

**AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA FÁBRICA DE
VELAS AROMÁTICAS, POR MEDIO DE LA OPTIMIZACIÓN
DE PROCESOS DE MANUFACTURA**

Universidad Del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Industrial y Mecánica



**AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA FÁBRICA DE
VELAS AROMÁTICAS, POR MEDIO DE LA OPTIMIZACIÓN
DE PROCESOS DE MANUFACTURA**

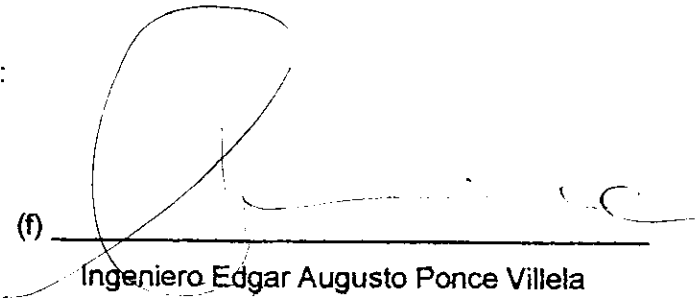
RODOLFO ANTONIO LAMBOUR PEÑALONZO

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Ingeniero Industrial.

Guatemala de la Asunción, mayo del 2000

Vo. Bo. :

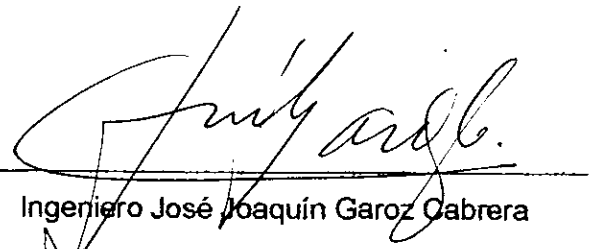
(f)



Ingeniero Edgar Augusto Ponce Villela
Asesor

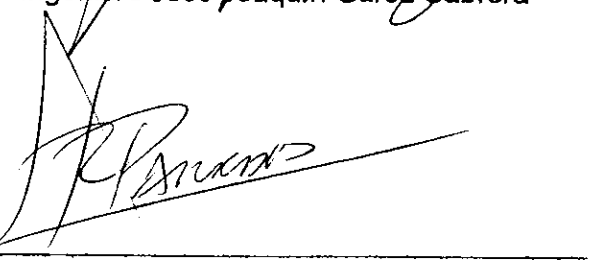
Tribunal:

(f)



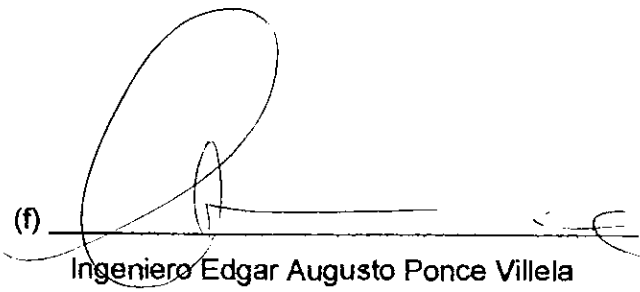
Ingeniero José Joaquín Garoz Cabrera

(f)



Ingeniero Carlos Roberto Paredes de la Vega

(f)



Ingeniero Edgar Augusto Ponce Villela

Fecha de aprobación: 20 de junio del 2000.

INDICE

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
A. Definiciones básicas de productividad	3
B. Importancia de la productividad y la Ingeniería de Métodos	5
C. Medios gráficos para el análisis de métodos	8
1. Diagrama de flujo de proceso	8
2. Diagrama de recorrido	8
3. Diagrama de interrelación entre hombre y máquina	9
D. Balanceo de líneas	11
E. Márgenes o tolerancias	14
III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA POR FAMILIA DE PRODUCTOS	17
A. Descripción del proceso de manufactura: Pillars	17
B. Descripción del proceso de manufactura: Jarras	20
C. Descripción del proceso de manufactura: Icons	23
IV. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA POR FAMILIA DE PRODUCTOS Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO	27
A. Capacidad de salida: Pillars	27
B. Capacidad de salida: Jarras	29
C. Capacidad de salida: Icons	30

	Páginas
V. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA	31
A. Balanceos de Línea	31
1. Explicación del Formato de Toma de Tiempos	32
2. Explicación del Formato de Balanceo de Líneas	33
3. Flujo de Balanceo de Líneas	35
4. Explicación del Flujo de Balanceo de Líneas	37
B. Mejoras de las herramientas	42
1. Documentación de diseños	42
C. Mejoras de la maquinaria	46
1. Documentación de diseños	46
VI. MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD	51
A. Explicación del Formato del Índice de Productividad	52
B. Medición de la productividad	54
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
A. Conclusiones	63
B. Recomendaciones	64
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	65
X. ANEXOS	67

I. INTRODUCCION

Un factor indispensable para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad es la mejora de su productividad. El conocimiento de todas las variables del proceso y la optimización de sus recursos, permitirán minimizar sus costos de fabricación, mantener estándares de calidad elevados y aumentar su competitividad en el mercado internacional.

El siguiente trabajo enfocó su análisis hacia el aumento de la productividad de una planta exportadora de velas aromáticas, por medio de la optimización de los procesos de manufactura. El estudio y la implementación del sistema de trabajo se realizaron en el intervalo de dos meses de trabajo durante los cuales se monitoreó la productividad de la fábrica por medio de un Índice de Productividad expresado en Kgs/Hora-hombre.

Las condiciones del proceso y sus limitantes constituyeron información crucial para poder comprender y conocer con exactitud la fabricación de un producto. Una vez recaudada esta información se buscó la mejora de la productividad en diferentes componentes de la producción como los fueron: la mano de obra directa (balanceos de línea y optimización de los métodos), nuevos diseños de herramientas y de la maquinaria y posibles mejoras del proceso.

Buscar la mejora de la productividad constituye una meta a la cual toda empresa debería aspirar. Por lo anteriormente expuesto, este trabajo de graduación contempló la necesidad de implementar en la fábrica, sistemas de trabajo enfocados a la creación de una cultura de mejora continua. Esta implementación buscó generar un círculo virtuoso de productividad y evitar que la mejora fuera solamente temporal o a corto plazo.

II. MARCO TEORICO

A. Definiciones básicas de productividad

La definición del término productividad varía ligeramente según quien la da: un economista, un contador, un administrador, un político, un líder sindicalista o un ingeniero industrial. Sin embargo, si se examinan las distintas definiciones e interpretaciones del término, surgen tres tipos básicos de productividad.

◆ Productividad parcial

La *productividad parcial* es la razón entre la cantidad producida y un sólo tipo de insumo. Por ejemplo, la productividad del trabajo (el cociente de la producción entre la mano de obra) es una medida de productividad parcial. De manera parecida, la productividad del capital (el cociente de la producción entre el insumo de capital) y la productividad de los materiales (el cociente de la producción entre el insumo de materias primas) son ejemplos de productividades parciales.

◆ Productividad de factor total

La *productividad de factor total* es la razón de la producción neta con la suma asociada con los (factores de) insumos de mano de obra y capital. Por "producción neta" se entiende producción total menos servicios y bienes intermedios comprados. Nótese que el denominador de este cociente se compone sólo de los factores de insumo de capital y trabajo.

◆ Productividad total

La *productividad total* es la razón entre la producción total y la suma de todos los factores de insumo. Así, la medida de productividad total refleja el impacto conjunto de todos los insumos al fabricar los productos.

En todas las definiciones anteriores, tanto la producción como los insumos se expresan en términos "reales" o "físicos", convirtiéndolos en dólares constantes (o cualquier otra moneda) de un período de referencia (con frecuencia llamado "período base"). Esta reducción a período base se obtiene dividiendo los valores de la producción y los insumos por índices de inflación o deflación, depende si los precios de los productos y los insumos hayan aumentado o disminuido, respectivamente. En otras palabras, el efecto de convertir la producción y los insumos en su valor correspondiente en un período base es eliminar el efecto de las variaciones de precio, para que las razones de productividad nada más tomen en cuenta cambios físicos.

Todas las definiciones anteriormente expuestas presentan la visión de la productividad desde un punto de vista cuantitativo, o enfoque occidental. Este trabajo de graduación se basó en los métodos cuantitativos y enfatiza en que éste es el primer paso para alcanzar un modelo de productividad el cual lleve a la implementación de una cultura de mejora continua dentro de la compañía. La definición de productividad según el modelo Asia-Pacífico ejemplifica esta visión global de la productividad.

◆ **Productividad en el Asia-Pacífico**

La productividad en el Asia-Pacífico es más que la relación de eficiencia (mayor producción por unidad de insumo). Abarca, además, los criterios de calidad, manejo, modernización, sistematización, esfuerzos colectivos, etc. Es decir, la productividad no es solamente el grado de eficiencia con que se produce y se comercializa. Es en cierto modo, más que una medida del costo de los productos o servicios producidos, en función de sus insumos.

B. Importancia de la productividad y la ingeniería de métodos

Un factor indispensable para que un negocio logre crecer y aumentar sus utilidades es el aumento de la productividad. Por incremento en la productividad se entiende el aumento en la producción por hora de trabajo.

El instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios. Se debe comprender claramente que todos los aspectos de un negocio o industria (ventas, finanzas, producción, ingeniería costos, mantenimiento y administración), son áreas fértiles para la aplicación de métodos, estudio de tiempos y sistemas adecuados de pago de salarios. Con mucha frecuencia, sólo se considera la función de producción cuando se aplican métodos y estudios de tiempos. Importante como es la función de producción, se debe recordar que otros aspectos de la empresa también contribuyen sustancialmente al costo de operación y son áreas igualmente válidas para la aplicación de técnicas de mejoramiento de los costos. En el campo de las ventas, por ejemplo, los métodos modernos de obtención de información introducirán generalmente ahorros significativos.

La sección de producción de una industria puede considerarse como el corazón de la misma, y si la actividad de esta sección se interrumpiera, toda la empresa dejaría de ser productiva. En el departamento de producción se tiene en general un departamento de ingeniería de métodos el cual vela por la productividad constante de la planta de producción.

Si se considera al departamento de producción como el corazón de una empresa industrial, las actividades de la ingeniería de métodos son la base del grupo de fabricación. Más que cualquier otra parte, es aquí donde se determina si un producto se va a producir competitivamente. También es aquí donde se aplica la iniciativa y el ingenio para desarrollar herramientas, relaciones hombre máquina y estaciones de trabajo

eficientes para trabajos nuevos antes de iniciar la producción, al asegurar de este modo que el producto pase las pruebas frente a la fuerte competencia. En esta fase es donde se emplea continuamente la creatividad para mejorar los métodos existentes y afirmar a la empresa en posición de liderazgo en su línea de productos.

