).

El Balance de Carga y Capacidad consiste en la determinación y comparación de las cargas y capacidades de la empresa y constituye un elemento fundamental para la correcta dirección de la producción (Chase *et alii*, 2000). Un proceso está balanceado cuando todas sus actividades tienen aproximadamente la misma capacidad de producción. El flujo de producción es el recorrido que sigue la materia prima hasta que se obtiene el producto terminado (Krajewski *et alii*, 2008).

La carga de producción es el volumen de producción a obtener para un puesto de trabajo en un determinado período de tiempo. Según Chase *et alii* (2000) analizar las capacidades de producción implica determinar el nivel de utilización de las mismas, así como identificar los factores que determinan las magnitudes de estas y

definir las reservas existentes para aumentar la magnitud y el nivel de utilización de las capacidades de producción.

1.6 Estudio de Tiempos

Según Niebel (2003), es la técnica utilizada para determinar el tiempo estándar permitido en el cual se llevará a cabo una actividad, el cual es determinado a partir de considerar las demoras personales, fatiga por trabajo y aquellos retrasos que son necesarios para realizar dicha actividad. Este estudio de tiempos es desarrollado para obtener una mayor producción en menor tiempo, sin que éste menoscabe la calidad del producto.

Existen varias técnicas para el desarrollo de los estándares de tiempo, las cuales se mencionan a continuación (Niebel, s.f.):

- Sistemas de estándares de tiempo predeterminados
- Estudio de tiempos con cronómetro
- Muestreo del trabajo
- Datos estándares
- Estándares de tiempo de opinión experta y de datos históricos

Para realizar un estudio de tiempo el ingeniero industrial utiliza un cronómetro, el que dará como resultado tiempos estándares de trabajo. Para iniciar con el estudio de tiempos, es necesario contar con el método estándar y se debe diseñar las estaciones de trabajo donde se haya puesto en consideración la habilidad y capacidad de trabajo del operario, para poderlas estandarizar (Niebel, 2003).

1.7 Diagrama de Gantt

Entre los diagramas utilizados para la planificación y control de operaciones probablemente el más conocido sea el diagrama Gantt. Este gráfico se elabora con anterioridad al inicio del proyecto, representando con barras horizontales cada una de las actividades del proyecto, donde la longitud de cada barra representa la duración de cada actividad. De esta forma el gráfico nos permite conocer el orden de realización de las distintas actividades, el calendario previsto para la ejecución de las mismas, así como la duración prevista (Krajewski *et alii*, 2008). En la Figura 2 se muestra un ejemplo del diagrama de Gantt.

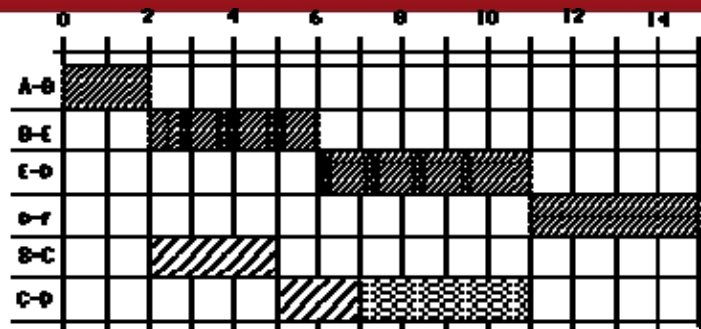


Figura 2. Diagrama de Gantt

Fuente: (Krajewski *et alii*, 2008)

1.8 Productividad

Según Miranda *et alii* (2005), la productividad es la forma de medir la eficiencia de la función de producción y puede definirse como la relación entre la producción de un periodo y la cantidad de recursos consumidos para alcanzarla. Para mejorar la productividad caben 2 opciones: reducir los inputs mientras los outputs permanecen constantes o aumentar los outputs mientras los inputs se mantienen constantes.

Sin embargo según D'Alessio (2004), la productividad la define como el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. De esta manera, todos los recursos que se encuentran a disposición son limitados y por ende debe hacerse buen uso de ellos para garantizar el máximo rendimiento posible.

Según Domínguez (1995), la relación matemática que puede definir a la productividad es: $\text{Productividad} = \text{Obtenido} / \text{Invertido}$. Algunos de los indicadores utilizados para medir tradicionalmente la productividad como productos por hora hombre o por hora máquina, relación producto – capital y otros semejantes han alimentado y forzado el deseo permanente de hacer más con menos propiciando intencional o accidentalmente la confusión en el concepto de productividad y asociarlo con el de explotación.

Se distinguen dos tipos de indicadores de productividad: los totales, cuya cifra expresa la eficiencia en toda una organización, donde su formulación incluye en el numerador una exposición general de valor producto o servicio y en el denominador un valor resumido de todos sus insumos; y los parciales que se construyen considerando en el denominador un solo tipo de recurso (D'Alessio, 2004).

De acuerdo a Domínguez (1995), la eficiencia de las operaciones individuales se pierde en las operaciones totales, obteniéndose una calificación más valiosa de la eficiencia de la utilización de recursos específicos calculando el índice de productividad de los factores individuales. Es así como se obtienen los siguientes indicadores (Domínguez, s.f.):

Rendimiento de horas hombre:

Producto obtenido / horas hombre empleadas

Indica la relación entre el producto obtenido y las horas hombre empleadas.

Disponibilidad:

$(T \text{ total} - T \text{ no operativo}) / (T \text{ total})$

Donde: T total = tiempo total de operación del equipo y T no operativo = tiempo en el que el funcionamiento del equipo se ve interrumpido

Indica el porcentaje del tiempo en que el equipo se encuentra disponible para operar.

Rendimiento por hora máquina

Producto obtenido por hora / número de máquinas

Indica la cantidad de producto que se obtiene por hora máquina.

Rendimiento de materia prima

Producto obtenido / Materia Prima Consumida

Indica la cantidad de producto que se obtiene por unidad de materia prima consumida.

1.9 Teoría de las Restricciones

Según Krajewski *et alii* (2008), una restricción es cualquier factor que limita el desempeño de un sistema y restringe su producción, en tanto que la capacidad es la tasa de producción máxima de un proceso o sistema.

Es importante mencionar que un sistema o proceso empresarial tiene por lo menos una restricción o cuello de botella, de lo contrario su producción sería ilimitada (Goldratt, 2007).

La Teoría de las Restricciones (TOC) es un método sistemático de administración general que se centra en administrar activamente las restricciones que impiden el progreso de la empresa hacia su meta de maximizar la utilidad (Krajewski *et alii*, 2008).

Según Goldratt (2007), el rendimiento de cualquier cadena está determinado por la fuerza de su eslabón más débil, por lo que la empresa debería localizarlos y enfocar la dirección de la firma en base a ellos. Estos eslabones en TOC se denominan limitaciones del sistema.

Según Goldratt (2007) la aplicación práctica de TOC abarca los siguientes pasos:

a) Identificar las limitaciones del sistema

Consiste en la localización de recursos, que debido a su escasa disponibilidad, limitan el rendimiento global del sistema. Deben ser “explotados” al máximo aprovechando su capacidad total.

b) Decidir cómo explotar las limitaciones

Obtener el máximo rendimiento de un factor de producción eliminando causas de tiempo improductivo.

c) Subordinar todo a las decisiones adoptadas en paso anterior

Ser conscientes de que las limitaciones representan un pequeño porcentaje de recursos en la empresa. Por ello, y de un lado una limitación puede parar su trabajo al no recibir componentes de parte de recursos no limitados o por otro lado, si la recepción es de más componentes de parte de los recursos necesarios, se provocará una ineficiencia por exceso.

d) Elevar la limitación

Consiste en superar las restricciones marcadas por falta de capacidad. La limitación puede desaparecer al explotarla en el momento no adecuado.

- e) Si en los pasos previos se ha roto una limitación hay que volver al primer paso, sin embargo no hay que permitir que la inercia provoque una limitación en el sistema.

Estos cinco pasos anteriores han sido utilizados rara vez en razón de la educación tradicional recibida por directivos de las empresas, quienes analizan generalmente a partir de costos. Es fundamental el deseo de cambio de todos los miembros de la organización, lo cual conducirá a la empresa a la mejora continua (Goldratt, 2007).

1.10 El Ciclo de Deming

Según Summers (2006), el Doctor W. Edwards Deming asumió la misión de divulgar estrategias y prácticas de administración para lograr organizaciones eficientes, recomendando que los directivos de primer nivel se involucren en el proceso de creación de un ambiente que apoye la mejora continua.

El Doctor Deming, quien describió su trabajo como “administración de la calidad”, consideraba que el consumidor es el factor más importante en la generación de productos o en el ofrecimiento de servicios. Tener en cuenta la voz del consumidor y luego utilizar la información obtenida para mejorar los productos y servicios, es parte integral de sus enseñanzas. Para él, la calidad debe definirse en términos de la satisfacción del cliente (Summers, 2006). Este enfoque en el cliente implica que la calidad de un producto o servicio es multidimensional, y también que hay diferentes grados de calidad, un producto que satisface por completo al cliente A tal vez no satisfaga al cliente B (Summers, 2006).

Según Summers (2006), las filosofías del Doctor Deming hacen gran hincapié en la participación de la administración, la mejora continua, el análisis estadístico, la fijación de metas y la comunicación. Su mensaje, que puede resumirse en 14 axiomas, está dirigido sobre todo a los directivos.

Según Summers (s.f), los 14 axiomas son:

1. Crear constancia de propósito hacia la mejora del producto o servicio, con los objetivos de volverse competitivos, permanecer en el negocio y proporcionar empleos.
2. Adoptar la nueva filosofía.
3. Dejar de depender de la inspección como mecanismo para lograr calidad.

4. Terminar con la práctica de cerrar un negocio tomando en cuenta únicamente el precio. En lugar de ello, debe buscarse minimizar el costo total.
5. Mejorar de forma constante e ininterrumpida, el sistema de producción y servicio.
6. Instituir programas de capacitación para el trabajo.
7. Instituir liderazgo.
8. Perder el miedo.
9. Eliminar las barreras entre departamentos.
10. Eliminar las consignas, exhortaciones y metas dirigidas a la fuerza laboral.
11. Eliminar el establecimiento de estándares y cuotas numéricas arbitrarias respecto del trabajo. Sustituir por liderazgo.
12. Eliminar las barreras que privan a las personas de su derecho a enorgullecerse de su trabajo
13. Instituir un vigoroso programa de educación y auto mejora.
14. Impulsar el trabajo de todos los miembros de la empresa hacia el cumplimiento de la transformación.

El Ciclo de Deming es una herramienta que guía y motiva las actividades de mejora de muchas empresas a través de cuatro fases principales de desarrollo y una filosofía de mejora continua (Domínguez, 1995).

Según Summers (2006), al enfrentar a la mejora de procesos, es importante determinar la causa raíz de la variación. Al buscar las causas de variación del proceso, el doctor Deming recomienda utilizar el ciclo Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (conocido también como ciclo PDCA, por las siglas en inglés de Planificar (Plan) – Hacer (Do) – Verificar (Check) – Actuar (Act) en lugar de implementar una especie de solución de emergencia.

El ciclo PDCA es un método sistemático para la resolución de problemas. Durante la fase Planificar, los usuarios del ciclo analizan un problema y planifican su solución. Esta parte del ciclo debe ser a la que mayor atención se preste, ya que la formulación de buenos planes redundará en soluciones bien pensadas. La solución, se implementa durante la fase Hacer del ciclo. En la fase Verificar, se verifican las modificaciones introducidas al proceso. Por último, durante la fase Actuar, una vez que los resultados de la fase Verificar revelan que la causa raíz del problema ha sido aislada y eliminada del proceso de forma total, los cambios se instauran

permanentemente. Si el problema no se ha resuelto, se lleva a cabo una nueva fase de Planear para profundizar en la investigación (Summers, 2006).

1.11 SMED

SMED significa "cambio de modelo en minutos de un sólo dígito", Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos, de ahí la frase single minute. El cambio se da desde la última pieza buena de una fabricación hasta la primera pieza buena de la siguiente fabricación en menos de 10 minutos (Domínguez, 1995).

Este sistema se basa en la distinción entre actividades de preparación externa (OED), es decir, con la máquina en funcionamiento y actividades de preparación interna (IED), que deben de realizarse con la máquina parada. (Miranda *et alii*, 2005).

Según Shingo (1993) las seis técnicas principales para la reducción de tiempos de preparación son:

1. Separar las operaciones de preparación internas de las externas

En el estado actual del proceso de preparación se procede a diferenciar entre los dos tipos de operaciones, OED e IED. Esta etapa sirve para identificar la posibilidad de realizar cambios, solamente redefiniendo el proceso, y lograr una mejora.

2. Convertir preparación interna en externa

El cambio que plantea esa técnica es el más poderoso de la metodología SMED. Para ello se deben reexaminar las operaciones para saber si algunos pasos asumidos como internos pueden ser modificados en la medida de lo posible para que sean externos. De esta forma se reduce el tiempo de preparación con la maquina parada.

3. Estandarizar la función, no la forma

La estandarización de las partes necesarias que intervienen en el proceso de preparación.

4. Utilizar mordazas funcionales o eliminar cierres completamente

Elementos de sujeción como los pernos son bastante utilizados al momento de preparar las máquinas, sin embargo, a su vez son los que más tiempo toman en ajustar y desajustar. El perno ajusta en la última vuelta, así que las vueltas anteriores a esta son hechas de forma innecesaria. De la misma forma, el perno se desajusta en la primera vuelta, ocasionando vueltas innecesarias para sacar el perno completamente.

5. Adoptar modos de operación paralela

Cuando se trabaja con maquinaria que tiene varios lados de preparación, el tiempo que le toma en realizar a un operario toma en cuenta los movimientos que este realiza para trasladarse alrededor de la máquina, de punto a punto, para llegar a la otra posición de preparación. Este tiempo puede superarse colocando otro operario en la otra posición de preparación.

6. Mecanización

El uso de técnicas mecánicas que ayuden a mejorar el traslado de materiales, herramientas puede ayudar a mejorar el tiempo de preparación. Utilización de presión neumática, sistemas hidráulicos, podrían ser de bastante ayuda en este punto. Este es el último punto dado que es la última consideración que se debe tener en cuenta para seguir logrando reducción de tiempos en la preparación. Su implantación debe considerar la inversión de manera muy cuidadosa.

1.12 Mantenimiento Productivo Total

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia empresarial para la mejora de los equipos productivos y de los procesos. Dicho sistema pretende lograr cero accidentes, cero defectos y cero averías, contribuyendo a la obtención de productos y servicios de alta calidad con mínimos costes de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente (Domínguez, 1995).

Entre los pilares básicos para la implantación de un sistema TPM en una organización son: mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado o progresivo y mantenimiento de calidad (Miranda *et alii*, 2005).

Un aspecto importante del TPM es que los usuarios de los equipos contribuyen activamente en las acciones de cuidado y mejora. Esto es lo que se conoce como Mantenimiento Autónomo, e implica que los usuarios de los equipos dedican tiempo a limpiar, revisar y llevar a cabo el mantenimiento básico de sus equipos.

Pero el TPM implica, además, englobar otras muchas actividades donde participan otros compañeros con distintas funciones. Se exige, entonces, un compromiso amplio por parte de la empresa, en cuanto a la formación y el desarrollo con el fin de tener éxito a la hora de llevar a cabo esta técnica (Domínguez, 1995).

La creación de un sistema integral de mantenimiento preventivo planificado, descarta el mantenimiento reactivo y por ende reduce paros no programados en los procesos productivos. Un aspecto importante de resaltar es que la creación y control de programas de mantenimiento, es de vital importancia, se ha indagado que las empresas estudiadas lo poseen o bien de forma manual o basados en un Sistema Informático de Gestión del Mantenimiento (Domínguez, 1995).

De acuerdo a D'Alessio (2004) el mantenimiento progresivo o planificado es la planificación de las revisiones periódicas que se le debe dar al equipo de trabajo es una forma de asegurar que el mantenimiento se tenga en cuenta desde las primeras fases del proceso hasta terminar los lotes de producción requeridos, además de proyectar equipos capaces de facilitar la calidad que satisfaga a los clientes.

1.13 Planificación de los Recursos de la Empresa

Según D'Alessio (2004) las soluciones ERP tratan de llevar a cabo la racionalización y la integración entre procesos operativos y flujos de información dentro de la empresa, con el objetivo de obtener sinergias entre los recursos que forman parte de la misma. Es importante mencionar que Miranda *et alii* (2005, p.520) define al ERP como una aplicación integrada de gestión, de carácter modular, que cubre las necesidades de las distintas áreas del negocio de una empresa cualquiera, aportando conexión con aplicaciones complementarias, una metodología de control de los proyectos de implantación del producto, con control de todos los recursos necesarios y una garantía de evolución con las necesidades globales informáticas del mercado y últimas tecnologías.

Entre las principales ventajas de la implementación de estos sistemas en la organización se señalan que proporcionan información con formatos online que mejoran la fiabilidad y actualización de la información disponible, mejoran el control de costes, aumentan la velocidad de respuesta a pedidos y ayudan a obtener una ventaja competitiva mediante la mejora de los procesos de negocio (Miranda *et alii*, 2005).



CAPITULO 2. Descripción de la Empresa

2.1 Historia de la empresa

La empresa en estudio, a la que llamaremos “*Farma*”, es una empresa peruana fundada en la ciudad de Lima en 1953, como importadora, comercializadora y distribuidora de productos farmacéuticos. Se ha desarrollado a lo largo y ancho del territorio nacional, abriendo siete sucursales y almacenes. Apertura su primera sucursal en la ciudad de Chiclayo en el año 1962. En 1972, la empresa creció lo suficiente para trasladarse a un edificio más amplio en el distrito de Surquillo en Lima, donde se encuentra ubicada actualmente.

Para incursionar en el retail, en el año 2006 compra una cadena de boticas con cientos de puntos de venta en todo el territorio nacional. Las empresas se fusionan en el año 2009 en una sola razón social.

Actualmente Farma es una de las principales empresas farmacéuticas del Perú, que tiene una gran cadena de boticas, distribuidora a nivel nacional, centros médicos, laboratorio, marcas propias y representaciones exclusivas. Las marcas propias y representaciones exclusivas de diferentes laboratorios de calidad generan valor y capacidad estratégica para aprovechar las oportunidades que brinde el mercado, haciendo de Farma una organización reconocida y consolidada en el país.

2.2 Visión

La Visión de la empresa es: Ser una organización líder y exitosa que democratiza la salud, contribuye a mejorar la calidad de vida y el bienestar de toda la comunidad.

2.3 Misión

La Misión de la empresa es: Contribuir con la salud, bienestar y seguridad de las personas y organizaciones a nivel nacional e internacional diseñando, elaborando y comercializando productos y servicios innovadores y de calidad, logrando cumplir nuestro compromiso con la sociedad, brindar seguridad y desarrollo a nuestros colaboradores, así como rentabilidad a nuestros inversionistas.

2.4 Unidades de Negocio

Farma es una empresa compuesta por 7 Unidades de Negocio:

- Planta
- Comercial
- Médica
- Consumo
- Industrial
- Distribución
- Retail

La cantidad de colaboradores de todas las unidades de negocio suman aproximadamente 4,200 personas.

Planta es la unidad de negocio dedicada a la fabricación de productos farmacéuticos de consumo humano. Se cuenta con una planta farmacéutica para la fabricación de medicamentos de alta calidad para el mercado nacional y para la exportación.

Comercial es la unidad de negocio encargada de la promoción y comercialización de productos farmacéuticos éticos producidos bajo los mejores estándares de calidad, conformada por un equipo multidisciplinario que ha logrado colocar diferentes y nuevas alternativas médicas al alcance de la comunidad.

Médica es la unidad de negocio especializada en la promoción y comercialización de reactivos para diagnóstico in vitro, equipos biomédicos para laboratorio clínico, material médico hospitalario y servicio técnico para equipos biomédicos.

Consumo es la unidad de negocio encargada de la comercialización a nivel nacional de líneas representadas exclusivas y del desarrollo de marcas propias, llegando a diversos clientes y canales: farmacias, boticas, autoservicios y tiendas por departamentos.

Industrial es la unidad de negocio dedicada a la comercialización de productos de seguridad industrial y maquinaria textil.

Distribución es la unidad de negocio ligada a la distribución de productos farmacéuticos y afines. La empresa cuenta con una fuerza de ventas a nivel nacional, que mantiene un estrecho contacto con farmacias, boticas, cadenas de boticas, hospitales, clínicas, empresas privadas, etc. Tiene 7 sucursales con sus respectivos almacenes en las ciudades de Piura, Chiclayo, Trujillo, Ica, Arequipa, Cusco y Huancayo, además de los almacenes y oficina principal en la ciudad de Lima.

Retail es la unidad de negocio conformada por una red de atención sanitaria básica del país conformado por boticas, laboratorios clínicos y centros médicos a nivel nacional.

2.5 Estructura Organizacional

Farma está compuesta por una organización general representada por gerencias de apoyo y unidades de negocio, donde las decisiones son tomadas por parte del Directorio. El organigrama general se muestra en la Figura 3. En la estructura de la unidad de negocio de Planta, el gerente es la máxima autoridad, quien tiene como principal cargo la dirección y supervisión de cada uno de las jefaturas con los que se cuenta para la producción de medicamentos. En la Figura 4 se muestra la estructura organizacional de la unidad de negocio de planta en la cuál se basa el presente trabajo.

2.6 Descripción del Sistema de Producción

El proceso productivo de esta industria se caracteriza por tener una fabricación intermitente por lotes. La planta farmacéutica de Farma cuenta con la Certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) otorgada por el Ministerio de Salud de acuerdo a los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esta certificación garantiza que todos los lotes son elaborados con materias primas de adecuada calidad, que cumplen con las especificaciones de la farmacopea de referencia y que son estables durante su vida útil si se mantienen en las condiciones especificadas en las normas de almacenamiento e indicaciones en el rotulado.

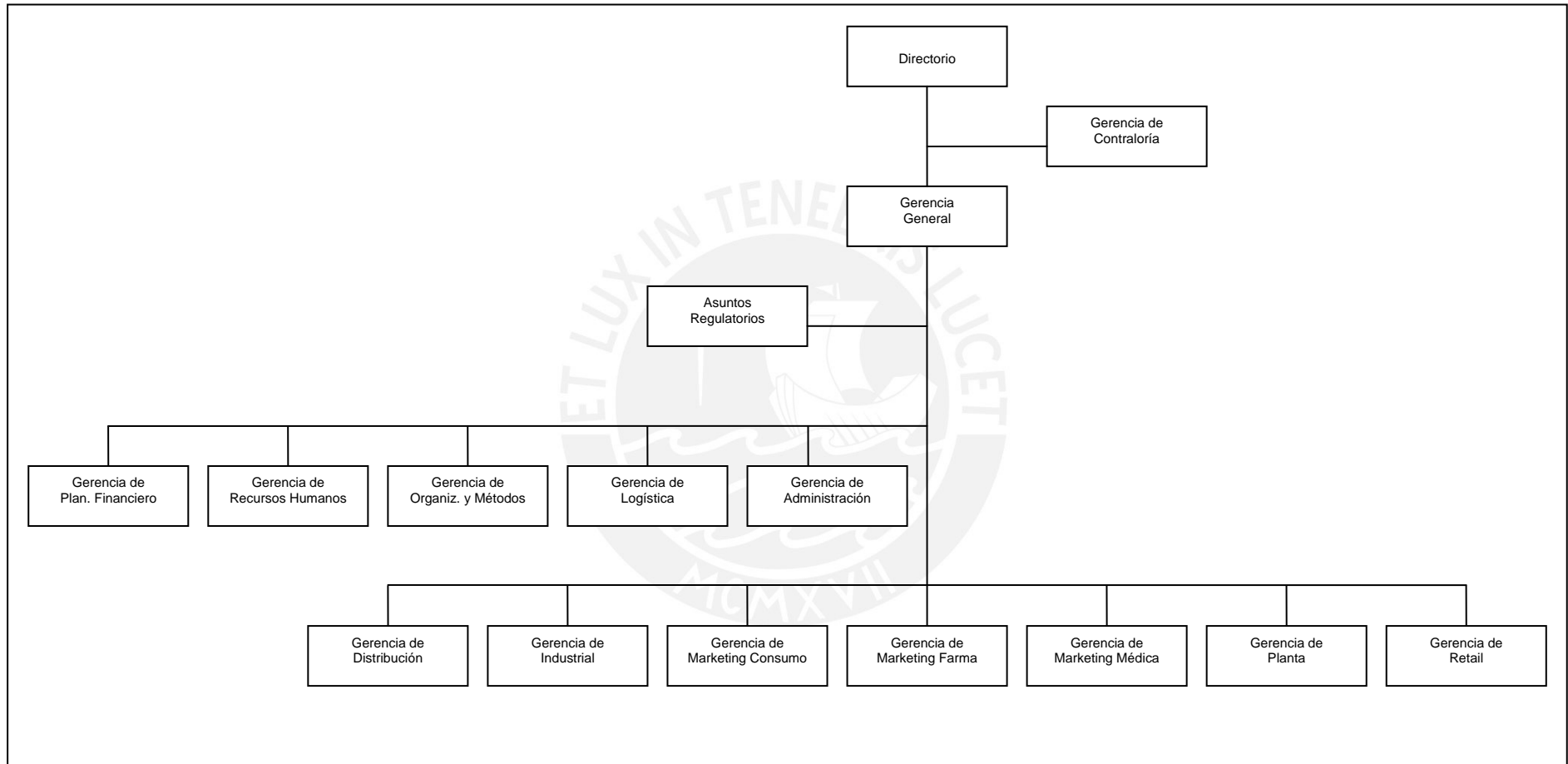


Figura 3. Organigrama General de Farma

Elaboración Propia

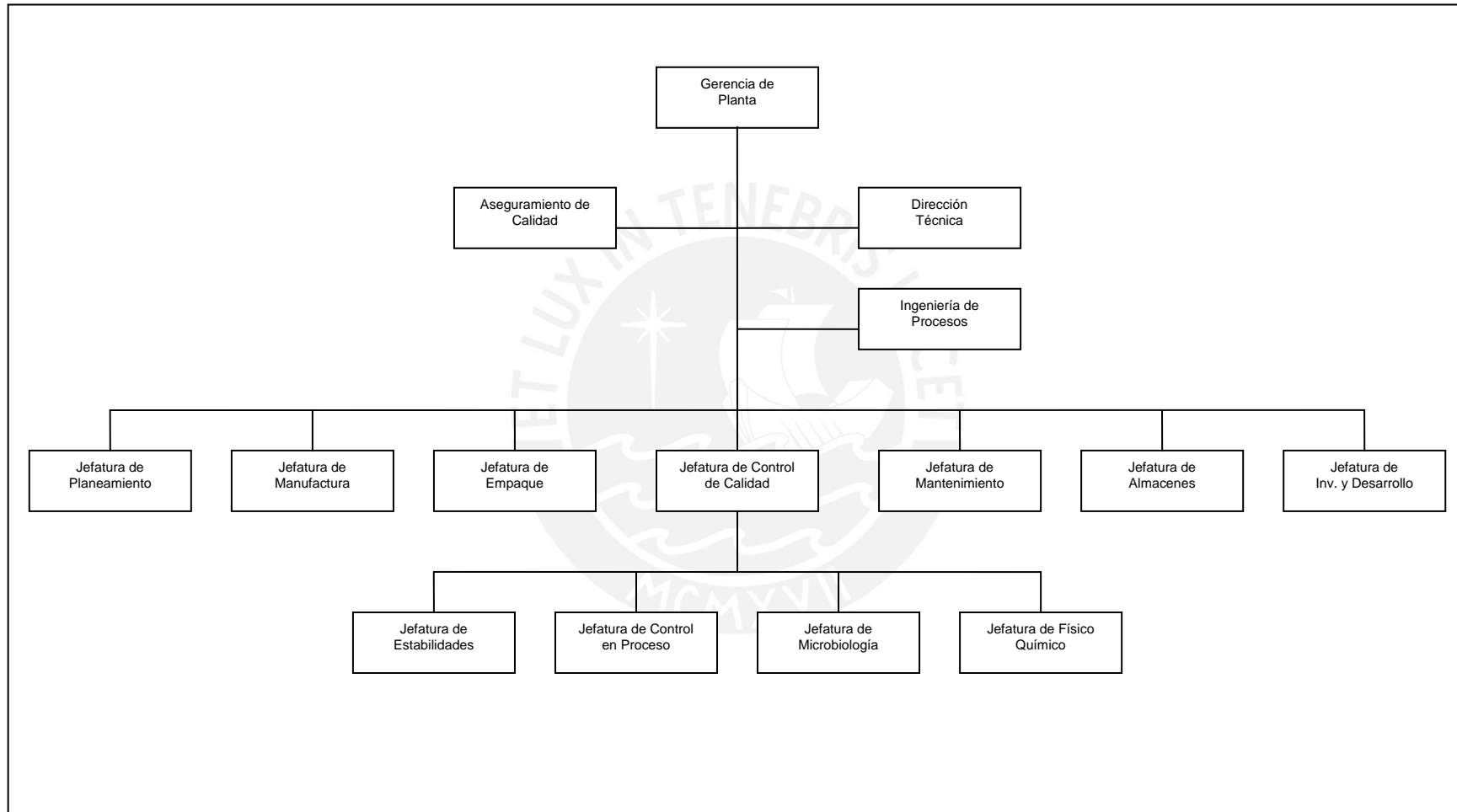


Figura 4. Organigrama Unidad de Negocio Planta

Elaboración Propia

La planta farmacéutica cuenta con 4 líneas de producción y está certificada para la fabricación de las siguientes formas farmacéuticas:

Línea de Líquidos Estériles

Soluciones inyectables.

Soluciones oftálmicas.

Línea de Líquidos No Estériles

Jarabes

Suspensiones

Gotas orales

Línea de Semisólidos

Cremas

Óvulos

Pomadas

Supositorios

Ungüentos

Línea de Sólidos y Polvos

Cápsulas

Tabletas

Tabletas Laqueadas

Grageas

Polvos

Es importante destacar que toda la información de la planta se procesa mediante el sistema ERP-SAP.

En el estudio a realizar nos centramos en la Línea de Sólidos y Polvos.

2.7 Descripción de las Instalaciones

Las instalaciones de la planta se dividen en áreas funcionales que corresponden a las diferentes formas farmacéuticas. Como cada una de estas formas requiere equipos y técnicas de producción especializadas, existen áreas de producción separadas para Líquidos Estériles y No Estériles, Semisólidos y Sólidos. La

disposición de las áreas debe prevenir el riesgo de contaminación o alteración de los productos y reducir los riesgos de confusión. La fabricación de productos diferentes no puede efectuarse simultáneamente en un mismo ambiente. Para la producción de sólidos se tiene una distribución por procesos dividida en 2 áreas: Manufactura y Empaque.

El aumento del volumen de producción ha hecho que se realicen modificaciones en sus instalaciones para poder acoplarse a las características que requiere la instalación de máquinas con nueva tecnología, velando siempre por la calidad en el proceso de fabricación de productos. Algo que se destaca en la distribución es la existencia de esclusas, las cuales cuentan con amplios ventanales para que el proceso pueda ser controlado en las variables más críticas que las normas de fabricación de productos farmacéuticos abarcan, siendo las más relevantes el control de la temperatura, humedad relativa y cambios de aire a través de filtros que proporcionan la calidad solicitada.

En la Figura 5 se muestra la distribución planta del área de fabricación de sólidos.

2.8 Descripción del Proceso Productivo

En la línea de sólidos se procesan las 5 formas farmacéuticas bases: Cápsulas, Grageas, Polvos, Tabletas y Tabletas Laqueadas.

2.8.1 Procesos Generales

El proceso productivo varía de acuerdo a la forma farmacéutica a fabricar por lo que serán expuestos en forma independiente, sin embargo existen operaciones comunes que aparecen en distintos procesos productivos. Estas operaciones son definidas a continuación:

2.8.1.1 Dispensación de Insumos

Los insumos de los productos son pesados y contados con la finalidad de obtener las proporciones que se indique en la fórmula maestra para la fabricación del producto. Se utilizan áreas de dispensación equipadas con balanzas para la manipulación del material. Este proceso es ejecutado en el área de Almacenes.



2.8.1.2 Codificación

Esta operación consiste en la impresión de los datos de identificación del producto como son el número de lote, la fecha de expira tanto en el envase primario y secundario (etiquetas, cajas) del producto. Se identifica el producto con la finalidad de tener una trazabilidad adecuada del lote elaborado y evitar cualquier tipo de confusión. Es realizado en el área de empaque.

2.8.1.3 Acondicionado

Esta operación es realizada con la utilización de fajas transportadoras y de carácter manual. Se inicia con el armado de los estuches para luego introducir dentro de estos los productos en envase primario, acompañado del prospecto para las indicaciones de uso. El empaque es el agrupamiento que se realiza en paquetes de acuerdo a cierto factor de empaque, utilizando láminas de polietileno blanco en las cuales se envuelve las cajas obtenidas. Luego los empaques son identificados con etiquetas autoadhesivas colocadas con la información principal del producto. Esto permite proteger la presentación del producto y facilitar el manipuleo al momento del despacho para los almacenes centrales. Es realizado en el área de empaque.

2.8.1.4 Control de Calidad

Esta operación corresponde a inspecciones realizadas durante el proceso productivo. Se realiza un muestreo el cual es analizado a través de diferentes técnicas con la finalidad de verificar la conformidad con el producto, de acuerdo a las especificaciones del producto. El alto costo de los productos a fabricar hace también que la calidad en la fabricación sea un paso fundamental en el proceso productivo.

2.8.2 Procesos Específicos

Continuando con el proceso de fabricación de sólidos, se procede a describir los procesos independientes correspondientes a la etapa de manufactura para la obtención de cada una de las formas farmacéuticas.

2.8.2.1 Granulación

Son los diferentes tipos de mezclado que tiene como finalidad transformar las materias primas para llegar a la formulación terminada. El paso básico es la mezcla de los componentes de acuerdo a los 3 métodos de granulación existentes.

Método de Granulación Húmeda en Lecho Fluido

- a) Preparación de solución aglutinante: Se mezclan algunos componentes bajo agitación constante por un agitador que permiten obtener una solución libre de grumos.
- b) Tamizado: La mezcla de polvos se tamiza a través de un tamiz de finura apropiada para eliminar los grumos o deshacerlos.
- c) Mezclado: Se mezcla el principio activo, el diluyente y el desintegrante. En este proceso se utiliza un mezclador con la finalidad de formar una masa uniforme homogénea.
- d) Secado: La mezcla es ingresada en una estufa de lecho fluido para su granulación y secado respectivo. Aquí las “tiras de masa” al secarse se convierten en pequeños granos.
- e) Granulado: Se realiza para asegurar la completa granulación de la masa formada. Es realizada por un equipo granulador cuya función es hacer pasar los granos secos a través del tamiz realizando una leve frotación.
- f) Lubricación: Se agrega lubricante y excipientes como polvo fino en el granulado y se mezcla con suavidad en el mezclador. Se realiza para obtener el tamaño uniforme de los gránulos obtenidos por la granulación húmeda y dejarlos listos para la etapa de compresión.

Método de Granulación Húmeda en Lecho Estático

- a) Preparación de solución aglutinante: Se mezclan algunos componentes activos, el diluyente y parte del lubricante bajo agitación constante por un agitador que permiten obtener una solución libre de grumos.
- b) Tamizado en seco: La mezcla de polvos se tamiza en seco a través de una malla deseable.
- c) Mezclado: Se realiza la mezcla de la solución aglutinante y el granulado en el mezclador.

d) Secado: Se procede a secar en una estufa estática en la cual el granulado es ingresado a través de bandejas de acero inoxidable hasta alcanzar una humedad inferior de acuerdo a las especificaciones del producto. Este proceso tiene la particularidad de durar 16 horas aproximadamente.

e) Granulado: Igual al descrito en la granulación en lecho fluido.

f) Lubricación: Igual al descrito en la granulación en lecho fluido.

Método de Compresión Directa

a) Tamizado y Mezclado: Se realiza previamente un tamizado rápido y se mezclan los principios activos y demás excipientes en el mezclador.

2.8.2.2 Compresión

En este proceso de compresión se destaca el tableteado y encapsulado.

Tableteado

Este proceso consiste en formar el granulado obtenido del proceso de granulación en tabletas que cumplan ciertas especificaciones de forma, dureza, diámetro, espesor, peso, tiempo de desintegración y características de disolución. Las tableteadoras realizan la compresión con dos punzones de acero dentro de una cavidad con matriz de acero. La tableta se forma mediante la presión que ejercen los punzones y adquiere la forma y parámetros de estos.

Encapsulado

Este proceso se lleva a cabo con una máquina llenadora automática de cápsulas o encapsuladora, las cuales son introducidas en una tolva y pasan a unos soportes donde las dos mitades se separan mediante succión. Un juego de cabezas llenadoras recibe el producto de la tolva, lo comprimen en una bala blanda y después insertan esto en la mitad inferior de la cápsula. Después del llenado, cada mitad superior vuelve a su mitad inferior. Luego las cápsulas son expulsadas de la máquina.

2.8.2.3 Recubrimiento

En este proceso de recubrimiento se destaca el laqueado y grageado.

Laqueado

Es un proceso de recubrimiento donde las tabletas son colocadas en un bombo laqueador o recubridor. En este proceso se aplican diversos líquidos cubrientes sobre las tabletas, los cuales le dan el color respectivo a la cubierta. Se deja que la suspensión se mezcle con las tabletas y permita que el líquido se adhiera uniformemente a la vez que seca rápidamente y evita que las tabletas se adhieran entre ellas.

Grageado

En el proceso de grageado la diferencia es que tiene doble recubrimiento por lo que se tiene que secar diariamente y recubrirlas con los líquidos correspondientes. Por tanto este proceso tiene una duración aproximada de 5 días.

A continuación se describen los procesos correspondientes a la etapa de empaque para la obtención del producto terminado.

2.8.2.4 Envasado

Este proceso de envasado primario está compuesto por el blisteadado y foliado.

Blisteadado

Este proceso consiste en envasar las tabletas, grageas, cápsulas utilizando una máquina termoformadora automática llamada blistera, que opera tomando una lámina de PVC desde un rollo y avanza paso a paso por diferentes estaciones para ser calentada, moldeada y llenada en forma manual por las tabletas. Luego del llenado se procede a realizar el sellado mediante una lámina de aluminio y finalmente cortadas en plaquetas denominadas blisters.

Foliado

El proceso de foliado es muy similar al blisteadado pero con la diferencia que los 2 rollos que se utilizan son de aluminio y es realizado en una máquina llamada foliadora. Este proceso permite tener una mayor duración del producto en el tiempo.