Ingeniería de Métodos:

Los términos *análisis de operaciones* e *ingeniería de métodos* se utilizan con frecuencia como sinónimos. En la mayor parte de los casos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia, reducir el costo por unidad. La *ingeniería de métodos* implica trabajo de análisis en dos etapas de la historia de un producto. Inicialmente, el ingeniero de métodos está encargado de idear y preparar centros de trabajo donde se fabricará el producto. En segundo lugar, continuamente estudiará una y otra vez cada centro de trabajo para hallar una mejor manera de elaborar el producto. Cuanto más completo sea el estudio de los métodos efectuado durante las etapas de planeación, tanto mejor será la necesidad de estudios de métodos adicionales durante la vida del producto.

La ingeniería de métodos implica la utilización de la capacidad tecnológica. En primer lugar porque debido a la ingeniería de métodos, el mejoramiento de la productividad es un procedimiento sin fin. La diferencia de productividad resultante de la innovación tecnológica puede ser de tal magnitud que los países desarrollados siempre están en posibilidad de mantener competitividad con los países en desarrollo con salarios bajos. La investigación y el desarrollo que conducen a una nueva tecnología son esenciales para la ingeniería de métodos.




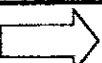


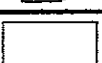
Simplificación del trabajo:

La simplificación del trabajo implica ir más allá de la Ingeniería de Métodos, donde ésta es una herramienta y la participación de los trabajadores en los cambios es central y el ingeniero o supervisor es sólo un facilitador o coordinador del trabajo. Esto lo hace un eslabón importante especialmente cuando el modelo es un Justo a Tiempo. Por supuesto, la simplificación del trabajo es fundamental para un sistema de Mejora Continua, que exige una alta participación del trabajador en mejorar el proceso, el producto y la productividad, y tiende en el largo plazo a formar una "cultura de mejora continua" en la organización y no sólo en la fabricación.

C. Medios gráficos para el análisis de métodos

1. Diagrama de flujo de proceso

Este diagrama registra las operaciones, las inspecciones, los traslados, los retrasos de almacenamiento con los cuales tropieza un artículo en su recorrido por la planta. En él se utilizan los siguientes símbolos:

Símbolo	Descripción
	Operación
	Operación de trámite para crear un registro
	Operación de trámite para agregar información a un registro
	Transporte
	Almacenamiento
	Retraso o demora
	Inspección

2. Diagrama de recorrido

Aunque el diagrama de flujo de proceso suministra la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de fabricación, no es una representación objetiva en el plano del curso de trabajo. Algunas veces esta información sirve para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que pueda acortarse un transporte es necesario ver o visualizar dónde habría sitio para agregar una instalación o dispositivo que permita

disminuir la distancia. Asimismo, es útil considerar posibles áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección y puntos de trabajo.

La mejor manera de obtener esta información es tomar un plano de la distribución existente de las áreas a considerar en la planta, y trazar en él las líneas de flujo que indiquen el movimiento del material de una actividad a la otra. Una representación de la distribución de zonas y edificios, en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de curso de proceso, se conoce como diagrama de recorrido de actividades.

Al elaborar este diagrama de recorrido, el analista debe identificar cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. El sentido del flujo se indica colocando periódicamente pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido. Si se desea mostrar el recorrido de más de una pieza se puede utilizar un color diferente para cada una.

Es evidente que el diagrama de recorrido es un complemento valioso del diagrama de flujo de proceso, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar mejor distribución en planta.

3. Diagramas de interrelación entre hombre y máquina

En tanto que los diagramas de operaciones y de flujo de proceso se usan principalmente para explicar un proceso, o serie de operaciones, el diagrama de proceso de hombre y máquina se emplea para estudiar, analizar y mejorar sólo una estación de trabajo cada vez. Este diagrama indica la relación exacta en tiempo entre ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de su máquina. Con estos hechos claramente expuestos, existen posibilidades de una utilización completa de los tiempos de hombre y máquina, y un mejor equilibrio del ciclo de trabajo.

Puesto que estos diagramas se trazan siempre a escala, el analista deberá seleccionar a continuación una escala de tiempos adecuada, de manera que la representación se disponga en forma bien proporcionada a la hoja. Cuanto mayor sea el ciclo de operación representado, tanto menor deberá ser la longitud elegida para una fracción decimal de minuto. Una vez que han sido establecidos valores exactos para la distancia representativa por unidad de tiempo, el analista podrá empezar la gráfica.

Al lado izquierdo de la hoja se indican las operaciones y tiempos correspondientes al operario, y a la derecha se muestran gráficamente el tiempo de trabajo y el tiempo muerto de la máquina o máquinas según el caso. El tiempo de trabajo del obrero se representa con una línea vertical continua. La interrupción o discontinuidad de tal línea representa el tiempo muerto del operario. Del mismo modo, una recta vertical continua bajo el nombre de cada máquina representa el tiempo de trabajo de la máquina, y la interrupción de dicha línea vertical indica su tiempo muerto. Los tiempos de carga y descarga se indican por trazo punteado bajo la columna de la máquina, indicando así que esta última no está inactiva pero tampoco se efectúa trabajo de producción por el momento.

Todos los elementos de tiempo de ocupación y tiempo de inactividad se grafican hasta la terminación del ciclo. Al pie del diagrama se indican el tiempo de trabajo y el tiempo muerto totales del operario. Del mismo modo se registran los tiempos totales de trabajo y muerto de cada máquina. El tiempo productivo más el tiempo inactivo del obrero, tiene que ser igual a la suma de los tiempos respectivos de su máquina.

D. Balanceo de Líneas

El problema de determinar el número ideal de obreros a asignar a una línea de producción, es análogo al problema de determinar el número de operarios que deberán asignarse a una máquina o instalación de producción, donde se recomendó el uso del diagrama de proceso para grupo. Quizás el caso más elemental de equilibrado de líneas, y uno que se encuentra con frecuencia, es aquel en el que varios operarios, que ejecutan cada uno operaciones consecutivas, trabajan como una unidad. En tal circunstancia es obvio que la tasa de producción dependerá del operario más lento. Por ejemplo se puede tener una línea de cinco operarios que ensamblan unas monturas de caucho o hule mediante un adhesivo, antes del proceso de curado. Las asignaciones de trabajo específicas podrían ser como lo indica la **Tabla No. 1**:

Tabla No. 1: Asignaciones de trabajo específicas

Operario	Número de minutos estándares para ejecutar la operación	Tiempo de espera basado en el operario mas lento	Número de minutos estándares permitidos
1	0.52	0.13	0.65
2	0.48	0.17	0.65
3	0.65	-	0.65
4	0.41	0.24	0.65
5	0.55	0.10	0.65
Totales	2.61		3.25

La eficiencia de esta línea se puede calcular como la relación del número total de minutos estándares al número total de minutos estándares asignados, o sea:

$$\text{Eficiencia} = 2.61 / 3.25 \times 100 = 80\%$$

Otro ejemplo muy ilustrativo podría ser el siguiente: Supóngase que se tiene un nuevo diseño para el que se está estableciendo una línea de ensamble. Aquí intervienen ocho operarios.

La línea debe producir 700 unidades por día. Las ocho operaciones comprenden los siguientes valores de minutos estándares, basados en datos de tasa de producción requerida multiplicada por el total de minutos permitidos. Las operaciones y sus tiempos se presentan en la **Tabla No.2**.

Tabla No. 2: Operaciones y tiempos de operaciones

Operación	Tiempo(min.)
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.27
6	1.29
7	2.48
8	1.28
Total	15.37

El número de operarios necesarios, N, para este proceso con esta cantidad de unidades requeridas por turno sería el siguiente:

$$N = \frac{700(\text{unidades})}{480(\text{min})} \times \frac{15.37(\text{min})}{E} = \frac{22.4}{E}$$

Si el analista planea según una eficiencia de 95%, estimaría que el número de operarios es $22.4 / 0.95 = 23.6$; se aproxima al mayor ya sea 24 operarios.

El siguiente paso será de estimar el número de trabajadores a utilizar en cada una de las ocho operaciones específicas. Como se requieren 700 unidades de trabajo por turno, será necesario producir una unidad en unos 0.685 min. El analista estimará cuántos obreros serán necesarios en cada operación si se divide el número de minutos estándares de cada operación entre el número de minutos en que es necesario hacer una pieza. Los resultados se presentan en la **Tabla No. 3**.

Tabla No. 3: Número de operarios necesarios para cada operación

Operación	Minutos estándares	Minutos estándares / Minutos por unidad	Número de operarios
1	1.25	1.83	2
2	1.38	2.02	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.62	6
5	1.27	1.86	2
6	1.29	1.88	2
7	2.48	3.62	4
8	1.28	1.87	2
Total	15.37		24

E. Márgenes o tolerancias (determinación del tiempo estándar de operación)

La medición de tiempos de operación para el balanceo de líneas va acompañando de factores de tolerancia que permiten determinar los tiempos reales de una operación. Esta actividad consiste en la adición de un margen o tolerancia al tener en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y disminución del ritmo de trabajo producidos por la fatiga inherente a todo el trabajo. Los principales factores que dan lugar a las tolerancias en los tiempos de la operación son los siguientes:

♦ Retrasos personales

En este renglón deberán situarse todas aquellas interrupciones en el trabajo necesarias para la comodidad o bienestar del empleado. Esto comprenderá las idas a tomar agua y a los sanitarios. Las condiciones generales en que se trabaja y la clase de trabajo que se desempeña, influirán en el tiempo correspondiente a retrasos personales.

♦ Fatiga

Estrechamente ligada a la tolerancia por retrasos personales, está el margen por fatiga, aunque éste generalmente se aplica sólo a las partes del estudio relativas a esfuerzo. En las tolerancias por fatiga no se está en condiciones de calificarlas con base en teorías racionales y sólidas, y probablemente nunca se podrá lograr lo anterior. En consecuencia, después de la calificación de la actuación, el margen o tolerancia por fatiga es el menos defendible y el más expuesto a controversia, de todos los factores que componen un tiempo estándar.

♦ Retrasos inevitables

Esta clase de demoras se aplica a elementos de esfuerzo y comprende conceptos como interrupciones por el supervisor, el despachador, el analista de tiempos y de otras personas; irregularidades en los materiales, dificultad en mantener tolerancias y especificaciones y demoras por interferencia, en donde se realizan asignaciones en múltiples máquinas.

Como es de esperar, todo operario tendrá numerosas interrupciones en el curso de un día de trabajo, que pueden deberse a un gran número de motivos. El supervisor o jefe de cuadrilla puede interrumpir al operario para darle instrucciones o aclarar cierta información escrita. También un inspector lo puede interrumpir para indicar las causas de un trabajo defectuoso que pasó por la estación del operario. Frecuentes interrupciones pueden ocurrir por parte de planificadores, expedidores, compañeros, personal de producción, analistas de métodos y otros.

♦ Retrasos evitables

No es costumbre proporcionar una tolerancia por retrasos evitables, que incluyen visitas a otros operarios por razones sociales, suspensiones del trabajo indebidas, e inactividad distinta del descanso por fatiga normal. Desde luego, estas demoras pueden ser tomadas por el operario a costa de su rendimiento o productividad, pero no se proporciona ninguna tolerancia por estas interrupciones del trabajo en el desarrollo estándar.