En la Tabla 1 se muestra el proceso de fabricación de tabletas desde la etapa de manufactura hasta empaque. Asimismo en la Figura 6 se muestra el Diagrama de

Operaciones del Proceso (DOP) de fabricación de tabletas por método de granulación húmeda y en la Figura 7 se muestra el DOP de fabricación de tabletas por método de compresión directa.

Tabla 1. Proceso de Fabricación de Tabletás

Etapa	Proceso	Método de Operación
Manufactura	Granulación	Método de Granulación Húmeda Lecho Fluido
		Método de Granulación Húmeda Lecho Estático
		Método de Compresión Directa
	Compresión	Tableteado
Empaque	Envasado	Blisteado
		Foliado
	Codificado	
	Acondicionado	

Elaboración Propia

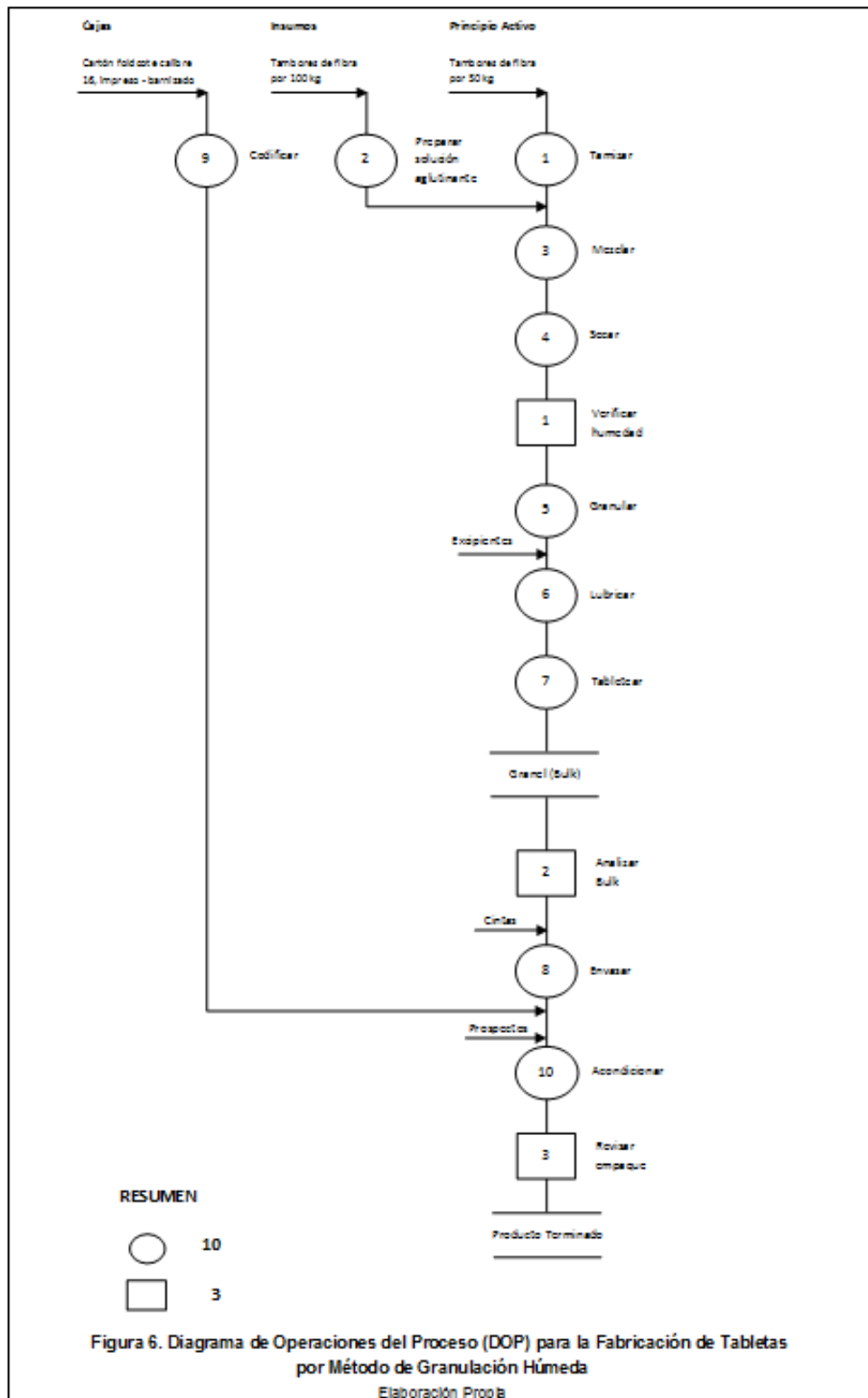
En la Tabla 2 se muestra el proceso de fabricación de tabletas laqueadas desde la etapa de manufactura hasta empaque. Igualmente en la Figura 8 se muestra el DOP de fabricación de tabletas laqueadas por método de granulación húmeda y en la Figura 9 se muestra el DOP de fabricación de tabletas laqueadas por método de compresión directa.

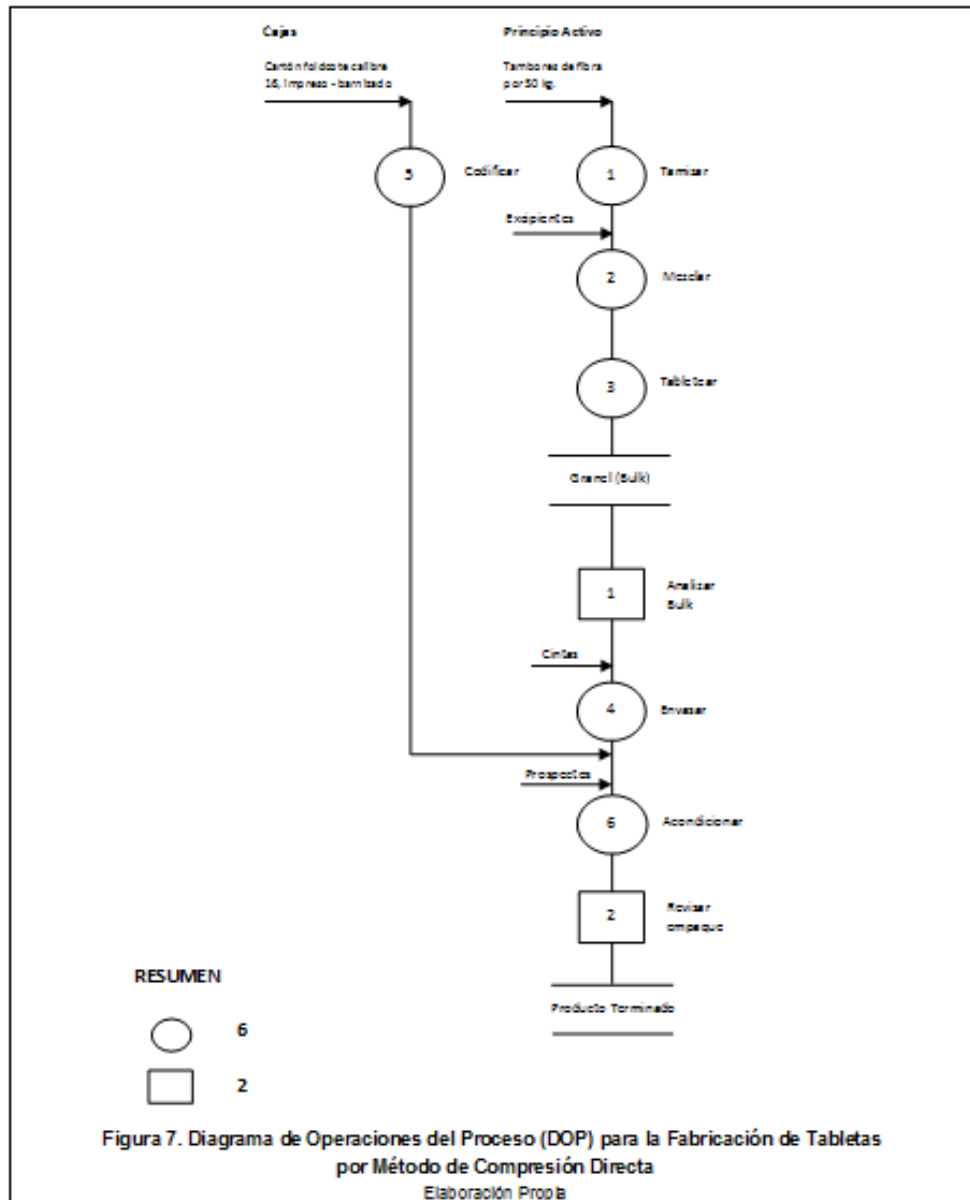
Tabla 2. Proceso de Fabricación de Tabletás Laqueadas

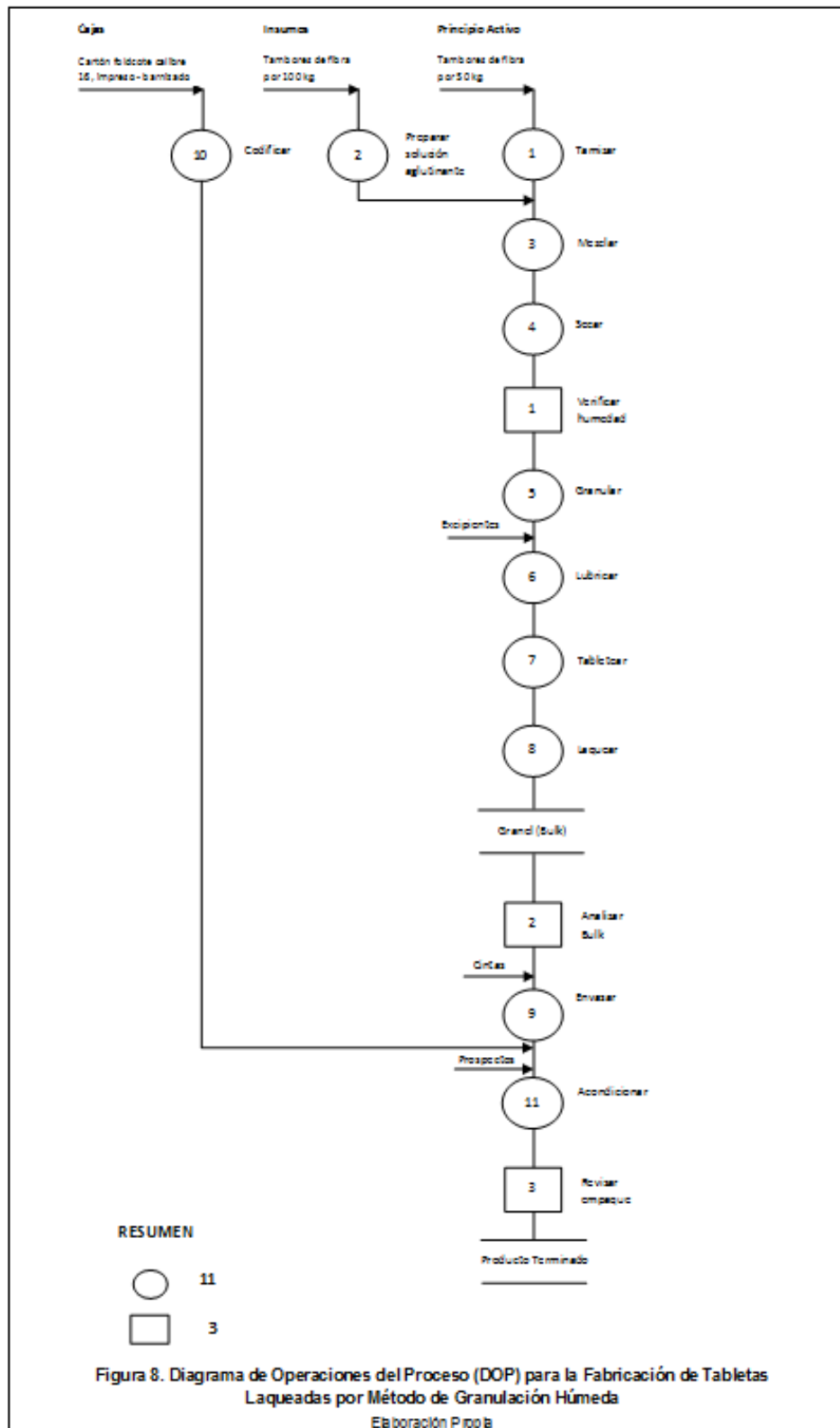
Etapa	Proceso	Método de Operación
Manufactura	Granulación	Método de Granulación Húmeda Lecho Fluido
		Método de Granulación Húmeda Lecho Estático
		Método de Compresión Directa
	Compresión	Tableteado
	Recubrimiento	Laqueado
Empaque	Envasado	Blisteado
		Foliado
	Codificado	
	Acondicionado	

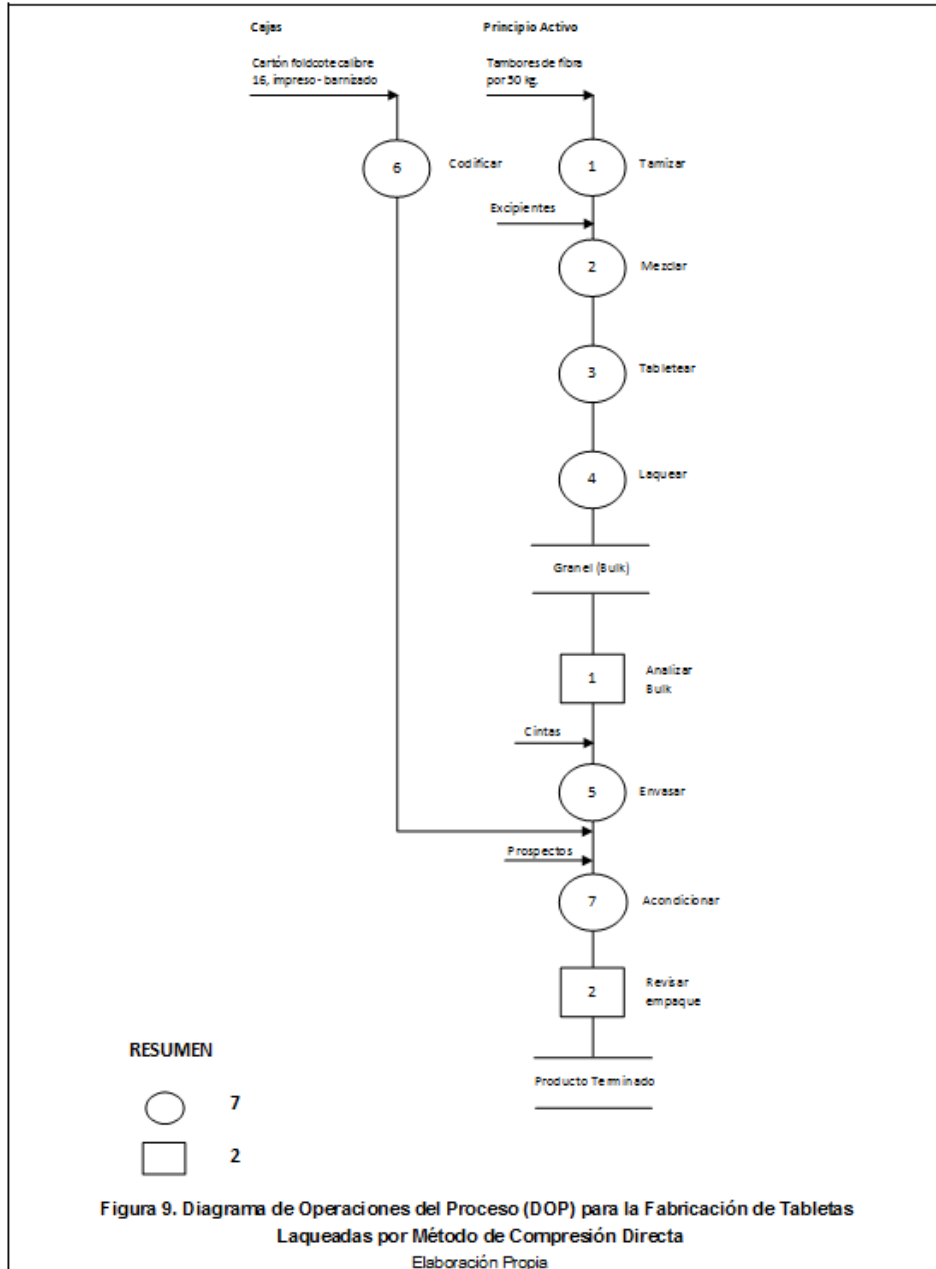
Elaboración Propia

En la Tabla 3 se muestra el proceso de fabricación de cápsulas desde la etapa de manufactura hasta empaque. En la Figura 10 se muestra el DOP de fabricación de cápsulas por método de granulación húmeda y en la Figura 11 se muestra el DOP de fabricación de cápsulas por método de compresión directa.