Valores típicos de tolerancias o márgenes:

En una encuesta llevada en 42 plantas industriales, se encontró que la tolerancia media total más pequeña en uso era de 10%. Este margen estaba siendo utilizado en una fábrica de enseres eléctricos para el hogar. La tolerancia media más grande era de 35% y estaba en uso en dos plantas siderúrgicas. La tolerancia media en todas las fábricas fue de 17%.

III. DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANUFACTURA POR FAMILIA DE PRODUCTOS

A. Descripción del proceso de manufactura:

Pillars

Son aquellas velas cuya principal materia prima es la parafina. Los pillars constituyen las velas de tipo más tradicional y sus formas pueden ser, cilíndrica, cúbica, piramidal y esférica. La elaboración de este tipo de vela se lleva a cabo en tres secciones de fabricación: la sección de llenado, la sección de maquinado y la sección de empaque. Las operaciones realizadas en cada sección y el lay out de esta familia de productos se presentan en la siguiente página. Los formatos utilizados son el diagrama de flujo y el diagrama de recorrido del producto.

En la figura 1, se muestra un pillar de medidas 3x3(3 pulgadas de diámetro por tres pulgadas de alto)

Figura 1

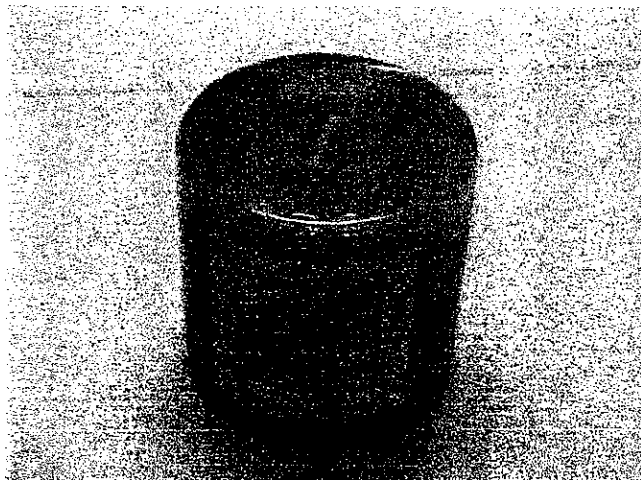
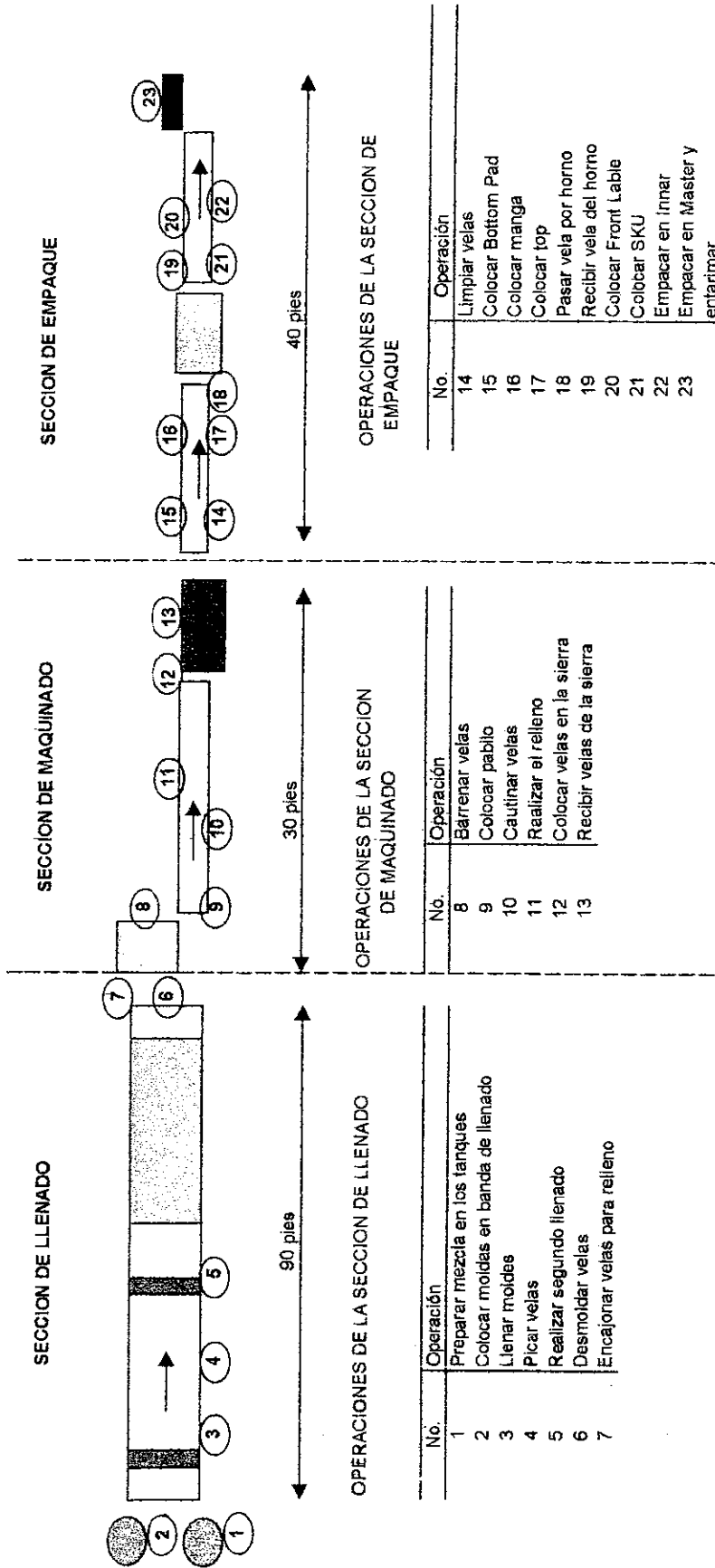





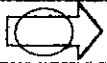
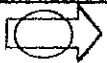







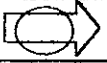






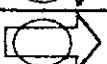



DIAGRAMA DE RECORRIDO: PILLARS



SIMBOLOGIA DE LOS COLORES:

- Tanque de fundición de pillars
- Horno para calentar los moldes
- Tunnel de enfriamiento
- Barreno
- Sierra
- Horno para sellar plástico termo-encogible
- Selladora automática de inners

DIAGRAMA DE FLUJO PARA VELAS TIPO "PILLAR"

	Distancia (pies)	Símbolos	Descripción del proceso
SECCION DE LLENADO	0		Preparar la mezcla en tanques de fundición
	2		Colocar moldes de aluminio en banda de llenado
	3		Llenar moldes con caño conectado al tanque
	28		Picar la vela
	30		Realizar segundo llenado a los moldes con un pichel
	27		Desmoldar velas
	1		Almacenar velas en bandejas metálicas para ser barrenadas
SECCION DE MAQUINADO	10		Barrenar velas
	4		Colocar pabilo(mecha)
	4		Cautinar la vela.
	4		Realizar tercer relleno para que quede pegado el pabilo
	8		Cortar base rugosa de la vela con una sierra
SECCION DE EMPAQUE	3		Limpiar vela con waípe
	3		Colocar Bottom Pad a la base de la vela
	4		Colocar manga de plástico a la vela
	4		Colocar top de plástico a la vela
	7		Pasar la vela por horno termo-encogible
	4		Colocar etiqueta Front Lable a la vela
	4		Colocar etiqueta SKU a la vela
	4		Empacar la vela en inner(corrugado pequeño)
	2		Colocar etiqueta de inner y sellarlo
	3		Empacar inner en master(corrugado grande)
	3		Sellar master y entanamar el producto
Total (pies)	160		

B. Descripción del proceso de manufactura:

Jarras

Las jarras son velas cuya elaboración es un poco más sofisticada que la de los pillars. En este caso el material de combustión no es la parafina sino otro derivado del petróleo casi transparente llamado uniclear. La jarra está compuesta por un cristal con tapa en el cual se colocan frutas hechas a base de uniclear. Estas frutas son llamadas icons y se explicarán más a detalle en la siguiente sección. Las secciones de fabricación de las jarras inician con la de ensamble(se colocan las frutas dentro del cristal), siguen con la sección de llenado y finalizan con la de empaque. Las operaciones realizadas en cada sección y el lay out de esta familia de productos se presentan en la siguiente página. Los formatos utilizados son el diagrama de flujo y el diagrama de recorrido del producto.

En la figura 2, se muestra una jarra de tipo mixed fruit. Su nombre proviene de la variedad de frutas que contiene.

Figura 2

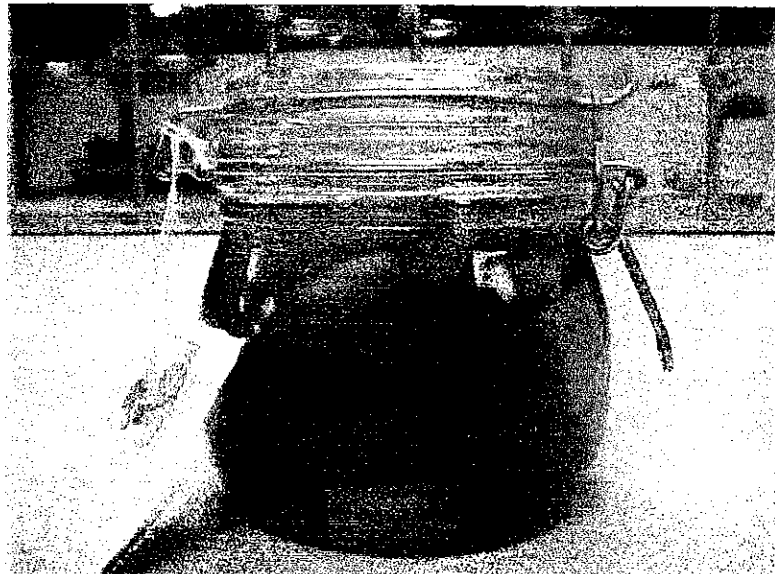
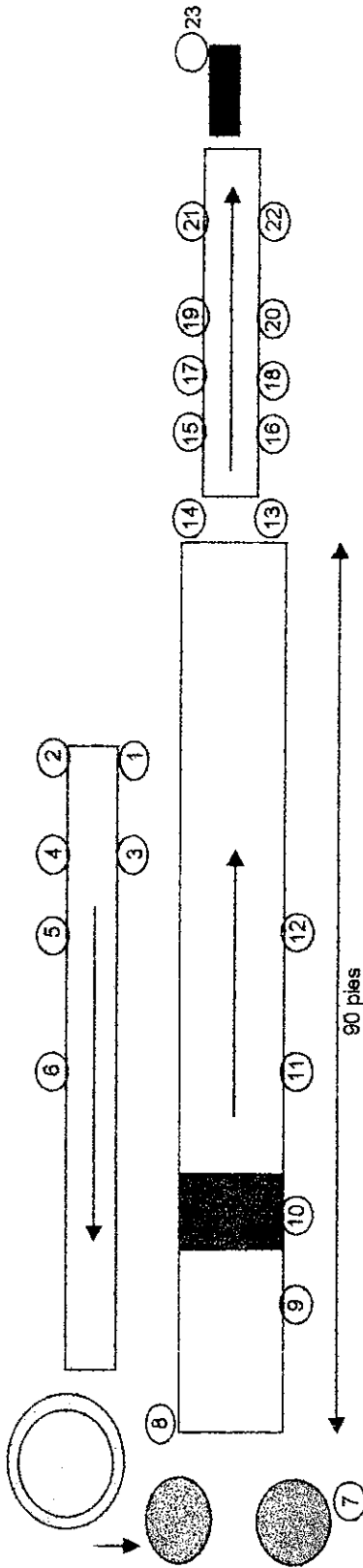


DIAGRAMA DE RECORRIDO: JARRAS



OPERACIONES DE LA SECCION DE ENSAMBLE

No.	Operación
1	Corte y moldeo de plasticina
2	Ensamblar grapa
3	Prensar pabito con alicata
4	Pegar plasticina a pabito
5	Pegar pabito a jarra
6	Ensamblar jarra

OPERACIONES DE LA SECCION DE LLENADO

No.	Operación
7	Preparar la mezcla en los tanques de fundición
8	Colocar jarras en banda de llenado
9	Ajustar jarras para llenado automático
10	Llenado automático de jarras
11	Cortar pabito
12	Realizar segundo llenado de la jarra

OPERACIONES DE LA SECCION DE EMPAQUE

No.	Operación
13	Transportar jarras a banda de empaque
14	Limpieza I de jarras
15	Colocar armadura I
16	Pasar pistola de calor a la jarra
17	Colocar tapadera de vidrio a la jarra
18	Colocar armadura II
19	Colocar hang tag
20	Limpieza II de jarras
21	Colocar bottom pad a la jarra
22	Empacar jarras en corrugado inner
23	Rotular inner, sellarlo y entarimar producto

SIMBOLOGIA DE LOS COLORES




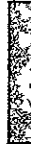























	Banda transportadora circular
	Tanques de fundición de jarras de 1200 Kgs.
	Llenadora automática con 8 boquillas
	Selladora automática de inners

DIAGRAMA DE FLUJO PARA VELAS TIPO "JARRAS"

	Distancia (pies)	Simbolos	Descripción del proceso
SECCION DE ENSAMBLE	1		Corte y moldeo de plasticina
	1		Ensamblar Grapa(pasar el pabilo por una grapa metálica)
	1		Prensar pabilo con alicate
	1		Pegar plastilina a pabilo
	1		Pegar pabilo a jarra
	45		Ensamble de la jarra
SECCION DE LLENADO	10		Preparar la mezcla en los tanque de fundición
	5		Colocar jarras en banda de llenado
	4		Ajustar de jarras en banda de llenado para llenadora automática
	8		Primer Llenado automático de jarras
	10		Cortar pabilo
	8		Realizar segundo llenado a la jarra
	SECCION DE EMPAQUE	60	
6			Limpieza I de Jarras
2			Colocar armadura I
2			Pasar pistola de aire caliente sobre las jarras
2			Colocar Tapadera de vidrio a las jarras
2			Colocar Armadura II
2			Colocar Hang Tag
2			Limpieza II de Jarras
2			Colocar Bottom Pad a la Jarra
2			Empacar jarras en corrugado inner de 6 unidades
2			Rotular el inner, sellarlo y entarimar el producto
Total (pies)		179	

C. Descripción del proceso de manufactura: Icons

Los icons son pequeñas frutas hechas de unicolor que se utilizan para ensamblar una jarra. Existen icons que simulan frutas como strawberry, blueberry, apple, etc... . Estas figuras se obtienen por medio del uso de plástico tridimensionales, los cuales permiten dar esa definición a las frutas. Estos moldes constituyen matrices de doce por doce icons en promedio. El proceso de la elaboración de icons es muy sencillo y sólo comprende una sección de fabricación, la sección de llenado. Las operaciones realizadas en cada sección y el lay out de esta familia de productos se presentan en la siguiente página. Los formatos utilizados son el diagrama de flujo y el diagrama de recorrido del producto.

En la figura 3, se muestra una variedad de icons que se utilizan para ensamblar una jarra.

Figura 3

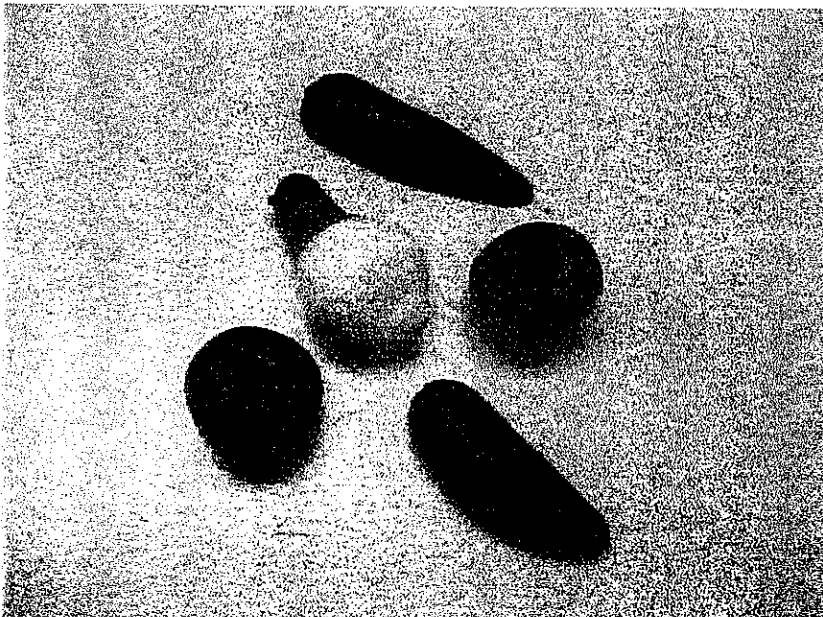
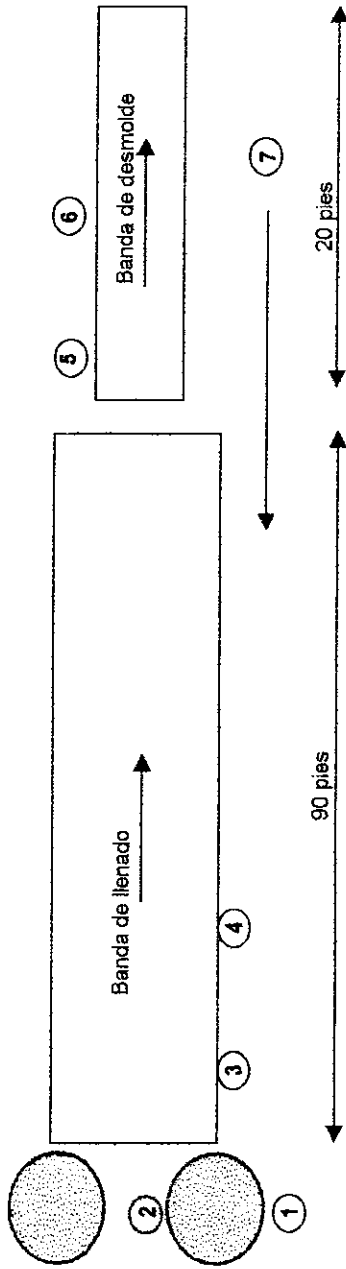


DIAGRAMA DE RECORRIDO: ICONS



OPERACIONES DE LA SECCION DE LLENADO

No.	Operación
1	preparar mezcla en los tanques
2	Colocar moldes en banda de llenado
3	Llenar moldes con pichel
4	Remover exceso de moldes con espátula
5	Desmoldar
6	Clasificar icons
7	Transportar moldes al inicio de la banda

SIMBOLOGIA DE LOS COLORES





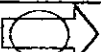
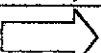


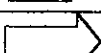
 Tanques de fundición de unicolor

DIAGRAMA DE FLUJO PARA "ICONS"

	Distancia (pies)	Simbolos	Descripción del proceso
SECCION DE LLENADO	0		Preparar mezcla en tanques de fundición
	4		Colocar moldes en la banda de llenado
	5		Llenar moldes con pichel y emparejado el desperdicio con espátula
	4		Remover exceso de mezcla de los moldes con espátula
	75		Transporte de moldes en la banda de llenado(enfriamiento de moldes)
	2		Desmoldar
	20		Clasificar los icons
	110		Transportar los moldes al inicio de la banda de llenado
Total (pies)	220		

IV. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA POR FAMILIA DE PRODUCTOS Y ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO

Para aumentar la productividad de una planta se deben conocer a fondo los procesos de fabricación del producto y la capacidad de salida del mismo. Esta información nos permitirá estandarizar las operaciones y poder definir con exactitud metas de producción alcanzables y reales que respeten condiciones de proceso específicas.

La medición de la capacidad de cada producto consistió en encontrar cuál era la limitante del proceso. Por limitante entiéndase aquel factor que constituya el ritmo de fabricación más lento en la elaboración de un producto. En esta medición se acordó con el Gerente de Producción no tomar la mano de obra directa como una limitante. Los únicos dos factores que pudieran limitar el ritmo de producción serían las máquinas o el tiempo de enfriamiento antes del desmolde.

A. Capacidad de salida: Pillars

En el caso de los pillars, la limitante del proceso fue siempre el enfriamiento de la vela. Esto quiere decir que la sección de fabricación más lenta fue la de llenado. Cada tamaño de vela debe respetar un tiempo específico de enfriamiento. En la sección de llenado se utilizan diferentes velocidades de banda para cada tamaño de vela, las cuales deben respetarse para obtener una vela sin defectos. El único pillar cuya limitante no fue el enfriamiento fue la vela tipo "chubbie". En este caso, la limitante fue el barreno.

La capacidad de cada producto se determinó con base en tres variables del proceso:

- El número de moldes que se colocan por fila en la banda de llenado.
- La velocidad de la banda de llenado necesaria para cada producto.
- El diámetro o el ancho externo de cada molde.

Con estas tres variables se desarrolló una fórmula que determina la capacidad de salida (unidades por hora) de cada producto en unidades por hora:

Velocidad de la banda(pulgs/min) x 60 min/hra x Número de moldes por fila(unidades)

Diámetro o ancho externo del molde(pulgs)

Ej.

- ◆ Velocidad de banda asignada = 3 pulgs/min
- ◆ Número de moldes por fila = 12 moldes
- ◆ Diámetro o ancho externo del molde = 3.4 pulgs.
- ◆ Capacidad de salida del proceso = $3 \times 60 \times 12 / 3.4 = 635$ unidades/hora

B. Capacidad de salida: Jarras

En el proceso de fabricación de jarras la limitante no fue el enfriamiento de la vela sino la única máquina que se utiliza para su elaboración. Esta máquina es una llenadora automática, la cual llena la jarra por medio de boquillas.