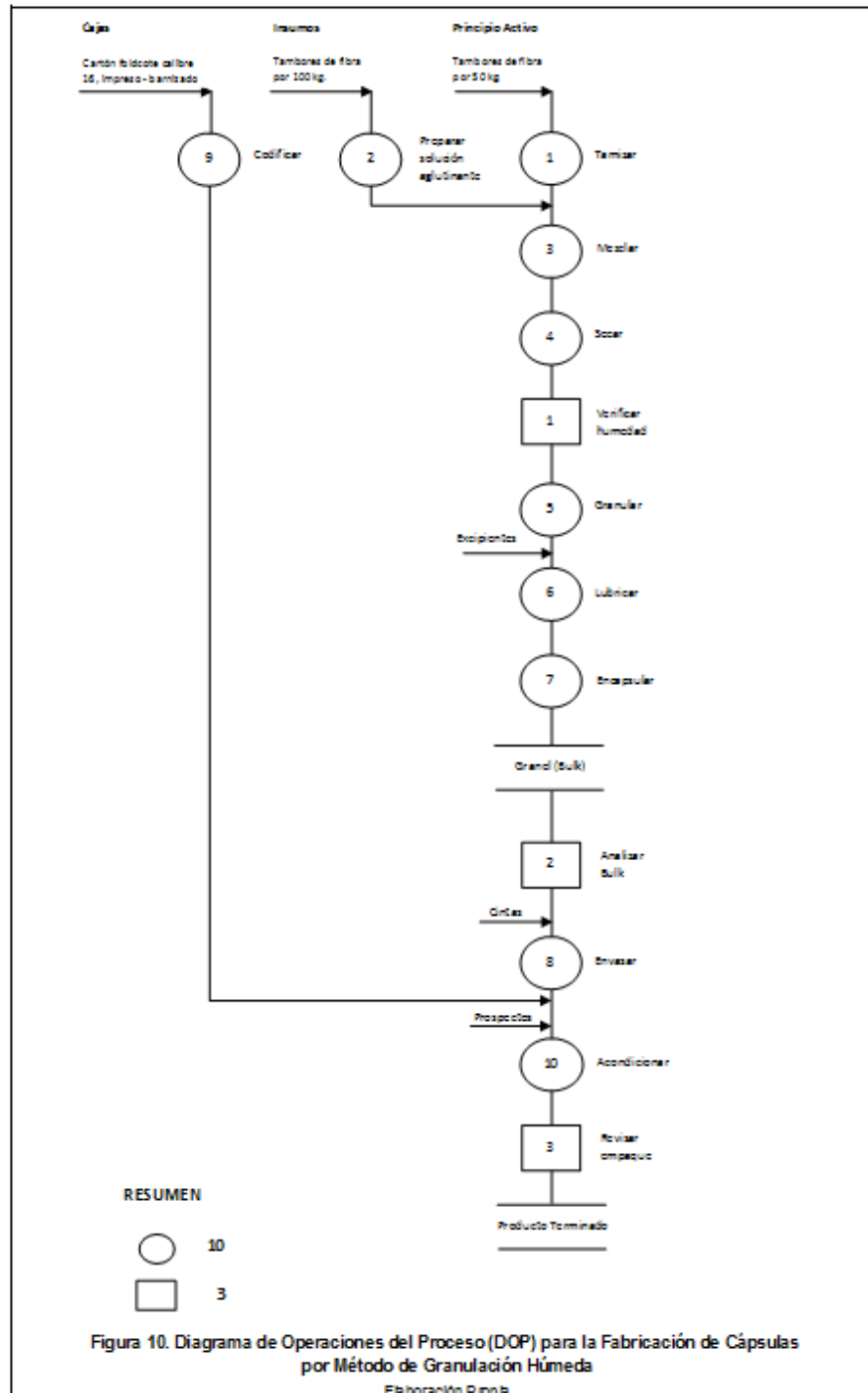


Figura 10. Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) para la Fabricación de Cápsulas por Método de Granulación Húmeda
Elaboración Propia

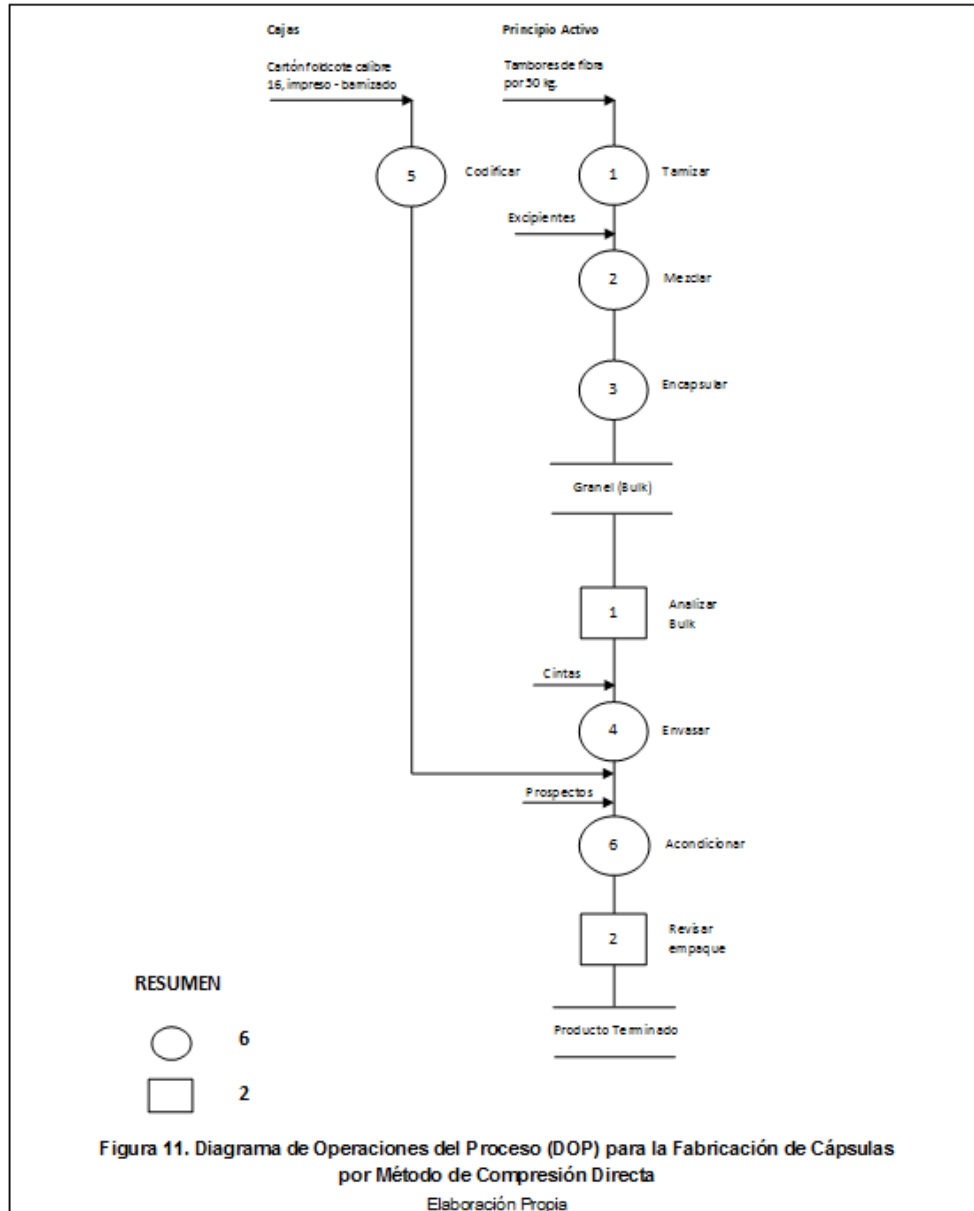


Tabla 3. Proceso de Fabricación de Cápsulas

Etapa	Proceso	Método de Operación
Manufactura	Granulación	Método de Granulación Húmeda Lecho Estático
		Método de Compresión Directa
	Compresión	Encapsulado
Empaque	Envasado	Blisteadado
		Foliado
	Codificado	
	Acondicionado	

Elaboración Propia

En la Tabla 4 se muestra el proceso de fabricación de grageas desde la etapa de manufactura hasta empaque. En la Figura 12 se muestra el DOP de fabricación de grageas por método de granulación húmeda.

Tabla 4. Proceso de Fabricación de Grageas

Etapa	Proceso	Método de Operación
Manufactura	Granulación	Método de Granulación Húmeda Lecho Fluido
		Método de Granulación Húmeda Lecho Estático
	Compresión	Tableteado
	Recubrimiento	Grageado
Empaque	Envasado	Foliado
	Codificado	
	Acondicionado	

Elaboración Propia

2.9 Equipos de Producción

Los equipos de producción que se utilizan en la etapa de manufactura se muestran en la Tabla 5 con sus capacidades respectivas.

Tabla 5. Equipos de la Etapa de Manufactura de Sólidos

N °	Equipo	Capacidad de Fabricación	Ubicación
1	Mezclador Doble Cono	200 Kg.	Fija
2	Mezclador en V	100 Kg.	Fija
3	Mezclador Dado	50 Kg.	Libre
4	Amasador Ligold	100 Kg.	Libre
5	Amasador Stokes	50 Kg.	Libre

N °	Equipo	Capacidad de Fabricación	Ubicación
6	Pulverizador Fitzzmill	90 Kg. / hora	Libre
7	Micropulverizador Summit	90 Kg. / hora	Libre
8	Granulador Morandi	70 Kg. / hora	Libre
9	Granulador CAM	70 Kg. / hora	Libre
10	Estufa Estática Seraming	200 Kg.	Fija
11	Estufa de lecho fluidizado Glatt	100 Kg.	Fija
12	Tableteadora Rotativa Manesty	75,000 unidades / hora	Fija
13	Tableteadora Rotativa Riva	60,000 unidades / hora	Fija
14	Tableteadora Rotativa Sejong	63,000 unidades / hora	Fija
15	Encapsuladora Automatica Sejong	40,00 unidades / hora	Fija
16	Bombo Grageador Brucks Nro. 4	200 Kg.	Fija
17	Bombo Grageador Brucks Nro. 5	200 Kg.	Fija
18	Recubridor Pharmalink	200 Kg.	Fija
19	Recubridor Automático Sejong	200 Kg.	Fija

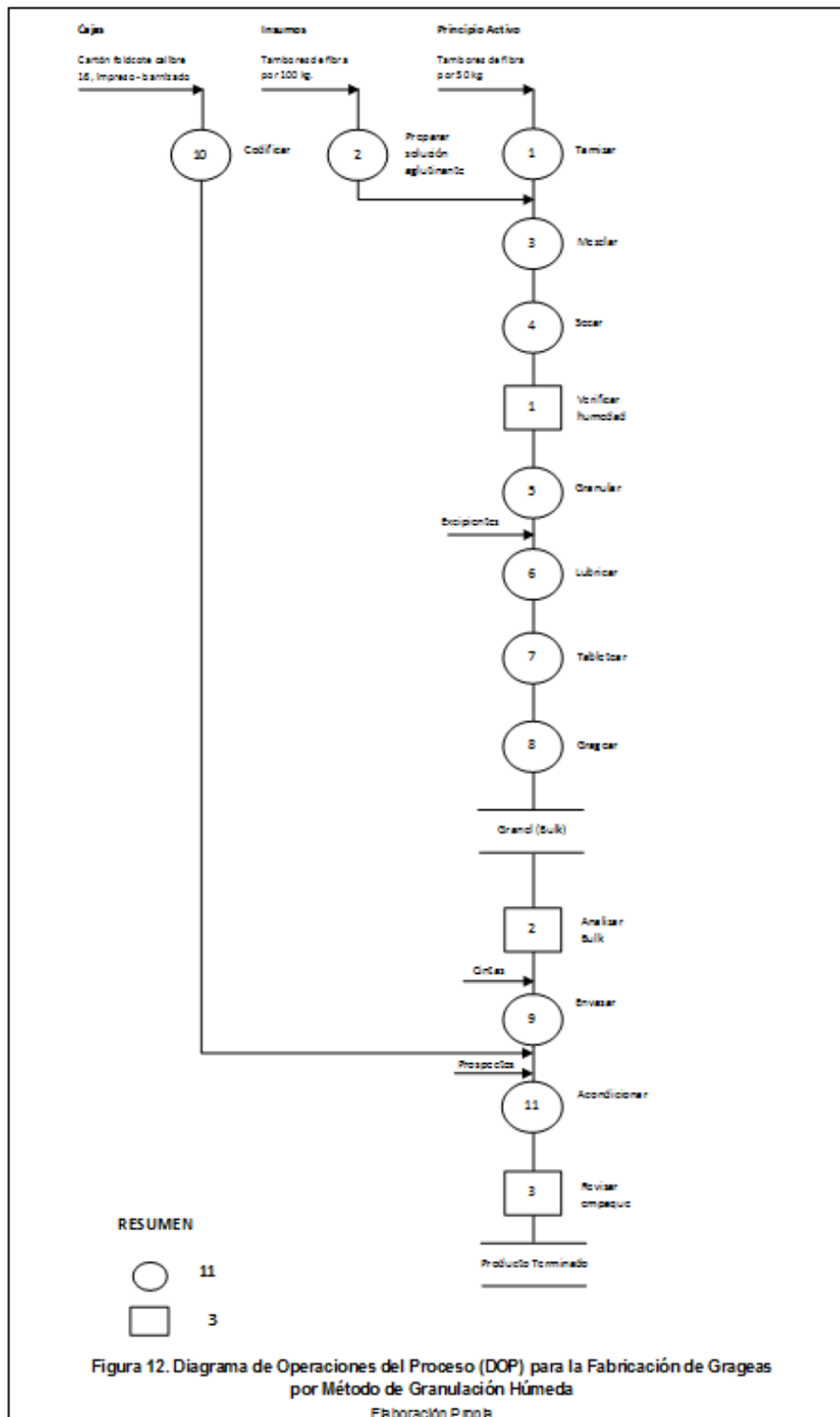
Elaboración Propia

En el listado de equipos se precisa las ubicaciones siendo “fija” o “libre”, lo que indica que algunos equipos están en áreas fijas de trabajo, no permitiendo que puedan ser trasladados a otras áreas de trabajo. Para los equipos que se utilizan en la etapa de empaque todos tienen ubicación fija. En la Tabla 6 se muestran los equipos que se utilizan en la etapa de empaque con sus capacidades respectivas.

Tabla 6. Equipos de la Etapa de Empaque de Sólidos

N °	Equipo	Capacidad de Envasado
1	Blistera Neopackaging	50 golpes / minuto
2	Blistera KP1	50 golpes / minuto
3	Blistera CAM	60 golpes / minuto
4	Foliadora Strocar 8	65 golpes / minuto
5	Foliaodora Strocar 10	65 golpes / minuto
6	Foliadora IP	70 golpes / minuto
7	Foliadora Siebler	70 golpes / minuto
8	Codificadora Ink Jet Domino	-
9	Faja Transportadora N° 1	-
10	Faja Transportadora N° 2	-
11	Faja Transportadora N° 3	-
12	Faja Transportadora N°4	-

Elaboración Propia



CAPITULO 3. Análisis y Diagnóstico de la Situación Actual

Para diagnosticar la situación actual se evalúa la gestión de las áreas más involucradas como Planeamiento, Mantenimiento y Producción.

3.1 Planeamiento

El análisis se centra en la etapa de la programación de la producción. Se realiza semanalmente un programa de producción, el cual es dividido en fabricación y envasado. La fabricación contempla hasta la obtención del producto semielaborado o granel. El envasado incluye al acondicionado o empacado hasta la obtención del producto terminado. Al concluir la fabricación el granel es sometido al análisis microbiológico con una duración de 5 días. Esta etapa es importante ya que en caso el granel sea rechazado en el análisis físico-químico y microbiológico, no se puede envasar ni acondicionar, y como consecuencia se genera un incumplimiento.

Se entrevistó al Programador Maestro de la Planta, quien indicó que uno de los problemas principales del área es la constante reprogramación de la fabricación de sólidos, debido a los largos tiempos de fabricación y que los días disponibles de fabricación quedaban cortos para cumplir con el plan de necesidades en algunas ocasiones. Ante este escenario, se verificaron las estadísticas de cumplimiento de los últimos meses basadas en Lotes Requeridos (LR) por forma farmacéutica y Lotes Fabricados (LF). En la Tabla 7 se puede visualizar que efectivamente existe un incumplimiento de 7% promedio mensual en las fabricaciones programadas. Asimismo es sabido que cada año que pasa la producción de sólidos se incrementa en un 5% a 10% por el desarrollo de productos genéricos nuevos al mercado, lo que puede hacerse más crítico en el transcurso de los años.

Tabla 7. Cantidad de Lotes Requeridos y Fabricados por Forma Farmacéutica

Mes		Capsulas	Grageas	Tabletas	Tabletas Recubiertas	Polvos	Total Lotes	% Cumplimiento
Agosto 2012	LR	8	3	15	17	4	47	
	LF	8	3	13	17	4	45	96%
Setiembre 2012	LR	7	5	15	14	4	45	
	LF	6	4	14	13	4	41	91%
Octubre 2012	LR	8	5	14	16	5	48	
	LF	8	5	13	14	4	44	92%

Fuente: La Empresa (2012)

Los horarios de producción de la línea de sólidos son 8 horas diarias por 5 días de trabajo. Adicionalmente se dispone de horas extras que se distribuyen en 3 horas diarias los días de semana y los sábados y domingos turnos completos de 8 horas.

Se solicitaron las horas hombre de producción trabajadas en los meses indicados inclusive las horas extras, a fin de poder detectar los procesos que consumen más recursos. En las Tablas 8 y 9 se visualizan las horas de producción normales y extras de los últimos meses.

Tabla 8. Horas Hombre de Producción por Proceso en Turno Normal - Año 2012

Mes / Proceso	Granulado	Tableteado	Grageado	Laqueado	Encapsulado	Horas Totales
Agosto	654.25	487.25	150.50	407.75	245.50	1,945.25
Setiembre	516.25	407.75	137.25	200.00	138.25	1,399.50
Octubre	619.50	424.00	182.50	229.00	253.50	1,708.50
Total	1,790.00	1,319.00	470.25	836.75	637.25	5,053.25

Fuente: La Empresa (2012)

Tabla 9. Horas Hombre de Producción por Proceso en Turno Extra - Año 2012

Mes / Proceso	Granulado	Tableteado	Grageado	Laqueado	Encapsulado	Horas Totales
Agosto	191.75	96.00	59.75	68.50	51.75	467.75
Setiembre	202.50	113.75	56.50	56.75	79.00	508.50
Octubre	217.25	143.25	46.00	86.00	28.75	521.25
Total	611.50	353.00	162.25	211.25	159.50	1,497.50

Fuente: La Empresa (2012)

El proceso en que se emplean más horas hombres es Granulado y Tableteado, tanto en el desarrollo del turno normal y horas extras. Es importante destacar que las horas extras no son imperativas, razón por la cual a veces hay operarios que no trabajan los fines de semana y esto repercute en un atraso en la producción.

Un dato importante es la forma de cálculo teórico de la capacidad de fabricación. Está basada en la cantidad de lotes que pueden procesar las estufas de secado del proceso de granulado, dado que es el proceso más crítico de la fabricación de sólidos. A continuación se procede a detallar paso a paso como se ha determinado el cálculo de la capacidad actual:

a) Se identifican los 2 procesos de producción definidos anteriormente: Granulación en Lecho Fluido y Estático.

b) Para el cálculo de capacidad se considera como tiempo disponible los 22 días del mes con un turno de 8 horas por día. Se trabajan 5 días por semana y 12 meses por año. Solamente la ruta crítica de lecho fluido puede realizar doble turno y duplicar su capacidad.

c) Se toman tamaños promedio de lotes equivalentes por cada estufa siendo para Seraming de 250,000 unidades y para Glatt de 100,000 unidades. En la Tabla 10 se muestra el cálculo de la capacidad de fabricación de sólidos.

Tabla 10. Cálculo de la Capacidad de Fabricación de Sólidos

Equipo	Capacidad de Fabricación Lotes Mensual	Meses	Tamaño Promedio de Lote	Capacidad Anual en Unidades
Estufa Seraming	22	12	250,000	66'000,000
Estufa Glatt	22	12	100,000	26'400,000
Capacidad de Fabricación Anual				92'400,000

Fuente: La Empresa (2012)

En base a este cálculo el área programa las necesidades de la demanda, fijándose que puede procesar 44 lotes de sólidos en 22 días de trabajo en esas 2 rutas críticas definidas. En las entrevistas realizadas al área se precisó que no consideraban los 8 días restantes del mes porque estos eran destinados a cubrir las eventualidades que se puedan presentar. Asimismo no se considera la etapa de envasado y acondicionado dentro del estudio, dado que esta área trabaja a 2 turnos de 8 horas cada uno y no representa una restricción en la programación. Como resultado del estudio de capacidad se observa que se pueden realizar como máximo 92'400,000 unidades entre las distintas formas farmacéuticas de sólidos.

Dentro del área se han podido detectar las siguientes deficiencias:

a) Se poseen registros de tiempos históricos de cada proceso productivo, los cuales en su mayoría han quedado desfasados y como consecuencia no se tienen definidos los tiempos estándares.

b) La política de secuenciación y prioridades de la producción, está basada en las urgencias que establece las unidades de negocio de Comercial y Retail, lo que hace que no se optimice la secuencia en base a los procesos productivos.

c) Las órdenes de proceso se liberan a medida que los insumos van quedando disponibles, lo que genera que no se optimicen las rutas críticas de los procesos.

3.2 Mantenimiento

Con respecto a la función del mantenimiento se ha observado la cantidad de paradas que se presentan por fallas mecánicas y eléctricas de los equipos. El mantenimiento que se realiza en líneas generales es muchas veces correctivo, ya que no se trabaja en concordancia con el área de Planeamiento para que dentro de la programación anual se consideren los mantenimientos preventivos de máquina.

Se tiene registros de control diario de paradas de máquina, donde se encuentra la cantidad de reparaciones, tiempos de parada y causa de éstas. Se ha realizado seguimiento a los equipos de la línea de fabricación de sólidos donde se verificó que existen horas máquinas perdidas por diferentes motivos que describiremos a continuación:

a) Falla de equipo: Cuando se presenta una falla mecánica o eléctrica en el equipo que imposibilita su funcionamiento.

b) Mantenimiento Correctivo Externo: Cuando una pieza o el equipo es reparado por terceros dentro de la planta u en otro ambiente externo.

c) Equipo de Apoyo Crítico: Cuando se tiene deficiencia con el abastecimiento de aire comprimido, aire acondicionado, agua destilada, luz eléctrica, etc. que no dan las condiciones necesarias para que el equipo continúe operando en el ambiente asignado.

d) Condiciones de Área: Cuando un área no otorga las condiciones óptimas para operar, es decir cuando no cumple especificaciones como temperatura, humedad relativa, nivel de contaminación, etc.

e) Varios: Cualquier situación que no esté enmarcada dentro de los anteriores.

En la Tabla 11 se visualiza la cantidad de horas de parada de máquina presentadas durante los 3 meses evaluados. Con esa información se ha calculado la cantidad de días perdidos de fabricación que representan esas horas, teniendo como premisa que un día equivale a 8 horas.

Tabla 11. Causa de Paradas de máquina - Año 2012

Equipo	Mes	Causa de Parada de Máquina						Total Horas Perdidas	Promedio Días Perdidos
		Falla de Equipo	Mantenimiento Correctivo Externo	Equipo de Apoyo Crítico	Condiciones de Área	Varios			
Estufa Glatt	Agosto	2.00	10.00	2.00	4.00	0.00	18.00	2.25	
	Setiembre	4.00	3.00	1.00	0.00	0.00	8.00	1.00	
	Octubre	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.63	
Estufa Seraming	Agosto	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	4.00	0.50	
	Setiembre	6.00	0.00	0.00	0.00	1.00	7.00	0.88	
	Octubre	1.00	14.00	0.00	0.00	0.00	15.00	1.88	
Granulador Morandi	Agosto	8.00	10.00	1.00	0.00	0.00	19.00	2.38	
	Setiembre	12.00	5.00	0.00	0.00	0.00	17.00	2.13	
	Octubre	6.00	2.00	0.00	0.00	0.00	8.00	1.00	
Granulador CAM	Agosto	5.00	3.00	0.00	0.00	0.00	8.00	1.00	
	Setiembre	6.00	4.00	0.00	4.00	0.00	14.00	1.75	
	Octubre	7.00	2.50	0.00	0.00	0.00	9.50	1.19	
Tableteadora Riva	Agosto	1.00	3.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.50	
	Setiembre	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.13	
	Octubre	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.88	
Tableteadora Manesty	Agosto	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.75	
	Setiembre	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.38	
	Octubre	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.63	
Tableteadora Sejong	Agosto	4.00	1.00	1.00	0.00	0.00	6.00	0.75	
	Setiembre	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.38	
	Octubre	8.00	3.00	0.00	0.00	0.00	11.00	1.38	
Micropulverizador Summit	Agosto	9.00	0.00	0.00	1.00	0.00	10.00	1.25	
	Setiembre	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.25	
	Octubre	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.44	
Pulverizador Fitzmill	Agosto	1.50	10.00	0.00	0.00	0.00	11.50	1.44	
	Setiembre	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.63	
	Octubre	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00	0.38	

Fuente: La Empresa (2012)

A partir de la información presentada se procede a calcular el promedio de días perdidos por equipo de los 3 meses, donde se destaca que los granuladores y

estufas son los equipos que en promedio paran 1.5 días al mes. En la Tabla 12 se muestra el promedio de días perdidos por equipo.

Tabla 12. Promedio Mensual de Días Perdidos por Equipo - Año 2012

Equipo	Promedio Mensual de Días Perdidos
Granulador Morandi	1.83
Granulador CAM	1.31
Estufa Glatt	1.29
Estufa Seraming	1.08
Tableteadora Sejong	0.83
Pulverizador Fitzmill	0.81
Micropulverizador Summit	0.65
Tableteadora Manesty	0.58
Tableteadora Riva	0.50

Elaboración Propia

Estas paradas por falla de equipo en su mayoría son por la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo, dado que no se cumple con la programación que garantice la máxima disponibilidad operativa de los equipos. Esto ocasiona que la programación de lotes asignados para fabricación no se cumpla y que ante las situaciones de emergencia se destinen horas extras de trabajo por retrasos en la ejecución de la producción.

3.3 Producción

Para la fabricación de sólidos, lo primero que se identifica son las 3 rutas críticas del proceso de granulado: Granulación en Lecho Fluido, Granulación en Lecho Estático y Compresión Directa. El análisis se centra en las 2 primeras rutas ya que procesan el 98% de los productos de fabricación. La granulación por compresión directa no es considerada en el estudio porque es un proceso que pocos productos utilizan.

Inicialmente todo proceso de granulación se realiza en un área o ambiente libre de máquinas que tienen temperatura y humedad controlada, inyección de aire acondicionado y conocido en el rubro farmacéutico como Área de Granulado. Cada ruta crítica posee su propia área de granulado y hacia estas áreas son trasladados los equipos que no tienen ubicación fija. La fase inicial de micropulverizado o pulverizado de materias primas es realizada dentro del área de granulado por los

equipos Summit o Fitzmill. Luego estas materias primas son cargadas a los mezcladores V, Dado o Doble Cono para la obtención de una mezcla inicial. La ruta de lecho fluido tiene una capacidad de mezcla máxima de 100 kilos y la ruta de lecho estático tiene una capacidad de mezcla máxima de 200 kilos. Los mezcladores son utilizados de acuerdo a la cantidad de kilos de la mezcla inicial. Para la fase de tamizado-amasado se procede a descargar la mezcla y junto a otras materias primas se procede a amasar hasta obtener el punto de amasado respectivo. En esta fase dependiendo de la cantidad en kilos de la mezcla existe una Restricción 1, ya que si la granulación es por lecho estático se tendrá que repetir en su mayoría 2 o 3 veces por la capacidad de operación del amasador Ligold de 100 Kilos. Igualmente sucede en la granulación por lecho fluido, debido a que el amasador Stokes tiene una capacidad de procesamiento de 50 kilos como máximo y el promedio de mezcla por lote es 100 kilos.

Dependiendo de la ruta, la mezcla ingresa a la fase de secado, que se realiza en las estufas Glatt o Seraming respectivamente. Se observa una diferencia en el tiempo de secado, debido que en la estufa Glatt dura aproximadamente 1 hora mientras que en la estufa Seraming tiene una duración de 16 horas. Entonces todo proceso de granulado por lecho estático trata de tener la mayor cantidad de mezcla, ya que si se ingresan a secar 100 kilos o 200 kilos, se tendrá la misma duración. La fase de secado en estufa se considera como la Restricción 2.

Luego del secado, una muestra de la mezcla es sometida al análisis de humedad por 30 minutos como máximo. Inmediatamente de recibir la aprobación de humedad por Control de Calidad, la mezcla es retirada de las estufas y conducida a granularse en seco en los equipos llamados granuladores. Se disponen de 2 granuladores: CAM y Morandi, los cuales son indistintos, pudiendo ser usados por cualquier granulado que salga de las estufas Glatt o Seraming. Se observa que el granulador Morandi es un equipo que cada 10 lotes de producción se le aplica una limpieza radical que llega hasta el desarmado del equipo por el área de Mantenimiento, con duración aproximada de 1 o 2 días útiles. Esto produce limitaciones y que algunos lotes puedan quedar en espera por ser ruta crítica del proceso. Un dato importante de esta fase de granulación es que los granuladores procesan 70 Kilos por hora y el tiempo de granulado depende proporcionalmente de la cantidad de kilos de la mezcla. Por tanto la mayoría de veces el granulado que sale de estufa Seraming demora el doble de tiempo que el de lecho fluido. Se

considera parte de la ruta crítica debido a que todas las mezclas salientes de secado deben pasar por los granuladores.

Luego de granulado la mezcla, se carga en su totalidad a los mezcladores para darle la lubricación o mezclado final, agregándole algunas materias primas que permitan que el producto pueda deslizarse fácilmente durante el tableteado. Esta fase de lubricación tiene una duración mínima de 30 minutos y máxima de 1 hora, dependiendo de la cantidad de la mezcla en kilos. Cuando se termina la lubricación en los mezcladores se obtiene el granulado o mezcla final y se concluye el proceso de granulación en general.

En base a las definiciones anteriores se elabora un diagrama Gantt del proceso de granulación húmeda de lecho estático y lecho fluido en la Figura 13. Se observa que la granulación en lecho estático constantemente utiliza horas extras y tiene un promedio de duración de 2 días con lotes de 200 kilos. Para el caso de la granulación en lecho fluido se observa que tiene una duración de 1 día trabajando con lotes de 100 Kilos como máximo. Cabe resaltar que las limpiezas de área son realizadas por personal operario del área de manufactura y personal contratado de limpieza.

Con el granulado final se procede al proceso de compresión o tableteado. Se disponen de 3 tableteadoras. Estas cuentan con punzones, los cuales son utilizados para darle la forma respectiva a la tableta. El tiempo de tableteado depende de la cantidad de punzones hábiles con los que cuente el equipo y de la cantidad de kilos de la mezcla. Los rendimientos de las máquinas son estables pero debido a que no todas las máquinas cuentan con los mismos juegos o tipos de punzones se generan horas extras.

En la Tabla 13 se puede observar la cantidad de productos que se realizan por tableteadora. Cabe resaltar que hace 3 años se adquirió la tableteadora Sejong con 4 juegos de punzones. Las tableteadoras Manesty y Riva contienen los mismos tipos de punzones y esto permite que siempre sean ambas las de mayor tiempo de utilización. En la Tabla 14 se observa que la tableteadora Manesty está dotada de estaciones para 25 punzones, la tableteadora Riva para 18 punzones y la tableteadora Sejong para 15 punzones.

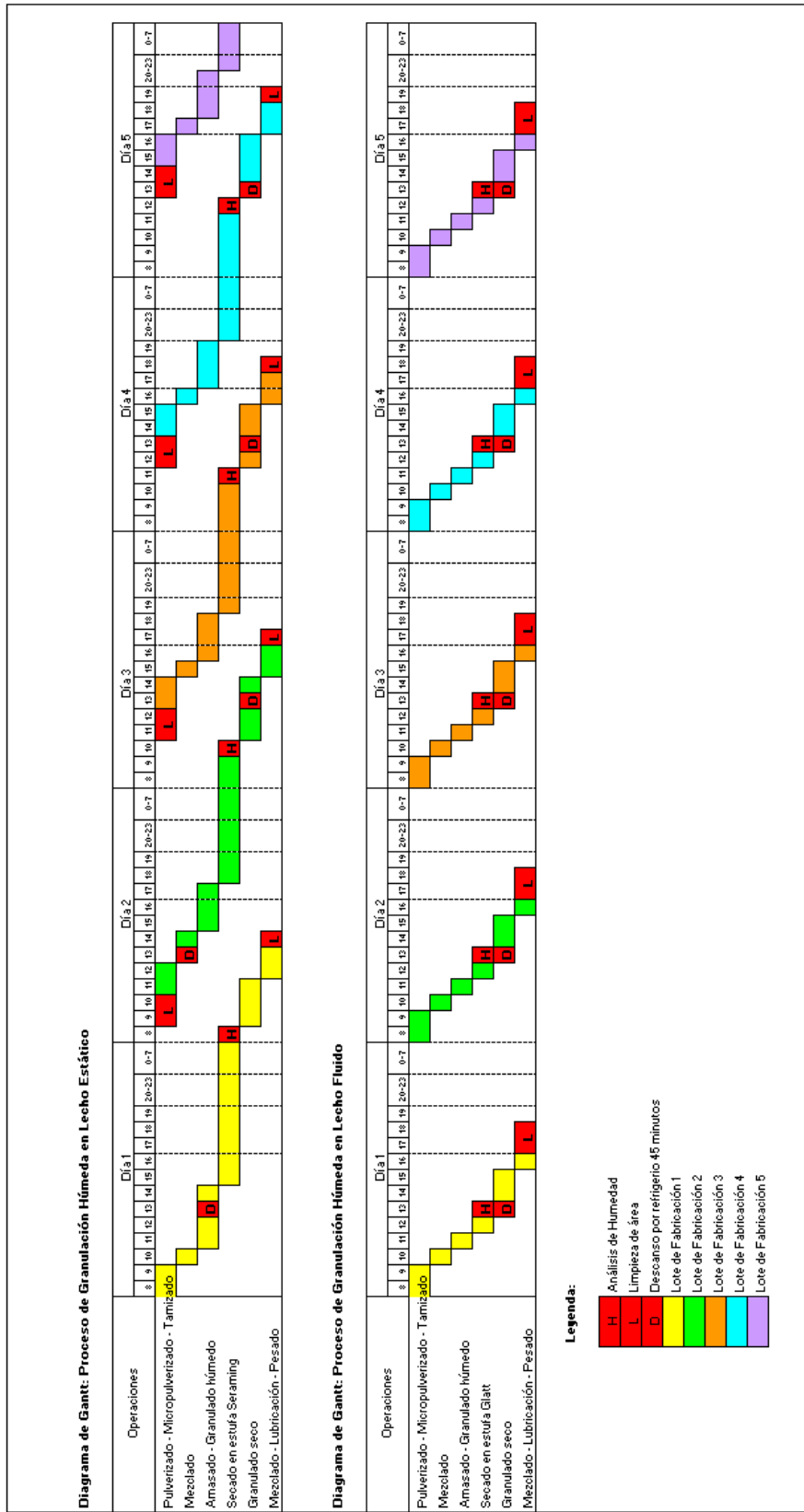


Figura 13. Diagrama de Gantt del Proceso de Granulación Húmeda

Elaboración Propia

Tabla 13. Cantidad de Productos por Tableteadora y Método de Granulación

Tipo de Granulación	Tableteadoras		
	Manesty	Riva	Sejong
Lecho Estático	48	48	16
Lecho Fluido	41	41	17
Seca o Compresión Directa	5	5	2
Total Productos	94	94	35
Total Productos (%)	100%	100%	37%

Elaboración Propia

Tabla 14. Cantidad de Tipos de Punzones y Estaciones por Tableteadora

Especificaciones	Tableteadoras		
	Manesty	Riva	Sejong
Tipo de Punzones	10	10	4
Cantidad de Punzones por Tipo	25	18	15

Fuente: La Empresa (2012)

De los registros de utilización de máquina de la empresa se pudo obtener la información de los 3 meses evaluados, donde se detallan los tiempos de tableteado por equipo (Ver Tablas 15 y 16). Con estos registros se evidencia que la utilización de la tableteadora Sejong es 20% en promedio.

Tabla 15. Tiempo de Tableteado por Equipo - Año 2012

Mes	Tableteadoras			Total en Horas
	Manesty	Riva	Sejong	
Agosto	185.75	122.50	55.00	363.25
Setiembre	157.25	89.75	66.75	313.75
Octubre	156.00	121.25	74.75	352.00

Fuente: La Empresa (2012)

Tabla 16. Tiempo de Tableteado por Equipo en Porcentaje - Año 2012

Mes	Tableteadoras			Total en %
	Manesty	Riva	Sejong	
Agosto	51%	34%	15%	100%
Setiembre	50%	29%	21%	100%
Octubre	44%	34%	21%	100%

Fuente: La Empresa (2012)

Cada lote tableteado requiere de una preparación de máquina de 2.5 horas en promedio y a su término una limpieza radical de 4 horas aproximadamente. Estos tiempos fueron reducidos con la implementación de 5S hace algunos años, pero el tiempo de limpieza sigue siendo excesivo y se demuestra en la Tabla 17. Por todo lo descrito en el proceso de tableteado se tendrá una Restricción 3 por mejorar.

Tabla 17. Tiempo de Set Up Invertido - Año 2012

Mes	Lotes Tableteados	Tiempo Preparación	Tiempo Limpieza	Total Set Up
Agosto	33	83.50	136.50	220.00
Setiembre	31	80.75	127.00	207.75
Octubre	32	84.00	131.25	215.25

Fuente: La Empresa (2012)

En el proceso de laqueado se destacan 2 opciones: laquear en Recubridor Pharmalink o Sejong. La capacidad de estos equipos es de 200 kilos por lo que se tiene holgura suficiente para procesar los lotes programados.

El proceso de grageado tiene una duración aproximada de 5 días y se disponen de los bombos N° 4 y 5 para operación. No es una restricción debido a que es utilizado solamente por 7 productos.

El proceso de encapsulado ha sido optimizado en los últimos años con la adquisición de la encapsuladora automática Sejong, dejando de ser una restricción en el proceso productivo.

En la Figura 14 se muestra el mapa de procesos de manufactura y en la Figura 15 se visualizan las restricciones y rutas críticas de granulación húmeda en la fabricación de sólidos.

3.4 Selección del Problema de Estudio

Para definir el área donde se enfocará el análisis del presente estudio, se realiza una ponderación de los distintos factores o problemas que afectan la productividad de las operaciones de la planta farmacéutica.

Se realiza un listado de los principales problemas definidos por las áreas de Producción, Planeamiento y Mantenimiento.