La metodología para determinar la capacidad de salida de las jarras se determinó de la misma manera que para los pillars. En este caso las variables fueron las siguientes:

- La velocidad de la banda máxima que permita a los sensores de la máquina leer el paso de las jarras
- El diámetro; en este caso el diámetro consiste en la suma del diámetro de la jarra y de la distancia de separación entre filas de jarras.
- El número de jarras que se colocan por fila en la banda de llenado.

La determinación de la capacidad de salida de las jarras(unidades/hora) se calculó con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Velocidad de la banda(pulg/minuto)} \times 60 \text{ min/hora} \times \text{Número de jarras por fila(unidades)}}{(\text{Diámetro de la jarra} + \text{Separación entre filas de jarras})(\text{pulgadas})}$$

Ej.

- ♦ Velocidad de la banda = 15 pulgs/min
- ♦ Número de jarras por fila = 5 jarras
- ♦ Diámetro de la jarra = 3 pulgs.
- ♦ Separación entre filas = 4 pulgs.
- ♦ Capacidad de salida del proceso = $15 \times 60 \times 5 / (3+4) = 643$ jarras/hora

C. Capacidad de salida: Icons

Para esta familia de productos, la capacidad se mide en Kilogramos y no en unidades. Se pueden colocar hasta dos matrices de moldes por fila en la banda de llenado. Cada tipo de icon se fabrica con una matriz diferente; esto quiere decir que no todos los moldes tienen el mismo número de icons. Las variables que determinaron la capacidad de salida de los icons fueron las siguientes:

- La velocidad de la banda de llenado necesaria para cada tipo de icon
- El número de icons por molde o matriz
- La masa de cada icon

La capacidad de salida de icons se determinó en dos pasos:

1. Determinación de la capacidad expresada en moldes/hora
2. Conversión de moldes/hora a Kgs/hra

La determinación de la capacidad de salida de icons expresada en moldes/hora se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Velocidad de la banda(pulg/min)} \times 60 \text{ min/hra} \times 2 \text{ moldes por fila(moldes)}$$

$$18 \text{ pulgs(Largo de la matriz moldes)}$$

La conversión de moldes/hora a Kgs/hra se determinó de la siguiente manera:

$$(\text{Moldes/Hra}) \times \text{número de icons/molde} \times \text{masa del icon(kgs)}$$

Ej.

- ◆ Velocidad de la banda = 25 pulgs/min.
- ◆ Número de icons por/molde = 36 icons
- ◆ Masa del icon = 0.015 kgs
- ◆ Capacidad de salida del proceso en moldes/hora = $25 \times 60 \times 2 / 18 = 167$ moldes/hora
- ◆ Capacidad de salida del proceso en kgs/hora = $167 \times 36 \times 0.015 = 90$ kgs/hora

V. OPTIMIZACION DEL PROCESO DE MANUFACTURA

El objetivo primordial de este trabajo fue el aumento de la productividad de una fábrica de velas aromáticas. Esta mejora se basó en la optimización del proceso de manufactura por medio de tres herramientas:

- La optimización de la distribución de la mano de obra directa (balanceos de línea)
- La optimización del herramienta utilizado
- La optimización de la maquinaria existente en planta

A. Balanceos de Línea

La fabricación de velas en la fábrica es un proceso manual en el cual existe poca automatización. Paradójicamente, la distribución de la mano de obra directa en las líneas de producción se hacía en forma empírica. Por esta razón, los balanceos de línea constituyeron la herramienta que contribuyó en mayor medida a la mejora de la productividad.

Con el fin de asegurarse que esta herramienta quedara en uso y se formalizara dentro de la planta, se realizó un flujo que describe todos los pasos a seguir para realizar un balanceo de líneas. También se documentaron los formatos de toma de tiempos y de balanceo de líneas que se presentan ahora al Gerente de Producción (Ver anexos No.1 y No.2). Adjuntos a estos formatos se presentan las explicaciones de cada formato. Se utilizó esta modalidad de trabajo con el fin de incorporar esta información y este sistema de trabajo como un manual de procedimientos, el cual puede ser consultado en cualquier momento por el personal de producción o incluso de otros departamentos.

Los productos a balancear se acordaron con el Gerente de Producción y constituyen el 80% de las ventas de la compañía. Todos los balanceos de línea realizados se presentan en el anexo No.4.

1. Explicación del formato de toma de tiempos

No.	Nombre del Campo	Explicación del Campo
1.	Producto	Se escribe el nombre del producto que se va a balancear.
2.	Fragancia	En este campo se describe la fragancia del tipo de piftar, de la jarra o del icon a balancear
3.	Tamaño	Corresponde al tamaño o dimensiones del molde
4.	Fecha	Se escribe la fecha del día en que se hacen las tomas de tiempos.
5.	Nombre de la operación	Se escriben, siguiendo el orden del proceso y de las secciones, los nombres de las operaciones.
6.	Muestra de tiempo	Se escriben las lecturas de 10 muestras de tiempo tomadas a una operación.
7.	Tiempo promedio de la operación	En este campo se calcula el promedio de las diez tomas de tiempos que se realizan para cada operación.
8.	Capacidad de la operación (u/hora)	Se determina el número de unidades por hora que es capaz de realizar una persona con base al tiempo promedio de la operación.
9.	Número de operarios	Se ingresa la cantidad de operarios que se emplean para realizar una operación.
10.	U/hora * No. Op.	Se multiplican las unidades por hora de cada operación por la cantidad asignada de operarios a ésta, para determinar la capacidad de la operación basada en la cantidad de personas.
11.	No. Moldes por fila	Indica la cantidad de moldes que debe tener cada fila dependiendo del producto.
12.	Velocidad de banda	Indica la velocidad a la que tiene que ir corriendo la banda de llenado, de acuerdo al tiempo de enfriamiento de cada producto.
13.	Capacidad de llenado	Indica la capacidad del área de llenado de acuerdo al tipo de producto, velocidad de la banda, tamaño, etc.

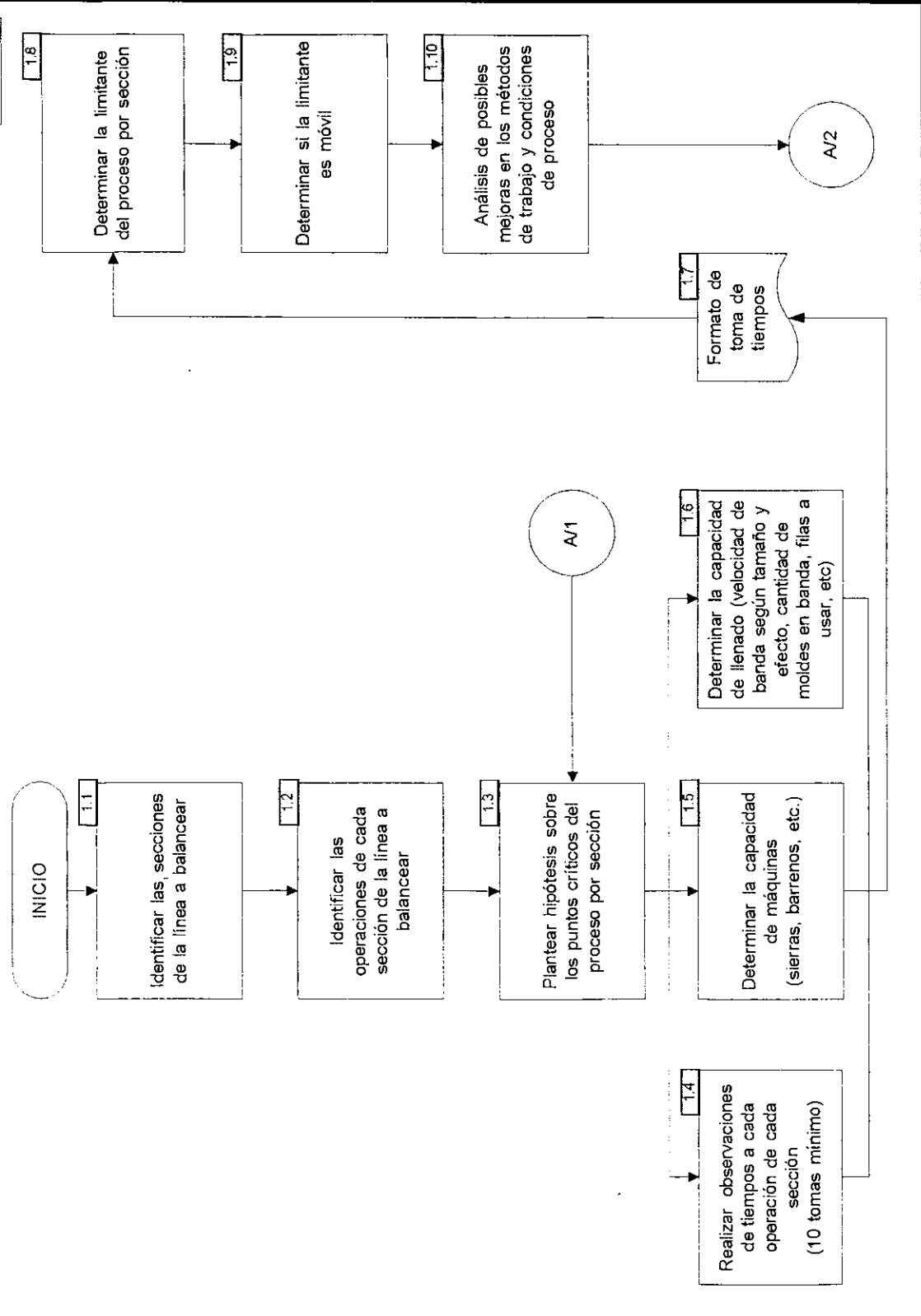
2. Explicación del formato de balanceo de líneas

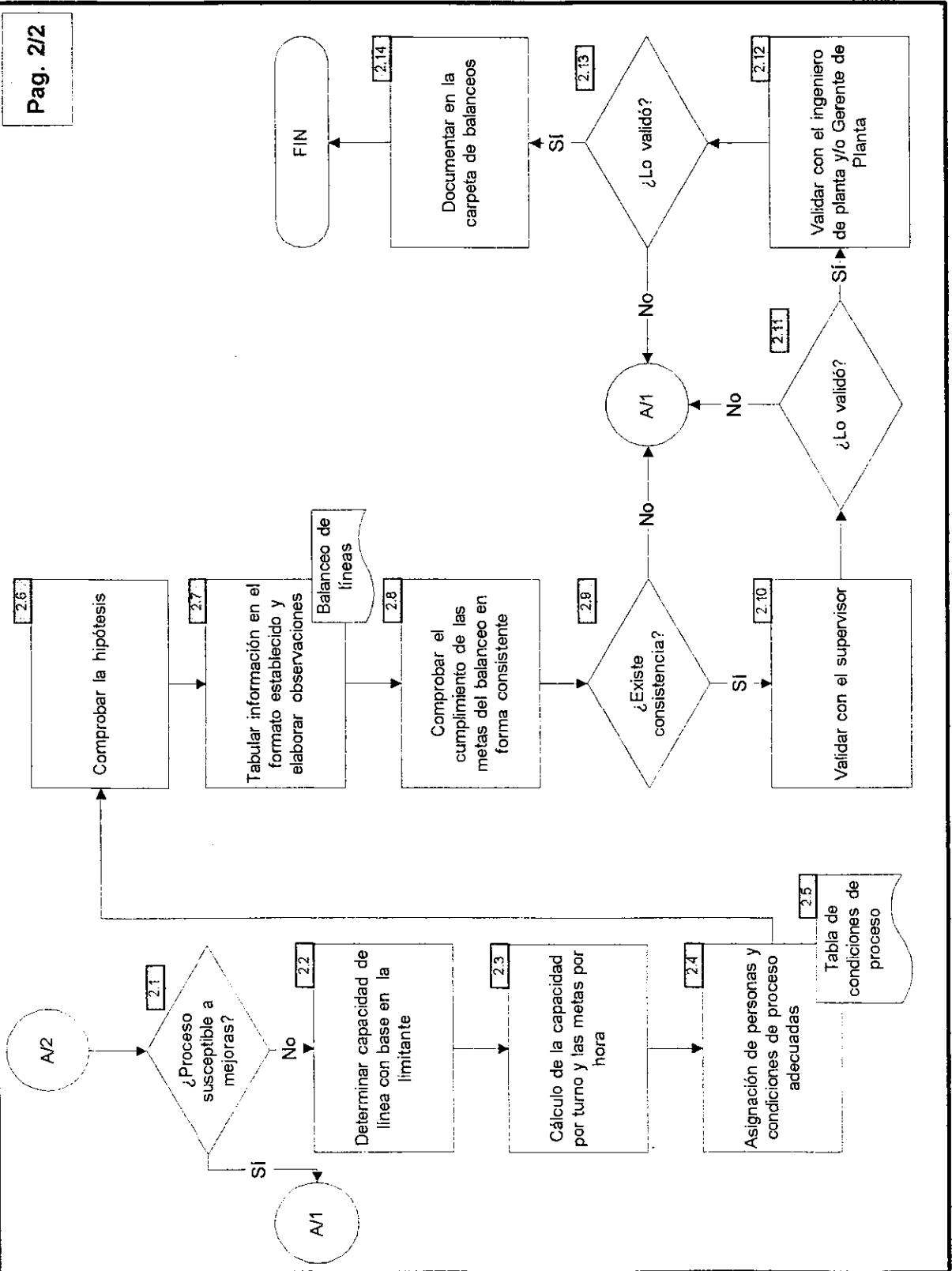
No.	Nombre del Campo	Explicación del Campo
1.	Producto	Se escribe el nombre del producto que va a balancear.
2.	Sección	Indica las secciones de las que se compone la línea
3.	Descripción de la operación	Contiene los nombres de las operaciones que comprende el producto.
4.	Tiempo de la operación.	Se ingresa el tiempo cronómetro que corresponde a cada operación.
5.	Unidades por hora por operario	En esta celda se calculan las unidades por hora que es capaz de producir un operario.
6.	Número de Operarios(# Op.)	Indica la cantidad de operarios necesaria para cada operación para que la línea esté balanceada respecto de la meta establecida.
7.	Capacidad al 100%	Indica la máxima cantidad de unidades que es capaz de producir una operación de acuerdo al número de gente que tenga asignada, considerando el 100% de la capacidad.
8.	Capacidad al 90%	Indica la capacidad de cada operación de acuerdo al número de gente que esté asignada a ésta, y considerar un 10% de ineficiencias y paros que.
9.	Eficiencia de la operación	Indica la eficiencia a la que se encuentra cada operación y sus operarios con relación a lo máximo que son capaces de hacer y la meta que tiene la línea en general.
10.	Total de operarios	Establece el número de Operarios que va a tener cada sección de la línea
11.	Total de operarios en Línea	Indica cuantos operarios va a tener la línea en total de acuerdo al balance generado para cada producto en específico.
12.	Meta por hora	Indica la cantidad óptima de unidades por hora que se va a producir de acuerdo al balance generado en cada producto.

13.	Firma del supervisor	Aquí se adjunta la firma de validación del supervisor asignado a la línea que se balanceó
14.	Nombre del supervisor	Este espacio contiene el nombre del supervisor asignado a la línea que se balanceó
15.	Firma del Ingeniero de planta	Se adjunta la firma de validación del Ingeniero de planta asignado al área de la línea que se balanceó
16.	Nombre del Ingeniero de planta	Se adjunta el nombre del Ingeniero de planta.
17.	Firma del Gerente de Planta	Se adjunta la firma de validación del Gerente de planta, como validación final.
18.	Nombre del Gerente de planta.	Se adjunta el nombre del Gerente de planta.

3. Flujo de Balanceo de Líneas

Pag. 1/2





4. Explicación del flujo de Balanceo de Líneas

1.1 IDENTIFICAR LAS SECCIONES DE LA LÍNEA A BALANCEAR.

Identificar las diferentes secciones de la línea a balancear según la familia del producto.

Existen tres familias de productos:

- **Pillars:** Una línea de pillars comprende tres secciones: llenado, maquinado, y empaque.
- **Jarras:** Una línea de jarras comprende tres secciones: Ensamble, llenado, y empaque.
- **Icons:** Una línea de icons está compuesta por la sección de llenado.

1.2 IDENTIFICAR LAS OPERACIONES DE CADA SECCIÓN DE LA LÍNEA A BALANCEAR.

Identificar las operaciones (cautinado, llenado de moldes, limpieza de jarras, etc...) de cada sección, clasificarlas y ordenarlas.

1.3 PLANTEAR UNA HIPÓTESIS SOBRE LOS PUNTOS CRÍTICOS DEL PROCESO POR SECCION

Luego de haber observado todo el proceso y haber clasificado las operaciones, se debe realizar una suposición sobre qué operación o proceso es el que marca el ritmo de producción. Se debe plantear una hipótesis para cada sección de la línea.

1.4 REALIZAR TOMAS DE TIEMPOS A CADA OPERACIÓN DE CADA SECCIÓN.

Para poder determinar cual es la capacidad de una operación, se deben realizar por lo menos diez tomas de tiempo cronometrados, con las cuales se obtiene un tiempo promedio con el que se calculan las unidades por hora de esta operación a una capacidad del 100%.

1.5 DETERMINAR LA CAPACIDAD DE MÁQUINAS.

Determinar cuantas unidades por hora puede trabajar la máquina. La capacidad de una máquina está condicionada por la velocidad (uds./hra) a la que ésta pueda funcionar, ya sea manejada automáticamente o manualmente.

1.6 DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LLENADO.

Las variables que se deben determinar para completar la capacidad de llenado son las siguientes y se calculan de la siguiente manera:

- **Velocidad de banda:** Asignar una velocidad de banda adecuada para cada producto y tomar en cuenta el tamaño y el efecto de la vela.
- **Número de filas:** la cantidad de filas se calcula al medir el diámetro exterior del molde, y de acuerdo a esa medida se calculan cuantos moldes se pueden colocar a lo ancho de la banda de llenado.

Ej: Si el diámetro exterior del molde es de 3.4" y la banda tiene un ancho de 4pies = 36". Se pueden colocar 10.58 moldes = 10 moldes(se aproxima al número menor).

La capacidad se determina por medio de la siguiente relación:

$$\text{Capacidad (uds/turno)} = \frac{[\text{velocidad-banda(pulg/min)}] * 60 * [\# \text{ moldes por fila}]}{\text{Diámetro exterior del molde(pulg)}}$$

1.7 FORMATO DE TOMA DE TIEMPOS.

Este formato se utiliza para tabular las tomas de tiempos de las operaciones, las capacidades de las máquinas y la capacidad de llenado. Existe un formato de toma de tiempos para cada familia de productos en el cual se especifican las diferentes secciones del proceso.

1.8 DETERMINAR LA LIMITANTE DEL PROCESO POR SECCIÓN.

Con la información tabulada en el formato de tiempos se determina la operación o proceso limitante (más lento) en cada sección del mismo.

1.9 DETERMINAR SI LA LIMITANTE ES MÓVIL.

Una vez determinada la limitante de cada sección y por ende identificada la limitante total de la línea, se debe ver si ésta es móvil, es decir si se puede correr hacia atrás, agregando más gente a la operación o mejorando el proceso de la misma. Se debe

balancear intentando siempre tener el cuello de botella lo más cerca posible del final de todo el proceso.

1.10 ANÁLISIS DE POSIBLES MEJORAS A MÉTODOS DE TRABAJO Y CONDICIONES DEL PROCESO

Siempre se debe tener presente que todo método de trabajo o proceso puede ser mejorado. Si un proceso o método se logra mejorar, pueden suceder dos casos: si la operación o el proceso que se mejoró era limitante parcial o total, se debe analizar nuevamente todo el proceso que se vea afectado por esta mejora, a fin de encontrar la nueva limitante. Si se logró mejorar el método o proceso de tal modo que se quiere llegar a que éste sea la limitante total, se tiene que analizar nuevamente el proceso del producto en su totalidad para ajustarlo al ritmo que marca la mejora hecha.

2.1 ¿PROCESO SUCEPTIBLE A MEJORAS?

Se analiza si el proceso y los métodos se pueden mejorar. Si el proceso es susceptible a mejoras el flujo regresa al inciso 1.3, si no se puede mejorar por el momento se pasa a determinar la capacidad de la línea.

2.2 DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LA LÍNEA EN BASE A LIMITANTE.

Ya sea que se haya mejorado el proceso o no, se debe determinar la capacidad real de la línea en base al ritmo de producción de la operación o proceso limitante (el ritmo más lento de la línea).

2.3 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD POR TURNO Y LAS METAS POR HORA.

Una vez determinada la capacidad de la línea, se debe calcular la capacidad de la línea por turno, además de fijar una meta por hora, basándose en el ritmo limitante. Las capacidades y metas por hora se presentan al 100% (capacidad teórica), al 90% (producción) y 85% (ventas).

2.4 ASIGNACIÓN DE PERSONAS Y CONDICIONES DE PROCESO ADECUADAS.

Para poder llegar a la meta propuesta, se debe asignar un número óptimo de personas a cada operación, para que el proceso se encuentre balanceado. Además, se debe asignar todo el equipo y herramientas necesarias para la elaboración del producto.

2.5 TABLA DE CONDICIONES DE PROCESO

Esta tabla indica el número de herramientas y los tipos de máquinas que se ven involucrados en la elaboración del producto.