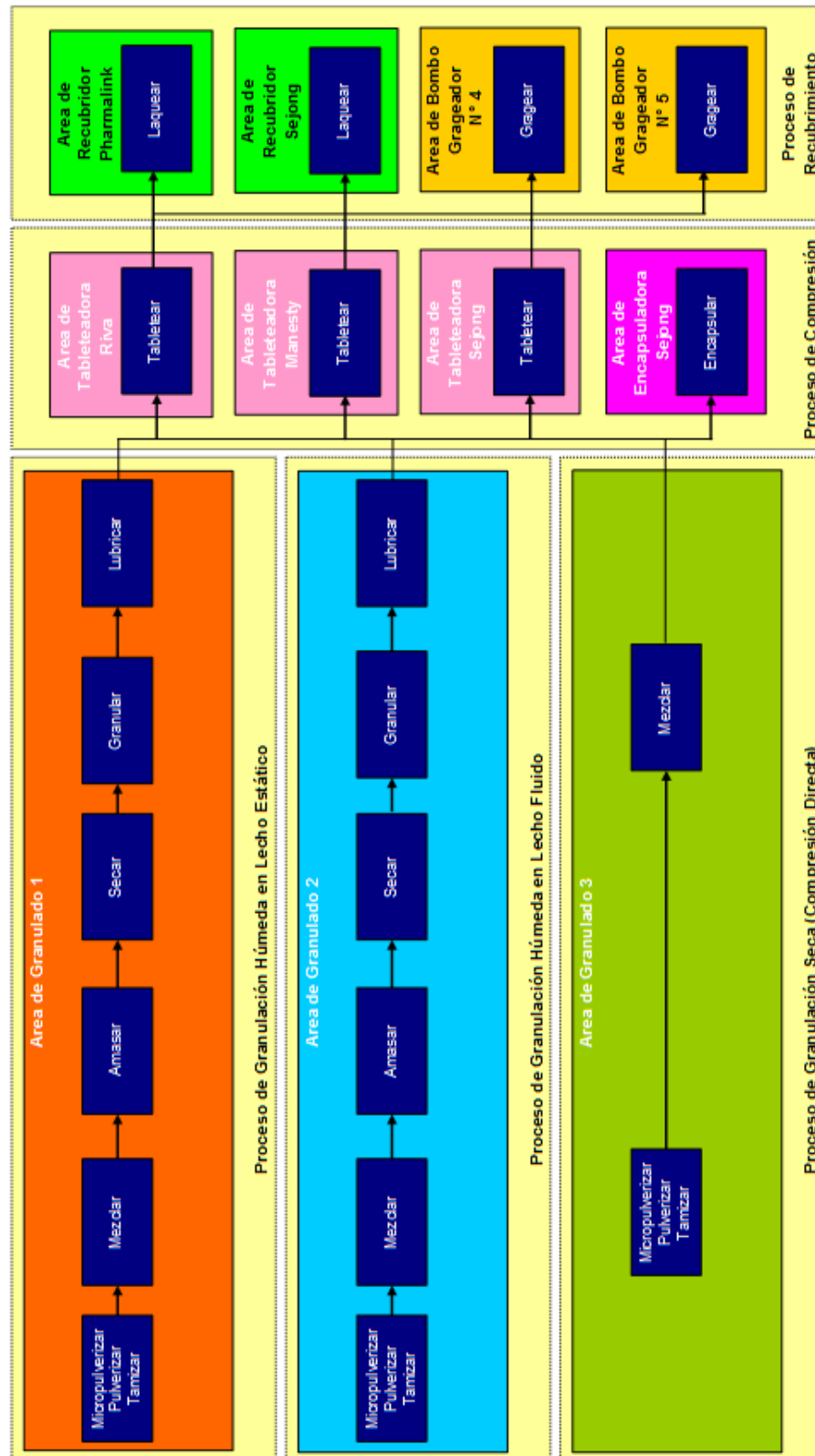


Figura 14. Mapa de Procesos de Manufactura - Línea de Sólidos
Elaboración Propia

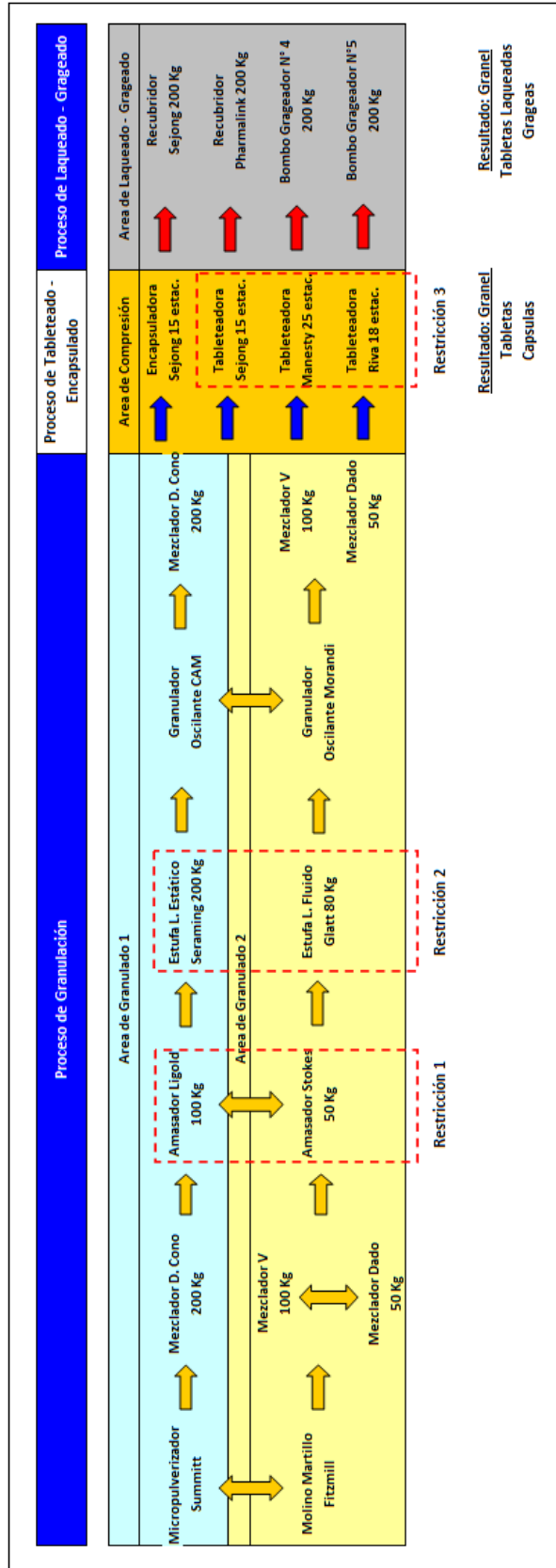


Figura 15. Flujo de Producción y Restricciones de Granulación Húmeda
Elaboración Propia

Se establece en la Tabla 18 una Escala de Calificación de 1 a 4 según el grado de importancia. Se califica con 1 si el grado de importancia es Bajo y 4 como grado de importancia Muy Alto. Posteriormente en la Tabla 19 se hace la clasificación inicial en base al grado de importancia definido por cada área.

Tabla 18. Escala de Calificación de Problemas

Puntaje por Grado de Importancia	
Bajo	1
Regular	2
Alto	3
Muy Alto	4

Elaboración Propia

Teniendo la clasificación inicial de los problemas por grado de importancia, se procede a seleccionar los 5 problemas de mayor puntaje. Para evaluar los problemas que se atacarán se realiza una ponderación en distintos factores. Los factores a ser analizados son:

1. Cumplimiento con el Cliente
2. Ahorro en Uso de Recursos
3. Factibilidad de Implantación de la Mejora

El factor de Cumplimiento con el Cliente es muy importante para la empresa, ya que de esta manera garantiza una entrega a tiempo de los productos a sus clientes. Si alguna de las áreas demora en el cumplimiento de los plazos, se afecta directamente a la siguiente en su plazo.

El factor de Ahorro en Uso de Recursos está ligado a la productividad que pueda tener las áreas de producción, donde se busca permanentemente reducir costos y optimizar el uso de los recursos que permitan hacer más eficientes el desarrollo de sus procesos y así brindarle al cliente un producto competitivo de alta calidad.

El factor de Factibilidad de Implantación de la Mejora está enfocado en la factibilidad de la solución en tiempo y costo para la empresa. También se considera la dependencia e involucramiento de las áreas para llegar a la solución.

En base a los factores evaluados anteriormente se procede a ponderar a cada uno de ellos con el fin de evaluar los problemas e identificar el que necesita mayor

Tabla 19. Clasificación de Problemas por Área

N°	LISTA DE PROBLEMAS	AREAS			
		Planeamiento	Mantenimiento	Producción	TOTAL
1	Cuellos de botella en las rutas críticas de granulación	4	1	3	8
2	Capacidad de fabricación insuficiente con la demanda proyectada	4	1	2	7
3	Falta de materias primas en el momento oportuno retrasan la liberación de órdenes de fabricación	3	1	2	6
4	Tiempo excesivo en la preparación y limpieza de tableteadoras	1	1	4	6
5	Incumplimiento y reprogramación del programa de fabricación de sólidos	2	1	3	6
6	Tiempos estándares históricos de producción desactualizados	2	1	2	5
7	Falta de mantenimiento preventivo genera horas perdidas de fabricación	1	3	1	5
8	Urgencias en la programación afectan la secuencia de las operaciones	2	1	1	4
9	Retraso en las aprobaciones de granel afectan el inicio del envasado	2	1	1	4
10	Utilización de horas extras en la fabricación	1	1	2	4

Elaboración Propia

atención durante el estudio. Se procede nuevamente a calificar entre 1 y 4 puntos a cada uno de los problemas por grado de importancia. A su vez se otorga un peso ponderado a cada factor de acuerdo a las políticas de la empresa. Según lo planteado, se califica a cada uno de los problemas obteniéndose los resultados finales en la Tabla 20.

Por el resultado obtenido se define que los 3 problemas principales a mejorar en el estudio son: Cuellos de botella en las rutas críticas de granulación (26%), Capacidad de fabricación insuficiente con la demanda proyectada (23%) y Tiempo excesivo en la preparación y limpieza de tableteadoras (18%).



Tabla 20. Matriz de Selección del Problema más Importante en base a Factores

N°	Lista de Problemas	Cumplimiento con el Cliente	Ahorro en Uso de Recursos	Factibilidad de Implantación de Mejora	Puntaje Total	Orden de Importancia del Problema
		PESO 35%	PESO 40%	PESO 25%		
1	Incumplimiento y reprogramación del programa de fabricación de sólidos	3	2	2	2.35	4°
		1.05	0.80	0.50		
2	Capacidad de fabricación insuficiente con la demanda proyectada	4	3	2	3.10	2°
		1.40	1.20	0.50		
3	Falta de materias primas en el momento oportuno retrasan la liberación de órdenes de fabricación	2	2	2	2.00	5°
		0.70	0.80	0.50		
4	Tiempo excesivo en la preparación y limpieza de tableteadoras	2	3	2	2.40	3°
		0.70	1.20	0.50		
5	Cuellos de botella en las rutas críticas de granulación	3	4	3	3.40	1°
		1.05	1.60	0.75		

Elaboración Propia

CAPITULO 4. Propuestas de Mejora

Luego de identificados los principales problemas en el área de fabricación de sólidos, se procederá a proponer mejoras a través de distintas herramientas que permitan mejorar la productividad de la planta.

4.1 Aplicación de Balance de Cargas y Maximización de Capacidades de Equipos

En el proceso de granulación húmeda se tienen 2 rutas de fabricación definidas:

1. Granulación en Lecho Fluido
2. Granulación en Lecho Estático

La primera ruta está compuesta por lotes de 100 Kilos como máximo y la Restricción 1 se encuentra en el proceso de amasado, ya que los lotes realizan 2 veces esta operación porque utilizan el amasador Stokes de 50 Kilos de capacidad. La segunda ruta está compuesta por lotes de 200 kg como máximo y la Restricción 1 es en el proceso de amasado, ya que los lotes realizan 2 veces esta operación debido a que utilizan el amasador Ligold de 100 kilos de capacidad.

El primer paso es definir la estrategia de producción, la cual se centrará en estandarizar los tamaños de lote. Se debe estandarizar las cargas de 100 kilos y 200 kilos respectivamente por ruta, a fin de maximizar el uso de la capacidad de los equipos. Esto permitirá que los lotes de producción solamente varíen en unidades de acuerdo al peso de la tableta, pero que siempre en la granulación se maneje la misma carga, lo que llevará a obtener una mayor destreza en el desarrollo de las operaciones.

Es importante definir que la Restricción 1 presente en el amasado es una operación manual a pesar de utilizar maquinaria, ya que para alcanzar el punto de amasado óptimo depende mucho de la destreza y conocimiento del operario. En el caso de la granulación por lecho estático tiene una duración de 3 horas para una carga de 200 kilos. En la granulación por lecho fluido el amasado tiene una duración de 1 hora. En las Tablas 21 y 22 se pueden visualizar el detalle de las operaciones que se ejecutan en el amasado por cada ruta crítica. El tiempo de amasado en la ruta de lecho estático es 3 veces más que el tiempo en lecho fluido.

Tabla 21. Proceso de Amasado de 200 Kg. en Granulación por Lecho Estático

N°	Operación	Equipo	Tiempo
1	Descarga de mezcla	Mezclador D. Cono	40 min.
2	Preparar solución aglutinante	Agitador CAM	10 min.
3	Carga de mezcla N° 1	Amasador Ligold	10 min.
4	Amasar mezcla N° 1	Amasador Ligold	35 min.
5	Descarga de mezcla N° 1	Amasador Ligold	20 min.
6	Carga de mezcla N° 2	Amasador Ligold	10 min.
7	Amasar mezcla N° 2	Amasador Ligold	35 min.
8	Descarga de mezcla N° 2	Amasador Ligold	20 min.

Tiempo Total = 180 min. = 3 horas

Elaboración Propia

Tabla 22. Proceso de Amasado de 100 Kg. en Granulación por Lecho Fluido

N°	Operación	Equipo	Tiempo
1	Descarga de mezcla	Mezclador V	15 min.
2	Preparar solución aglutinante	Agitador CAM	5 min.
3	Carga de mezcla N° 1	Amasador Stokes	5 min.
4	Amasar mezcla N° 1	Amasador Stokes	10 min.
5	Descarga de mezcla N° 1	Amasador Stokes	5 min.
6	Carga de mezcla N° 2	Amasador Stokes	5 min.
7	Amasar mezcla N° 2	Amasador Stokes	10 min.
8	Descarga de mezcla N° 2	Amasador Stokes	5 min.

Tiempo Total = 60 min. = 1 hora

Elaboración Propia

Para reducir el tiempo de amasado más largo en lecho estático se sugiere la implementación de un Granulador Húmedo con capacidad de 200 Kilos. Esto permitiría que el amasado sea automático, teniendo un tiempo de 15 minutos como máximo para una mezcla de 200 kilos. La descarga de la mezcla es automática y demora tan sólo 5 minutos. El cargado de la mezcla sería manual y realizado por el operario. El proceso de limpieza del equipo es manual con una duración de 1 hora, siendo mayor en sólo 15 minutos al tiempo de limpieza actual del Amasador Ligold de 45 minutos. En la Figura 16 se presenta al equipo mencionado y se adjunta su

cotización en el anexo 1. Estos nuevos equipos han venido implementándose en varios laboratorios farmacéuticos del país en los últimos años, lo que garantiza el uso y el respaldo de la marca Longchang Machinery Manufacturing Company como fabricante de procedencia china.



Figura 16. Granulador Húmedo Longchang con capacidad de 200 Kg.

Elaboración Propia

Con la implementación del granulador húmedo en reemplazo del amasador Ligold, se estaría reduciendo significativamente en 60% el tiempo de amasado. En la Tabla 23 se visualiza el detalle de las operaciones con el granulador húmedo.

Tabla 23. Nuevo Proceso de Amasado en Granulador Húmedo (200 Kg.) – Granulación por Lecho Estático

N°	Operación	Equipo	Tiempo
1	Descarga de mezcla	Mezclador D. Cono	40 min.
2	Preparar solución aglutinante	Agitador CAM	5 min.
3	Carga de mezcla	Granulador Húmedo	10 min.
4	Amasar mezcla	Granulador Húmedo	15 min.
5	Descarga de mezcla	Granulador Húmedo	5 min.

Tiempo Total = 75 min. = 1.25 hora

Elaboración Propia

Como consecuencia de la mejora en el proceso de granulación en lecho estático, se procedería a utilizar el Amasador Ligold (100 Kilos) en reemplazo del Amasador Stokes (50 Kilos) en la granulación en lecho fluido. Esto permitiría reducir un 25% el tiempo de amasado, ya que solamente se haría una sola carga con duración de 45 minutos. En la Tabla 24 se observa las operaciones del nuevo proceso de amasado en lecho fluido.

Tabla 24. Nuevo Proceso de Amasado en Granulación por Lecho Fluido

N°	Operación	Equipo	Tiempo
1	Descarga de mezcla	Mezclador V	15 min.
2	Preparar solución aglutinante	Agitador CAM	5 min.
3	Carga de mezcla	Amasador Ligold	5 min.
4	Amasar mezcla	Amasador Ligold	15 min.
5	Descarga de mezcla	Amasador Ligold	5 min.

Tiempo Total = 45 min. = 0.75 hora

Elaboración Propia

De esta manera con las propuestas de amasado en ambas rutas críticas se estaría mejorando el flujo de producción en la Restricción 1 y balanceándose las cargas de las mezclas en esa fase del proceso de granulación.

4.2 Sistema de Cribado de Bandejas en Estufa de Lecho Estático

El siguiente paso consiste en evaluar la Restricción 2, donde se ha identificado que el proceso de secado en la ruta de lecho estático es 16 horas. La estufa Seraming es un equipo de secado por convección de aire, el cual transmite calor a las 60 bandejas de acero inoxidable 18/8 – AISI 304 ubicadas dentro. Está dotada de 5 resistencias independientes, 3 de 4000 Watts y 2 de 3000 Watts (Ver Figura 17). La potencia es de 18,000 Watts.

En una charla con el proveedor VC Seraming S.C.R.L. se le comentó que en una visita realizada a otros laboratorios farmacéuticos se observó que el tiempo de secado en una estufa de lecho estático era solamente de 6 horas, mucho menor que el tiempo actual que se demora el equipo en planta. El proveedor indicó que se debía a que las bandejas de secado, habían sido cribadas, es decir contenían orificios que permitían que el calor se transmita directamente al producto por la

parte inferior, lo que hacía que el tiempo de secado de los gránulos sea menor. Ante lo expuesto anteriormente, se solicitó una cotización al proveedor (Anexo 2) para instalar un sistema de cribado en las 60 bandejas con el fin de reducir el tiempo de secado de 16 horas a 6 horas. Mediante la implementación de este sistema de cribado también se tendría un ahorro en el consumo de energía.



Figura 17. Estufa de Secado de Lecho Estático Seraming

Fuente: La Empresa

Asimismo viendo la proyección a futuro de la planta, de reducirse el período de secado a 6 horas, se tendría la posibilidad de realizar un doble turno en la ruta de lecho estático y poder así lidiar con la demanda creciente de productos nuevos. En la Figura 18 se muestra la vista horizontal de una bandeja cribada. De esta manera con la propuesta del sistema de cribado de bandejas se estaría optimizando la Restricción 2. En la Figura 19 se muestra el Diagrama de Gantt propuesto para la granulación húmeda en lecho estático.

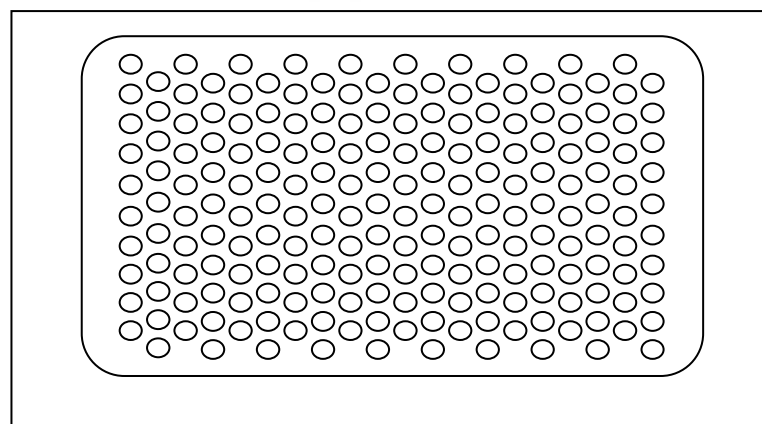


Figura 18. Sistema de Cribado de Bandejas de Acero Inoxidable - Estufa Seraming

Elaboración Propia

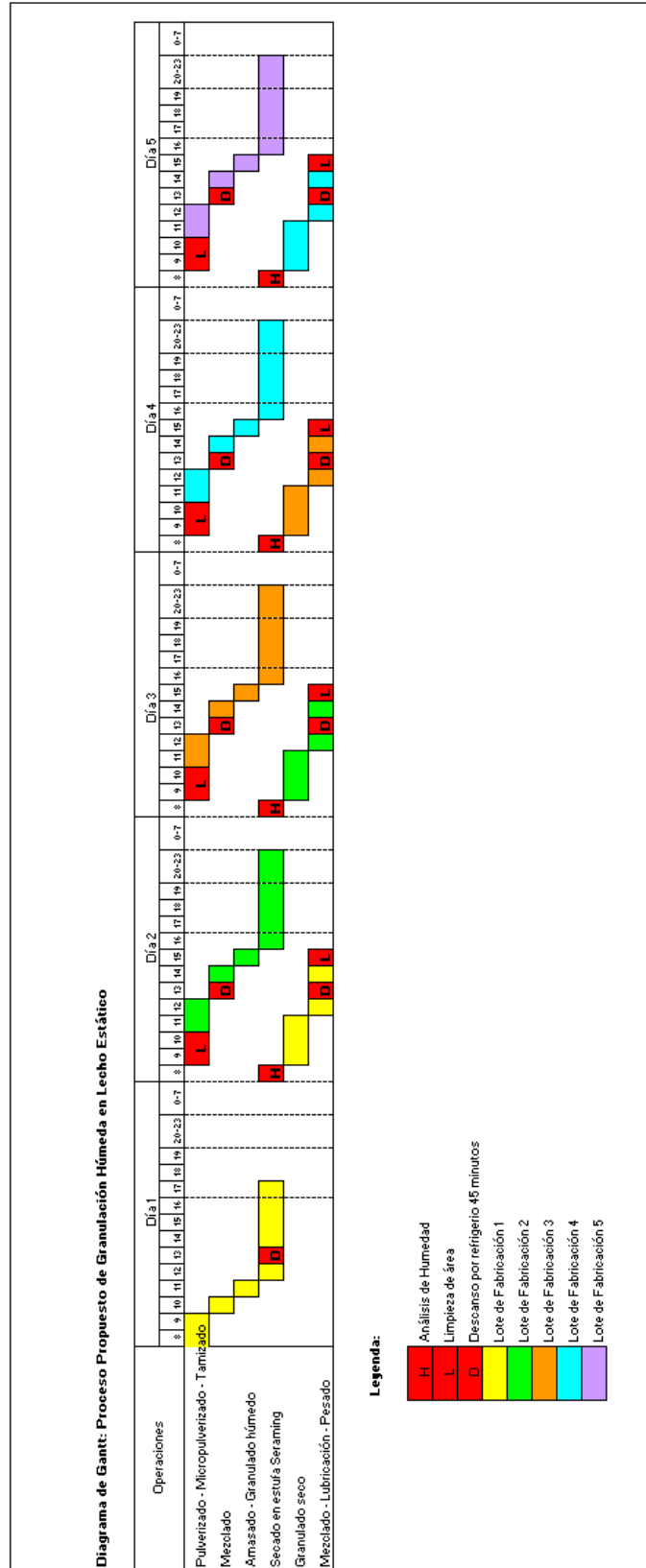


Figura 19. Diagrama de Gantt Propuesto del Proceso de Granulación Húmeda en Lecho Estático

Elaboración Propia

4.3 Adquisición de Punzones para el Centro de Trabajo de Tableteado

El centro de trabajo de Tableteado está compuesto por las 3 tableteadoras: Sejong, Manesty y Riva. En la Tabla 25 se presenta los rendimientos teóricos y reales de cada una de las máquinas. En una observación de varios lotes se pudo comprobar que el rendimiento nominal tiende a caer, debido a que los operarios trabajan con las velocidades sugeridas por Mantenimiento, a fin de no forzar el funcionamiento de los equipos y prolongar su vida útil. Asimismo existe una variabilidad en los rendimientos ya que hay productos que trabajan con velocidades diferentes por sus características en el granulado. Si se llega a incrementar la velocidad se estaría generando mermas y se tendría menor cantidad de tabletas.

Tabla 25. Rendimientos de Tableteadoras

Equipo	Rendimiento Teórico / Hora	Rendimiento Mínimo	Eficiencia	Rendimiento Máximo	Eficiencia
Tableteadora Sejong	63,000	25,200	40%	44,100	70%
Tableteadora Riva	60,000	27,000	45%	42,000	70%
Tableteadora Manesty	75,000	34,500	46%	52,500	70%

Elaboración Propia

Como se demostró anteriormente la tableteadora Sejong tiene solamente un 20% de uso promedio durante los meses muestreados. Esto debido a que solamente puede trabajar productos que correspondan a los 4 juegos de punzones que dispone.

En la actualidad se disponen de 10 juegos de punzones con los que se trabajan en su totalidad los 94 productos de sólidos. Ambas tableteadoras Manesty y Riva disponen de los 10 juegos, lo que favorece que siempre estén disponibles y sean la primera opción para todos los productos. En el caso de la tableteadora Sejong solo está disponible para 35 productos.

En la Tabla 26 se presentan los tipos o juegos de punzones que disponen las tableteadoras Manesty, Riva y Sejong y la cantidad de productos que se trabajan con cada uno de estos equipos. Sobresalen los juegos de punzones que trabajan hasta 13 productos como máximo y también los juegos de punzones que trabajan como mínimo 6 productos.

Tabla 26. Tipos de Punzones por Tableteadoras

N°	Forma Punzón	D	L	A	Ranura	Impresión	Cantidad de Productos	Riva - Manesty	Sejong
1	Redondo Concavo	5			No	No	11	X	X
2	Redondo Semiconcavo	7			Si (Superior)	No	9	X	X
3	Redondo Plano biselado	9			Si (Superior)	No	9	X	X
4	Redondo Concavo Profundo	10			No	No	6	X	X
5	Redondo Semiconcavo	13			No	No	10	X	
6	Redondo Semiconcavo	10			Si (Superior)	No	7	X	
7	Oval Concavo	N.A	18	8.5	Si (Superior)	No	13	X	
8	Oval Concavo	N.A	18	8.5	Si (Superior)	Sí	10	X	
9	Capsular concavo	NA	18	8.5	Si (Superior)	No	8	X	
10	Redondo plano biselado	13			Si (Superior)	No	11	X	

94	94	35
----	----	----

Leyenda: D: Diámetro, L: Longitud, A: Ancho

Elaboración Propia

Ante esta situación, se propone la fabricación de los 6 juegos restantes de punzones para la tableteadora Sejong. Con esto se estaría teniendo la posibilidad de incrementar su uso, ya que se podrían tabletear 59 productos más. Inclusive se sugiere que con ese nuevo escenario se inicie el tableteado de un producto en 2 tableteadoras a la vez, a fin de reducir el tiempo de tableteado del producto. Esta propuesta se aplicaría especialmente a los lotes que tienen la ruta crítica de granulación en lecho estático y que por sus características de granulado representan mayor cantidad de tabletas o unidades.

4.4 Reducción del Tiempo de Limpieza de Tableteadoras con SMED

Los tiempos de limpieza y preparación de equipos son parte indispensable del proceso de producción, especialmente en el área de tableteado y envasado. El tiempo de preparación se enfoca en el armado del equipo que se caracteriza por la gran variedad de juego de punzones existentes y que hacen que el tiempo sea elevado. El tiempo de limpieza está referido al despeje de línea y desarmado del equipo para su lavado. Ambas actividades son una de las causas más comunes de parada porque la industria farmacéutica es bastante exigente especialmente en la limpieza, dado que no puede quedar ningún rastro de granulado del producto anterior que se procesó, de lo contrario se generaría una contaminación cruzada que sería perjudicial para la salud humana. Existen procedimientos de limpieza bastante exigentes que son auditados constantemente por los químicos

farmacéuticos del área, especialmente el personal de Control en Procesos. Se evalúa el tiempo de limpieza de tableteadoras dado que es más relevante que los tiempos de armado de máquinas. El armado de máquina de las tableteadoras tiene una duración de 2.5 horas como máximo. Las limpiezas duran en promedio 4 horas, es decir la mitad del tiempo disponible del turno de trabajo. Se ha realizado un resumen de todas las operaciones que involucran la limpieza de tableteadoras y se presentan en las Tablas 27, 28 y 29.

Tabla 27. Tiempo de Limpieza de la Tableteadora Manesty

N°	Operaciones	Categoría		Tiempo	Operario Asignado
		Interna	Externa		
1	Bajar y sacar tachos de la sala	X		10 min.	Producción
2	Desmontar partes exteriores del equipo	X		35 min.	Producción
3	Desmontar matricería	X		30 min.	Producción
4	Aspirar equipo y sala	X		10 min.	Producción
5	Limpiar equipo	X		50 min.	Producción
6	Llevar utensilios y piezas al lavadero	X		5 min.	Producción
7	Lavar piezas y utensilios	X		45 min.	Producción
8	Secar piezas y utensilios	X		15 min.	Producción
9	Montaje de piezas básicas	X		30 min.	Producción
10	Limpieza de sala	X		40 min.	Limpieza
Total Tiempo de Limpieza				270 min. = 4.50 horas	

Elaboración Propia

Tabla 28. Tiempo de Limpieza de la Tableteadora Riva

N°	Operaciones	Categoría		Tiempo	Operario Asignado
		Interna	Externa		
1	Bajar y sacar tachos de la sala	X		10 min.	Producción
2	Desmontar partes exteriores del equipo	X		28 min.	Producción
3	Desmontar matricería	X		25 min.	Producción
4	Aspirar equipo y sala	X		10 min.	Producción
5	Limpiar equipo	X		40 min.	Producción
6	Llevar utensilios y piezas al lavadero	X		5 min.	Producción
7	Lavar piezas y utensilios	X		40 min.	Producción
8	Secar piezas y utensilios	X		15 min.	Producción
9	Montaje de piezas básicas	X		25 min.	Producción
10	Limpieza de sala	X		40 min.	Limpieza
Total Tiempo de Limpieza				238 min. = 3.96 horas	

Elaboración Propia

Tabla 29. Tiempo de Limpieza de la Tableteadora Sejong

N°	Operaciones	Categoría		Tiempo	Operario Asignado
		Interna	Externa		
1	Bajar y sacar tachos de la sala	X		10 min.	Producción
2	Desmontar partes exteriores del equipo	X		26 min.	Producción
3	Desmontar matricería	X		22 min.	Producción
4	Aspirar equipo y sala	X		10 min.	Producción
5	Limpiar equipo	X		35 min.	Producción
6	Llevar utensilios y piezas al lavadero	X		5 min.	Producción
7	Lavar piezas y utensilios	X		35 min.	Producción
8	Secar piezas y utensilios	X		15 min.	Producción
9	Montaje de piezas básicas	X		20 min.	Producción
10	Limpieza de sala	X		40 min.	Limpieza
Total Tiempo de Limpieza				218 min. = 3.63 horas	

Elaboración Propia

Se ha observado durante la estadía en planta a 15 lotes, específicamente 5 lotes por tableteadora, que la metodología de trabajo es la misma en cada tableteadora, y lo único que cambia es la dificultad para el desarme de la matricería (incluye los punzones y prisioneros) dado que se tienen diferencias en la cantidad de punzones (24, 18 y 15) por cada tableteadora. Asimismo se observa que la operación 5 Limpiar equipo, es una operación que consiste en la limpieza de toda la parte exterior e interior del equipo, donde se utilizan paños con detergente para la limpieza. Luego de esto se coloca alcohol etílico por todas las partes del equipo. Esta actividad que se realiza no necesita de conocimientos específicos ni tiene un alto grado de dificultad.

La propuesta de mejora según SMED apunta a que sea el operario de limpieza asignado al área quien realice la limpieza comentada anteriormente. Eso permitiría que el operario de producción se dedique al lavado de los utensilios y matricería de la tableteadora en paralelo. En resumen se estaría solapeando la operación N° 5 con las operaciones N° 6 y 7. Esto generaría un ahorro de 50, 40 y 35 minutos por cada limpieza de tableteadora. El tiempo de ahorro estaría destinado para tabletear más lotes y obtener mayor producción en unidades. En las Tablas 30, 31 y 32 se presentan gráficamente la propuesta de Solapear Operaciones para cada tableteadora de acuerdo a los tiempos de limpieza definidos.

Tabla 30. Solapear Operaciones en Tiempo de Limpieza de Tableteadora Manesty

N°	Operaciones	Tiempo en Minutos
5	Limpiar equipo	50 min.
6	Llevar utensilios y piezas al lavadero	5 min.
7	Lavar piezas y utensilios	45 min.
8	Secar piezas y utensilios	15 min.
9	Montaje de piezas básicas	30 min.
10	Limpieza de sala	40 min.

Elaboración Propia

Tabla 31. Solapear Operaciones en Tiempo de Limpieza de Tableteadora Riva

N°	Operaciones	Tiempo en Minutos
5	Limpiar equipo	40 min.
6	Llevar utensilios y piezas al lavadero	5 min.
7	Lavar piezas y utensilios	40 min.
8	Secar piezas y utensilios	15 min.
9	Montaje de piezas básicas	25 min.
10	Limpieza de sala	40 min.

Elaboración Propia

Tabla 32. Solapear Operaciones en Tiempo de Limpieza de Tableteadora Sejong

N°	Operaciones	Tiempo en Minutos
5	Limpiar equipo	35 min.
6	Llevar utensilios y piezas al lavadero	5 min.
7	Lavar piezas y utensilios	35 min.
8	Secar piezas y utensilios	15 min.
9	Montaje de piezas básicas	20 min.
10	Limpieza de sala	40 min.

Elaboración Propia

En el área de fabricación se dispone de 2 operarios de limpieza los cuales se dedican a los diferentes lavados de salas. Con la propuesta se estaría incrementando en 1 persona de limpieza más a fin de no tener tiempos de espera de lavado de equipos, teniendo siempre en cuenta en priorizar el lavado de la tableteadora entre sus todas sus actividades. En la Tabla 33 se presentan los

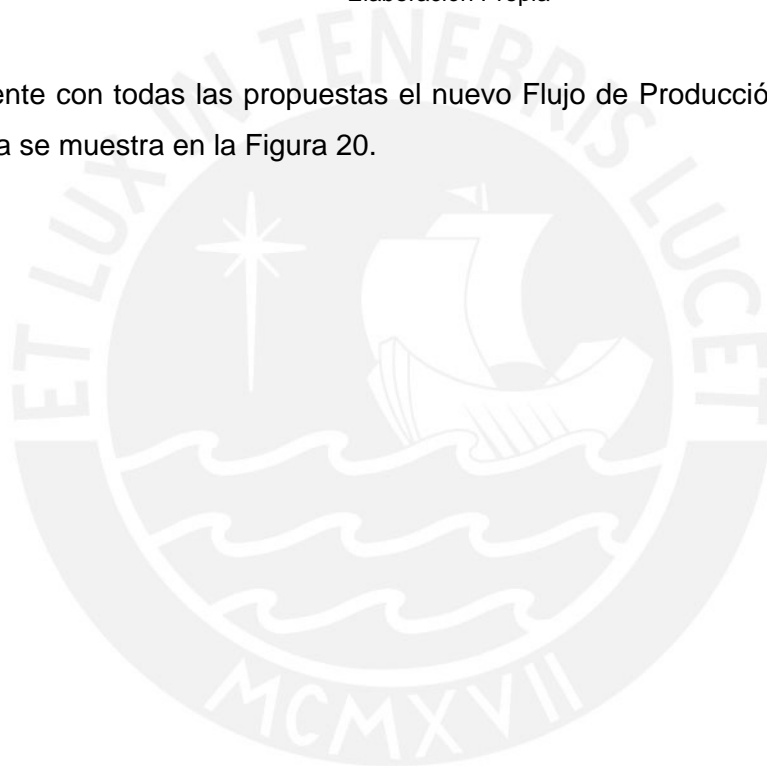
nuevos tiempos de limpieza con la implementación de la propuesta de solapeo de operaciones.

Tabla 33. Tiempo Propuesto de Limpieza de Tableteadoras

Equipo	Tiempo de Limpieza en Minutos	
	Antes	Después
Tableteadora Manesty	270	220
Tableteadora Riva	238	198
Tableteadora Sejong	218	183

Elaboración Propia

Finalmente con todas las propuestas el nuevo Flujo de Producción de Granulación Húmeda se muestra en la Figura 20.



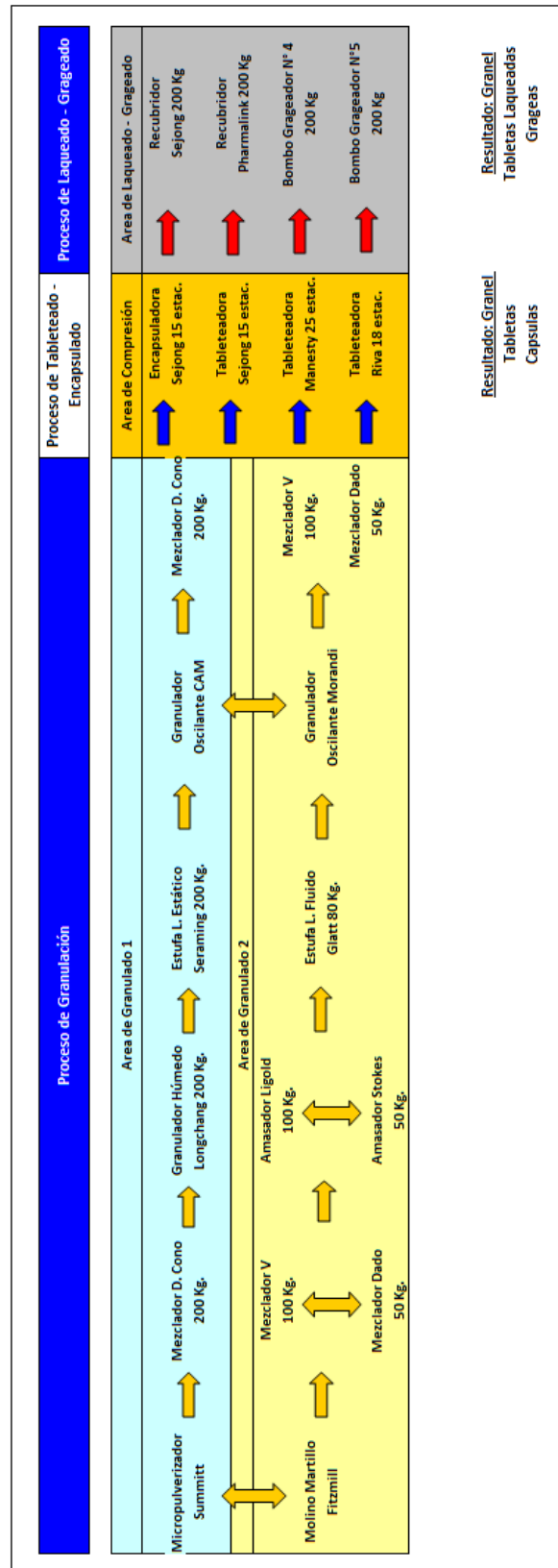


Figura 20. Flujo de Producción Propuesto de Granulación Húmeda
Elaboración Propia

CAPITULO 5. Impacto Económico

5.1 Impacto Económico de la Reducción del Tiempo de Granulado en Lecho Estático

La implementación del Granulado Húmedo y el Sistema de Cribado en la ruta crítica de granulación en lecho estático permitirá incrementar la producción en esa ruta, dado que antes era totalmente nula la posibilidad de incrementar un segundo turno porque la estufa Seraming secaba el granulado durante 16 horas (toda la noche).

Esto repercutía que en ocasiones por una demanda creciente, se dejaran de fabricar algunos lotes. La adquisición del granulador húmedo requiere la capacitación del personal operativo para su uso correcto. En la tabla 34 se presentan los costos a incurrir para la implementación de esta mejora. En el Anexo 3 se aprecia un cálculo aproximado del costo de importación del granulador húmedo.