2.6 COMPROBAR LA HIPÓTESIS.

La suposición que se hizo al momento de haber observado inicialmente el proceso se comprueba o se rechaza según los resultados obtenidos.

2.7 TABULAR INFORMACIÓN EN EL FORMATO ESTABLECIDO Y ELABORAR OBSERVACIONES.

La información sobre el tiempo de cada operación, la cantidad de personas asignadas a cada operación, la determinación de la meta por hora y por turno de cada producto, deben ser tabuladas en el formato de Balanceo de Líneas. Además de incluir esa información, se debe adjuntar una hoja donde se describan las principales observaciones relacionadas al balance, ya sea en el número de personas, condiciones que se deben tener para cumplir el balance, mejoras implementadas a los métodos y procesos, etc.

2.8 COMPROBAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS METAS EN FORMA CONSISTENTE.

Antes de validar el balance, se debe comprobar su funcionamiento en una línea de producción en forma consistente. Esto se puede hacer poniendo a competir dos líneas (una balanceada y la otra no) durante un período determinado de tiempo (6 turnos, por ejemplo) para hacer evidente la diferencia de forma sustancial y para que la gente se acostumbre a los cambios realizados.

2.9 ¿EXISTE CONSISTENCIA?

Si se comprueba la consistencia del balanceo, se procede a validar el documento con el supervisor. Si no hay consistencia, se debe regresar al inciso 1.3 del flujo.

2.10 VALIDAR EL DOCUMENTO CON EL SUPERVISOR.

El primer paso para la validación del documento es la firma de conformidad del supervisor a cargo.

2.11 ¿LO VALIDÓ?

Si el supervisor valida el documento se procede a validar con el Ingeniero de Planta. Si el documento no es validado por el supervisor, se debe regresar al inciso 1.3 del flujo.

2.12 VALIDAR CON EL INGENIERO DE PLANTA Y/O GERENTE DE PLANTA.

Para que el documento quede validado de forma definitiva, debe ir firmado por el ingeniero de planta a cargo, y de ser posible, lo debe firmar también el gerente de producción. Se deben seguir las mismas instrucciones que en inciso anterior en caso que exista alguna inconformidad.

2.13 ¿LO VALIDÓ?

Si el Ingeniero de Planta o el Gerente de planta valida el documento, se procede a documentar la información en la carpeta de balanceo. Si el documento no se valida, se debe regresar al inciso 1.3 del flujo.

2.14 DOCUMENTAR EN LA CARPETA DE BALANCEOS.

Luego que el documento fue validado, este debe ser archivado en la carpeta de Balanceos de Línea correspondiente. Esta carpeta debe estar actualizada para poder servir como fuente de información en cualquier momento.

B. Mejoras de las Herramientas

Una forma de aumentar la productividad de un proceso de manufactura se puede lograr por medio de posibles mejoras a las herramientas utilizadas. La observación continua del proceso y la creatividad permitieron encontrar dos mejoras al herramental utilizado. Los cambios fueron simples pero sustanciales.

1. Documentación de diseños

- **Picadora de velas larga(pillars)**

Después de llenar los moldes de aluminio, la parafina se enfría y se contrae. Esta contracción o "rechupe" de la vela, toma la forma de una parábola. Luego de ocurrir este efecto, es necesario hacer un agujero en la vela con el fin de proporcionar un enfriamiento más homogéneo y de evitar la formación de cavidades internas(burbujas de aire).

Al comenzar el estudio, se observó que la herramienta utilizada para hacer el agujero en la vela consistía en un pedazo de varilla cortada. El alcance de la operación lo determinaba únicamente el largo del brazo del operario. Esto hacía que no se pudieran colocar moldes de aluminio por todo el ancho de la banda de llenado. Este pequeño detalle disminuía el ritmo de producción en un 30%. Por ejemplo, en vez de poderse colocar catorce moldes cilíndricos de aluminio de 3"x3 "a lo ancho de la banda, únicamente se colocaban diez moldes. En respuesta a este impedimento de alcance se diseñó una "picadora". Este nuevo diseño consistió en un tubo de hierro en forma de L(3 pies de largo x 1 pie de alto), el cual permitió al operario tener un alcance total sobre el ancho de la banda.

Figura No. 4
"Picadora" larga, Herramienta actual

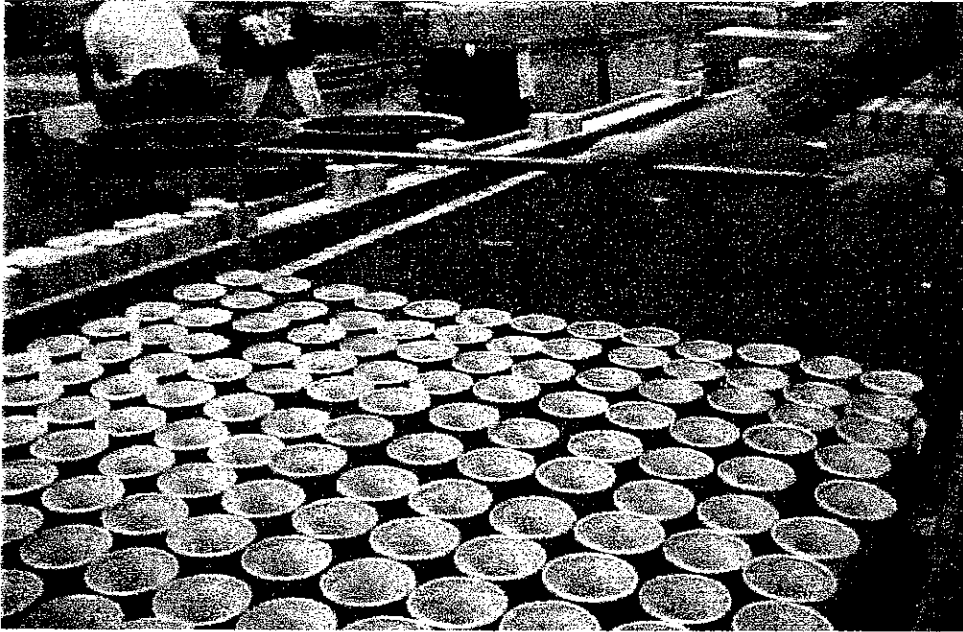


Figura No. 5
Varilla cortada, Herramienta anterior



- **Pichel largo (pillars)**

Después de hacer el agujero en las velas, éstas se pasan por un horno que derrite la mezcla que se encuentra en la superficie del molde. Una vez se ha derretido lo suficiente, se realiza el segundo llenado con un pichel.

Al inicio del estudio, se utilizaba un pichel que presentaba el mismo problema de alcance que la “picadora” de velas. La solución para aumentar el alcance del pichel fue similar al caso anterior. Se incorporó una extensión al pichel que permitiera llenar a lo largo de todo el ancho de la banda de llenado. El largo de la extensión del nuevo pichel fue también de 3.5 pies.

Figura No.6
Pichel Largo
Herramienta actual

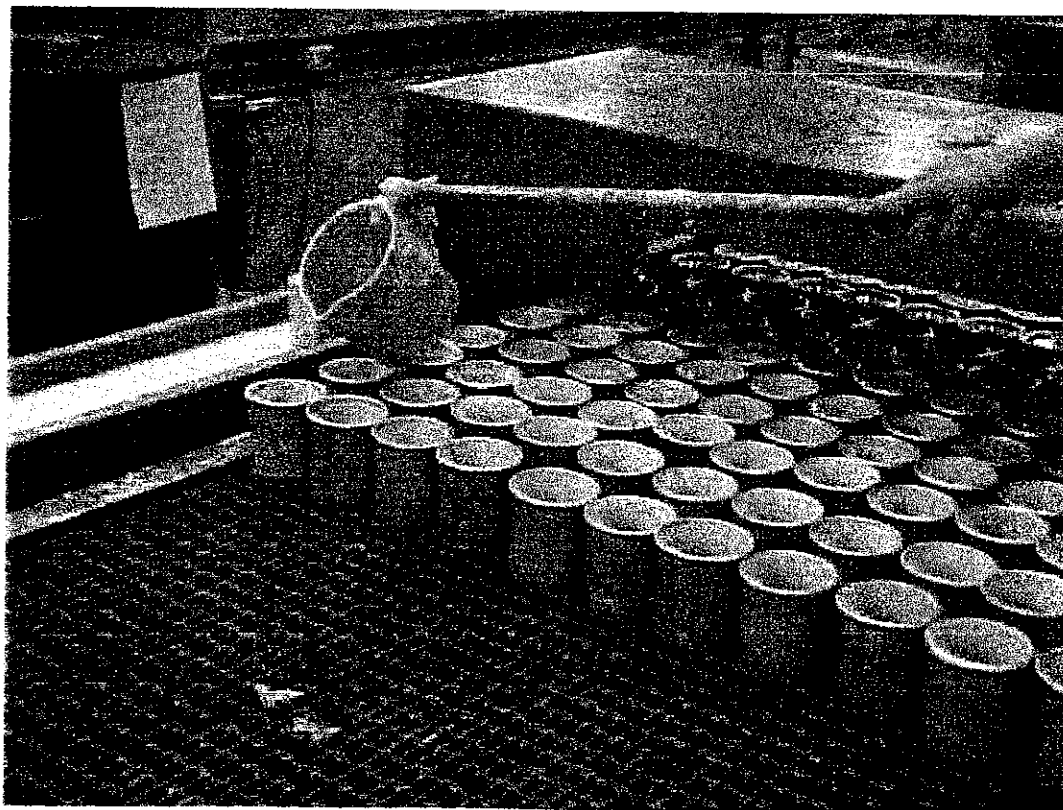


Figura No. 7
Pichel antiguo
Herramienta anterior



C. Mejoras de la maquinaria

La búsqueda constante de mejoras de la maquinaria permitió implementar en la fábrica dos diseños nuevos, los cuales aumentaron sustancialmente la productividad del proceso. La familia de productos que se vio beneficiada por estos cambios fue la de "Pillars". Los cambios en los diseños se basaron más en el sentido común y en la observación. Por esta razón las modificaciones a la maquinaria fueron simples, pero muy beneficiosas.

1. Documentación de diseños

- **Sierra (cortadora de velas)**

Esta máquina se utiliza para cortar las velas y dejarlas a la medida deseada. La sierra consiste en una faja movida por un motor de 1.5 H.P en la cual están ancladas casillas. Las velas se colocan en estas casillas y pasan por una sierra que las corta.

Durante los primeros días del estudio, se observó que la sierra constituía un cuello de botella. Las razones principales eran:

1. **El tiempo de calibración**

Para trabajar un tamaño de vela se realizaba un ajuste en cada casilla. Era necesario calibrar el tope de cada casilla al tamaño requerido. La calibración se realizaba en 45 minutos.

2. **La capacidad de salida**

Debido al tiempo exagerado de calibración de la sierra, esta trabajaba con la mitad de las casillas ajustadas para un tamaño y la otra mitad para otro. La capacidad de la máquina se subutilizaba ya que la capacidad de salida no sobrepasaba el 50%.