Tabla 34. Costos de Implementación de Mejora en Granulación de Lecho Estático

Ítem	Frecuencia	Costo (S/.)
Granulador Húmedo Longchang	Única vez	71,500.00
Adecuación de Área para Granulador Húmedo	Única vez	2,500.00
Sistema de Cribado de Bandejas - Estufa Seraming	Única vez	15,340.00
Mantenimiento Preventivo Granulador Húmedo	Anual	1,000.00
Plan de Capacitación de Operarios de Producción	Única vez	800.00
Tipo de Cambio 2.60		91,140.00

Elaboración Propia

Considerando las mejoras se estaría incrementando la productividad, ya que se trabajarían con lotes estándares de 200 kilos y el lead time de producción se reduciría de 27 horas a solo 15 horas por lote. Esto permitirá incrementar la capacidad de producción, pudiendo realizar 22 lotes más si se implementará un turno adicional nocturno de 8 horas. En las tablas 35 y 36 se muestran la capacidad de fabricación actual a doble turno y la nueva capacidad de sólidos que se tendría.

Tabla 35. Capacidad Actual de Fabricación de Sólidos a doble turno

Capacidad de Fabricación	Lotes por Turno	Turnos por Día	Días por Mes	Lotes por Mes
Granulación en Lecho Estático	1	1	22	22
Granulación en Lecho Fluido	1	2	22	44
				66

Elaboración Propia

Tabla 36. Nueva Capacidad de Fabricación de Sólidos a doble turno

Capacidad de Fabricación	Lotes por Turno	Turnos por Día	Días por Mes	Lotes por Mes
Granulación en Lecho Estático	1	2	22	44
Granulación en Lecho Fluido	1	2	22	44
				88

Elaboración Propia

Los 22 lotes nuevos de 200 kilos que se podrán granular en la ruta de lecho estático permitirán obtener mayor cantidad de tabletas a futuro, permitiendo lidiar con las fluctuaciones de la demanda creciente en el corto plazo y establecer las estrategias para afrontar dichas variaciones. Con estos datos en la Tabla 37 se presenta el impacto en la producción que se estaría generando con la propuesta.

Tabla 37. Producción Futura de Tabletadas en Granulación por Lecho Estático

Lotes Granulados por Mes (Turno Adicional)	22
Tamaño de Lote Equivalente (Unidades)	250,000
Producción Adicional de Tabletadas por Mes	5'500,000
Costo de producción mínimo por Tableta (S/.)	0.05
Beneficio Adicional de Tabletadas por Mes (S/.)	275,000
Producción Adicional de Tabletadas por Año	66'000,000
Beneficio Adicional de Tabletadas por Año (S/.)	3'300,000

Elaboración Propia

Ahora como el proceso de secado se redujo de 16 horas a 6 horas, se estaría ahorrando 10 horas de secado. El costo de energía en la Estufa Seraming es considerable ya que el equipo tiene una potencia de 18,000 watts por hora. La tarifa a considerar es la MT3 vigente que cobra por consumo (kWh) Edelnor S.A. Se disponen de costos fuera de punta y en hora punta. El período de horas punta está

comprendido entre las 18:00 a 23:00 y tiene un costo de S/. 0.1588 (kWh). Para el cálculo se utiliza el costo menor de fuera de horas punta S/. 0.1365 (kWh). En la Tabla 38 se muestra el costo de energía eléctrica que se estaría ahorrando mensual por cada 22 lotes que se trabajan en la estufa.

Tabla 38. Ahorro Mensual en Energía Eléctrica –Estufa Seraming

Potencia por hora	Horas de Uso	Consumo por Lote (kWh)	Costo kWh (S/.)	Lotes por Mes	Ahorro por Mes (S/.)	Ahorro Anual (S/.)
18 kW	10	180	0.1365	22	540.54	6,486.50

Tarifa MT3: Energía Fuera Horas Punta

Elaboración Propia

También se genera un ahorro en horas hombre, ya que el tiempo de amasado en lecho estático se redujo de 3 horas a 1.25 horas hombre y en lecho fluido se ahorra 0.25 horas hombre por lote. En la Tabla 39 se encuentra el ahorro generado en horas hombre.

Tabla 39. Ahorro Mensual en Horas Hombre (H-H) en Granulación

H-H por Lote	Lotes por Mes	H-H por Mes	Costo H-H (S/.)	Ahorro por Mes (S/.)	Ahorro Anual (S/.)
2.00	22	44.00	11.00	484.00	5,808.00

Elaboración Propia

Asimismo se observó que se tienen un promedio de 200 horas hombre extras mensuales que se consumen en el proceso de granulación. Estas horas pertenecen en un 95% a la ruta de lecho estático. En la Tabla 40 se encuentra el ahorro que se genera en horas hombre extras.

Tabla 40. Ahorro Mensual en Horas Hombre (H-H) Extras en Granulación por Lecho Estático

Promedio H-H Extras por Mes	H-H Extras 95% (G. Lecho Estático)	Costo H-H Extra (S/.)	Ahorro por Mes (S/.)	Ahorro Anual (S/.)
200	190	12.50	2375.00	28,500.00

Elaboración Propia

5.2 Impacto Económico de la Adquisición de Punzones y Reducción del Tiempo de Limpieza de Tableteadoras

Actualmente la tableteadora Sejong tiene 4 juegos o tipos de punzones disponibles. Con la implementación de 6 juegos de punzones se estaría trabajando 59 productos más, lo que permitiría reducir los tiempos de tableteado y evitar alguna cola de espera. Se ha calculado el costo del juego tomando como referencia el precio de la última reposición de punzones al proveedor Pharmalink (China) en el año 2012. En la Tabla 41 se presenta los costos de adquisición de punzones para la tableteadora Sejong.

Tabla 41. Costo de Adquisición de 6 Juegos de Punzones con Proveedor Pharmalink

Costo de Adquisición de Punzones en US\$	Tableteadora Sejong			
	Costo (US\$)	Cantidad	Costo Total (US\$)	Costo Total (S/.)
Costo por Juego de 15 punzones	2,500.00	6	15,000.00	39,000.00

Tipo de Cambio 2.60

Elaboración Propia

En lo que respecta a la mejora de los tiempos de limpieza de las tableteadoras, se requiere la contratación de un operario de limpieza adicional para el centro de trabajo de tableteado. Cabe resaltar que el servicio de limpieza está subcontratado con una empresa externa. Asimismo las 3 personas de limpieza deberán ser capacitadas en los procedimientos de manejo de limpieza de equipos y en Buenas Prácticas de Manufactura. En la Tabla 42 se presentan los costos incurridos por el nuevo personal a contratar.

Tabla 42. Costo de Contratación de Personal de Limpieza para Tableteadoras

Item	Costo por Mes (S/.)	Frecuencia	Costo Anual (S/.)
Costo de Sub-contratación de Operario Limpieza	1,000.00	Mensual	12,000.00
Plan de Capacitación de Operarios de Limpieza	600.00	Única vez	600.00

Elaboración Propia

Con la mejora planteada se podrá utilizar el tiempo de ahorro por limpieza para tabletear. Se considera el cálculo mínimo de ahorro de limpieza de 35 minutos y los 32 lotes tableteados aproximadamente por mes. Con estos datos en la Tabla 43 se presenta el impacto en la producción que se estaría generando.

Tabla 43. Producción Futura en Tabletas

Lotes Tableteados por Mes	32
Horas de Ahorro de Limpieza por Lote	0.58
Horas Disponibles para Tableteado por Mes	18.67
Horas Disponibles para Tableteado por Año	224
Rendimiento Mínimo de Tabletas por hora	25,200
Producción Adicional de Tabletas por Año	5'644,800
Costo de producción mínimo por Tableta (S/.)	0.05
Beneficio Adicional de Tabletas por Año (S/.)	282,240.00

Elaboración Propia

5.3 Resumen de Impacto

La inversión generada por la implementación de las mejoras propuestas, el ahorro que generaría y el retorno de la inversión se muestran en la Tabla 44.

Tabla 44. Retorno de la Inversión

Propuesta de Mejora	Gastos (S/.)	Ahorro Anual (S/.)	Retorno Inversión (Años)
Reducción de Tiempo Granulación de Lecho Estático	91,140.00	40,794.50	2.3
Adquisición de punzones y reducción de limpieza de tableteado	51,600.00	282,240.00	0.2
Total (S/.)	142,740.00	323,034.50	0.5

Elaboración Propia

El ahorro anual que se obtendría el primer año sería de S/. 323,034.50 nuevos soles. Cabe resaltar que la capacidad de producción se incrementó en 22 lotes más con la posibilidad de implementar un nuevo turno. Esta nueva capacidad de fabricación representa anualmente S/. 3'300,000.00 adicionales en el presupuesto valorizado de sólidos, lo que se traduce en una mayor disponibilidad para cumplir con la demanda creciente y generar mayores ingresos para la empresa.

CAPITULO 6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Las rutas críticas de fabricación de sólidos están basadas en el tipo de granulación: Lecho Estático y Lecho Fluido. Es a través de estas rutas que se obtiene la capacidad de fabricación mensual de 22 lotes por ruta crítica. La ruta crítica de lecho estático supera en el triple de tiempo de granulación a la ruta de lecho fluido.

El incumplimiento de lotes demandados en el área de fabricación de sólidos llevó analizar las diferentes restricciones que se tienen en la línea de fabricación de sólidos. Las causas más significativas encontradas en el estudio fueron: el desbalance en las cantidades de mezclas en kilos en la fase de amasado, el tiempo de fabricación excesivo en el proceso de granulación y compresión como también la subutilización de equipos durante el tableteado.

El balance de cargas y la implementación del granulador húmedo en el proceso de granulación optimizan el uso de los equipos, generando un ahorro de 60% en el tiempo de amasado como parte del proceso de granulación húmeda en lecho estático. Igualmente en la granulación en lecho fluido se logra un ahorro de 25% en el tiempo de amasado.

El sistema de cribado en la Estufa Seraming permite reducir el tiempo de fabricación de un granulado de 27 a 10 horas. Esta mejora otorga la posibilidad de realizar un doble turno en esta ruta de fabricación e incrementar en 22 lotes más la capacidad de fabricación de la planta a futuro. Los 22 lotes permitirán obtener aproximadamente 66'000,000 unidades anuales si la empresa requiera un doble turno por causa de la demanda fluctuante y representaría en forma monetaria S/. 3'300,000.00 nuevos soles adicionales tomando el costo unitario mínimo de producción.

La adquisición de nuevos punzones para la tableteadora Sejong mejora la utilización de los equipos nuevos y la reducción del tiempo de limpieza de las tableteadoras, permite tener mayor disponibilidad para tabletear 5'644,800 unidades adicionales. Esta producción adicional representa S/. 282,240.00 nuevos soles tomando igualmente el costo unitario mínimo de producción.

Las propuestas de mejora planteadas permiten un ahorro anual de S/. 323,034.50 nuevos soles en costos de producción durante el primer año y el mejor aprovechamiento de recursos importantes como horas máquina y horas hombre, logrando un incremento de la productividad en la línea de fabricación de sólidos.

6.2 Recomendaciones

Con la reducción de los tiempos de granulación en las rutas críticas, se recomienda la realización de un estudio de tiempos en fabricación a fin de actualizar esa información y mejorar el planeamiento de la producción.

A pesar que los tiempos de parada de equipos no son muy frecuentes, se recomienda la ejecución de los mantenimientos preventivos oportunamente en los equipos en coordinación con el área de Planeamiento de la Producción.

Así como se logró optimizar el tiempo de limpieza en las tableteadoras, se recomienda la capacitación intensiva al personal de producción en el uso de la herramienta SMED para reducir los tiempos de preparación y limpieza de equipos.

Se recomienda el uso de indicadores de eficiencia global de equipos (OEE) a fin de obtener su eficacia y poder tomar las acciones necesarias para la reducción de los tiempos de parada de equipos.

La implementación de hace dos años del ERP-SAP llevó a una mejora en la captura de la información de la empresa. Durante las entrevistas realizadas a las jefaturas, se pudo identificar que el personal tenía dificultades en la obtención de la información de SAP. Se recomienda, capacitar a todos los usuarios habilitados de las áreas de Producción y Planeamiento en el uso del sistema de información de producción en SAP.

Con el acceso a la información de costos de producción, se observó que existe un desconocimiento parcial en la forma de cálculo de algunos procesos por parte del equipo contable. Se recomienda implementar un área de costos de producción en planta para el cálculo de los mismos y que dicha actividad sea realizada por ingenieros industriales que conozcan el proceso productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez Nuñez, Yamileth; Karam Fermín, Gustavo

2000 *Análisis, Evaluación y Propuestas para la mejora del proceso de manufactura de un producto farmacéutico granulado.* Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Consulta: 28 de abril de 2012.
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAN8126_1.pdf>

Benites, Pedro; Lora, Luis; Marticorena, Katia; Villena, Rubén

2006 *Propuestas para incrementar la productividad de la línea de comprimidos de la planta farmacéutica de Cifarma S.A.* Trabajo aplicativo final para obtener el Diploma Internacional Empresarial en Operaciones (DIEM). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Centrum.

Chase, Richard; Aquilano, Nicholas; Jacobs, Robert

2000 *Administración de producción y operaciones: Manufactura y servicios.* Octava Edición. Colombia: McGraw Hill.

D'Alessio, Fernando

2004 *Administración y dirección de la producción Enfoque estratégico y de calidad.* Segunda edición. México: Pearson Educación.

Domínguez, José

1995 *Dirección de Operaciones aspectos estratégicos en la producción y los servicios.* Madrid: McGraw Hill.

1995 *Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios.* Madrid: McGraw Hill.

Empresa Exterior

2012 *“La industria farmacéutica mundial disfruta de mejor salud que sus compañías”*. Informe. Madrid: Empresa Exterior. Consulta: 29 de abril de 2012.

<<http://www.empresaexterior.com/empresas/informes/46702-la-industria-farmaceutica-mundial-disfruta-de-mejor-salud-que-sus-companias.html>>

Goldratt, Eliyahu

2007 *La meta: un proceso de mejora continua*. Tercera Edición. Buenos Aires: Gránica.

Krajewski, Lee; Ritzman, Larry; Malhotra, Manoj

2008 *Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor*. Madrid: Prentice Hall.

Miranda, Francisco; Rubio, Sergio; Chamorro, Antonio; Bañegil, Tomás

2005 *Manual de Dirección de Operaciones*. Madrid: Paraninfo CENGAGE Learning.

Niebel, Benjamin

2003 *Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos*. Novena Edición. México: Alfa Omega.

Pérez, José

2010 *Gestión por Procesos*. Cuarta Edición. Madrid: ESIC.

Shingo, Shigeo

1993 *El sistema de producción de Toyota: desde el punto de vista de la ingeniería*. Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción.

Summers, Donna

2006 *Administración de la Calidad*. México: Pearson Educación.





Sociedad Nacional de Industrias

2012 “Consumo de genéricos y nuevos centros médicos y clínicas explican mayor dinámica en industria de productos farmacéuticos”. Reporte del Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI). Lima. Consulta: 2 de mayo de 2012.

<<http://www.sni.org.pe/modules.php?name=News&file=article&sid=792>>



Anexo 1. Cotización del Granulador Húmedo LongChang

					
		龍昌機械 LONGCHANG MACHINERY Grinder; Mixer; Dryer; Granulator.		www.mixerchina.com	
QUOTATION					
TO: Guillermo Vento			Ref. No: LCS121101		
			Date: 2012-11-01		
1 COMMERCIAL OFFER					
NO.	PRODUCTION	MODEL	QTY.	UNIT PRICE (USD)	TOTAL PRICE (USD)
1	Wet Granulator	GHL-400	1	\$24,200	\$24,200
Freight & Insurance: Buyer's Responsibility.					
Total Value: \$24,200 [TWENTY FOUR Thousand TWO Hundred US Dollars Only.]					
2 COMMERCIAL TERM					
Price Term	The above price is based on FOB Shanghai .				
Payment Term	By T/T , 30% down payment, and 70% before shipping, or L/C .				
Delivery Term	30 working days from receipt of down payment (or receipt of irrevocable Letter of Credit) as well as of any samples and finalization of all technical and commercial details.				
Guarantee	12 month from shipping date.				
Validity	60 days from the date of issue of the offer.				
Packaging	Standard Export packing, seaworthy/airfreight-worthy, suitable for changing climate and with good resistance to moisture and shocks.				
Shipping mark	To be specified after confirming of the order.				
Country of Origin	China				
Power supply	VAC/3P/ Hz				
Authorised by Stemon 					

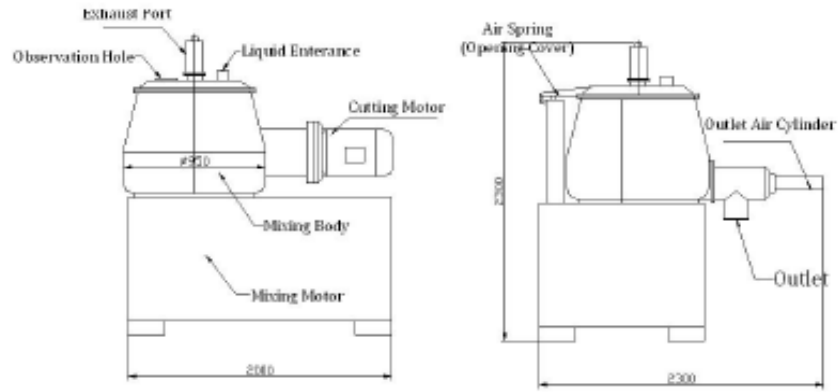




龍昌機械
LONGCHANG MACHINERY
Grinder; Mixer; Dryer; Granulator



www.mixerchina.com



GHL-400 Wet Granulating machine

Technical Parameters:

1. Production Capacity: 200Kg/Batch
2. Mixing Speed: 80/120r/min
3. Mixing Power: 13/16Kw
4. Cutting Speed: 1500/3000r/min
5. Cutting Power: 4.5/5.5Kw



Anexo 2. Cotización Sistema de Cribado Estufa Seraming



SERAMING S.R.L.

"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

PRESUPUESTO N° 122/12

Lima, 18 de octubre de 2012

Señor: **GUILLERMO VENTO**

Referencia: **SISTEMA DE CRIBADO EN ESTUFA SERAMING – 200 KG**

En atención a su amable solicitud ponemos en consideración nuestra mejor oferta por lo siguiente:

ITEM	CANT	MED	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
01	01	Unid.	Fabricación de equipamiento de cribas en bandejas de acero inoxidable. El material de construcción es en Ac. Inox. AISI - 304, acabado completamente sanitario.	US\$	US\$ 5,000.00

Sub Total US\$	5,000.00
IGV 18%	900.00
TOTAL US\$	5,900.00

OBSERVACIONES COMERCIALES:

La Cotización incluye instalación, puesta en marcha y aproximadamente 02 días de entrenamiento al personal que utilizará el equipo.

FORMA DE PAGO: 50 % con la orden de compra, saldo contra entrega

TIEMPO DE ENTREGA: 45 días hábiles

MCMXVII

Anexo 3. Costo aproximado de importación del Granulador Húmedo LongChang

Costo Aproximado de Importación Granulador Húmedo	Costo (US\$)
Valor de Máquina	24,200.00
Flete	618.00
Seguro 0.275%	68.25
Total CIF	24,886.25
Ad Valorem 0%	0.00
IGV 18%	4,479.52
Comisión Agente de Aduana 0.5%	124.43
Otros gastos operativos 10%	2,488.62
	27,499.31