La solución a este problema consistió en quitar los topes de cada casilla y colocar en la sierra un tope móvil que ajustara todas las casillas a la vez. Esta mejora duplicó la capacidad de salida y redujo el tiempo de ajuste de la sierra a 15 minutos.

Figura No.8
Diseño mejorado de la sierra

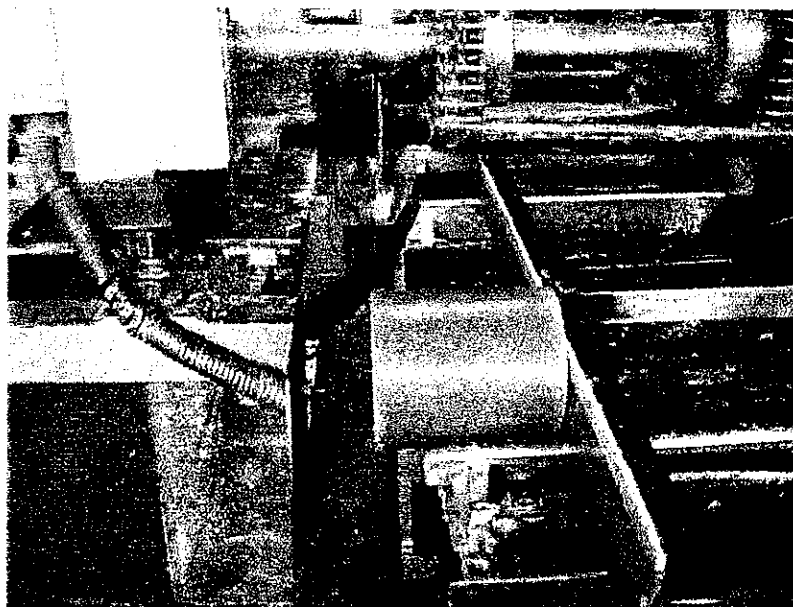
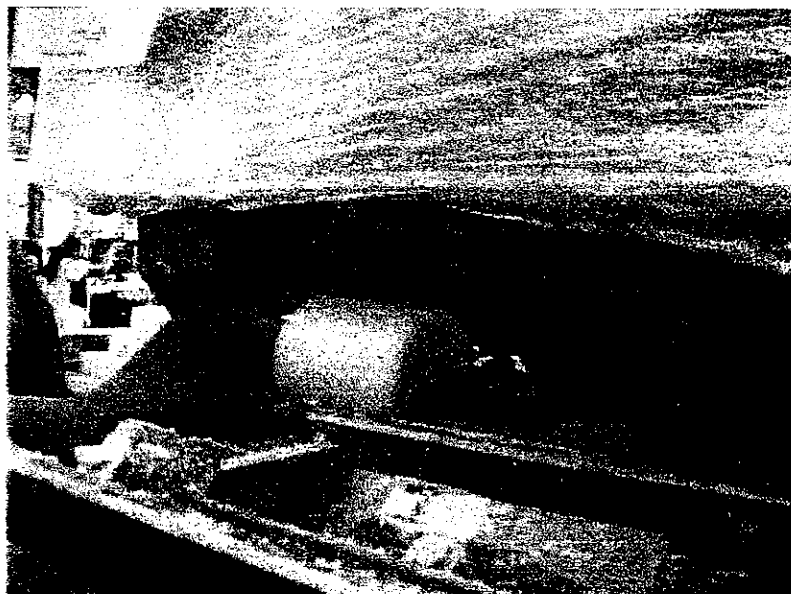


Figura No.9
Diseño inicial de la sierra



- **Barreno**

Luego de desmoldar las velas (para el caso de pillars), estas se barrenan. La operación consiste en colocar la vela en una casilla y presionar el switch de activación del barreno. En ese momento baja otra casilla que permite sujetar la vela y un barreno calentado atraviesa el centro de la misma. La máquina posee cuatro casillas y cuatro barrenos; esto quiere decir que puede barrenar cuatro velas a la vez.

Se pudo observar que el barreno constituía el cuello de botella para la fabricación de "chubbies". Los "chubbies" son velas tipo pillars con un diámetro de 2 ¼ pulgs. La capacidad de salida de la sección de llenado de "chubbies" era más grande que la capacidad de salida del barreno. Por esta razón se acumulaban muchas velas después del desmolde.

La mejora de este proceso consistió en utilizar moldes de hule en los cuales se pudiera colocar hasta cuatro "chubbies". Las casillas se alargaron para que cada molde con cuatro "chubbies" quedara sujeto antes de barrenarse. Este cambio de diseño permitió que la máquina barrenara dieciséis chubbies a la vez. Ahora, el barreno trabaja con tres operarios en cambio de uno.

Los diseños y las operaciones de los barrenos se presentan en las páginas siguientes con fotografías y diagramas de hombre máquina, en donde se especifica la duración del ciclo de operación de la máquina y la interacción que tiene con los operarios.

Diagrama Hombre-Máquina, diseño inicial

Máquina (Barreno)	Operario 1
Tiempo (seg)	Tiempo (seg)
8.32 Tiempo muerto de la máquina	8.32 Tomar cuatro velas de una bandeja, colocarlas en las casillas del barreno y pulsar el swicht de barrenado
3.31 Barrenado de velas	3.31 Tiempo muerto del operario
7.14 Tiempo muerto de la máquina	7.14 Tomar las cuatro velas de las casillas del barreno y colocarlas en la banda de maquinado
18.77 Tiempo Total del ciclo	18.77 Tiempo Total del ciclo

Figura No. 10
Diseño inicial del barreno(barrenado de 4 velas a la vez)

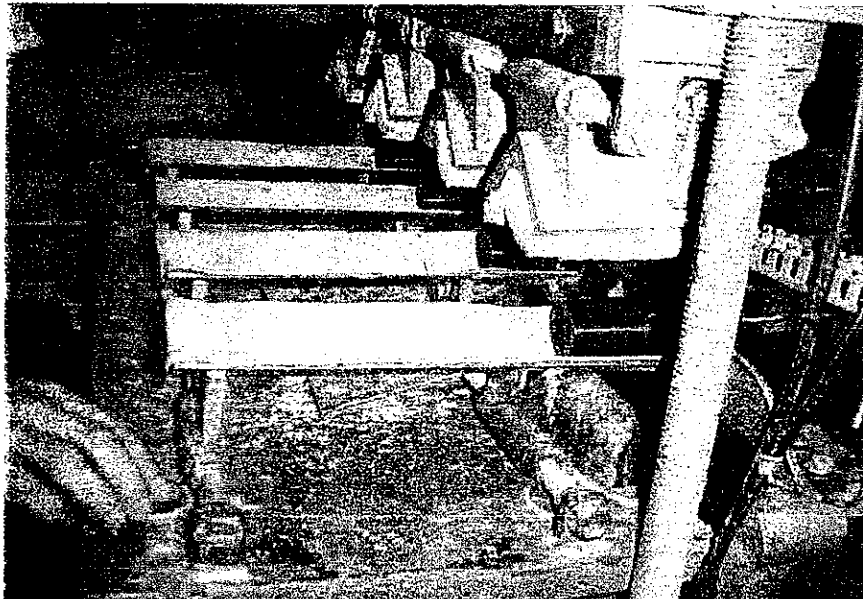
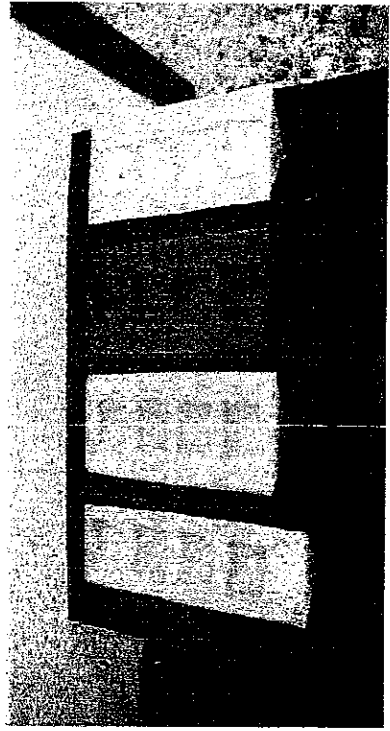


Diagrama Hombre-Máquina, diseño actual

BARRENO		OPERARIO 1		OPERARIO 2		OPERARIO 3	
Tiempo (seg)		Tiempo (seg)		Tiempo (seg)		Tiempo (seg)	
12.54	Tiempo muerto de la máquina	21.36	Colocar velas en moldes y depositarlos al lado del barrenador	12.54	Colocar los moldes en las casillas del barreno y pulsar el switch de barrenado	19.77	Sacar las velas barrenadas de los moldes y regresar estos últimos al operario 1
4.76	Barrenado de velas			4.76	Tiempo muerto del operario		
5.13	Tiempo muerto de la máquina	1.07	Tiempo muerto del operario	5.13	Colocar moldes en banda de maquinado	2.66	Tiempo muerto del operario
22.43	Tiempo Total	22.43	Tiempo Total	22.43	Tiempo Total	22.43	Tiempo Total

Figura No. 11

Diseño actual de moldes para barreno(barrenado de 16 velas a la vez)



VI. MEDICION Y SEGUIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Este trabajo de investigación tuvo como principal objetivo el aumento de la productividad de una planta de velas aromáticas. La medición de la productividad constituyó un indicador cuantificable del logro de resultados a lo largo de ocho semanas de trabajo. Con esta información se lograron medir las mejoras de los procesos de manufactura y compararse los resultados con el período base de productividad de la planta. El período base se definió como la productividad de la planta al inicio de la investigación.

El formato que se utilizó para la medición de la productividad (Ver anexo No.3) y la explicación del mismo, presentan la herramienta que se desarrolló para monitorear la productividad. Las unidades utilizadas para la medición de la productividad fueron los Kgs/Hora-Hombre. Este indicador se monitoreó por separado para cada familia de productos, por turno, por día y por semana. Los resultados se presentan en el inciso 5.2 (Medición de la productividad).

Al final de la sección, tres gráficas(una para cada familia de productos) resumen el comportamiento de la productividad de la planta durante ocho semanas de trabajo.

A. Explicación del formato del Índice de Productividad

No.	Nombre del Campo	Explicación del Campo
1.	Kgs equivalentes, turno diurno	Se escriben los kilogramos (pillars, jarras o icons según la tabla) que se entregaron a bodega durante el turno diurno.
2.	Horas-Hombre, turno diurno	Se escriben las horas hombre (pillars, jarras o icons según la tabla) que se utilizaron para fabricar y empacar los kilogramos de producto durante el turno diurno.
3.	Kgs/(Horas-Hombre), turno diurno	El programa genera esta información y consiste en dividir los kilogramos empacados (pillars, jarras o icons según la tabla) por las horas hombre utilizadas (pillars, jarras o icons según la tabla) para fabricarlos y empacarlos durante el turno diurno.
4.	Kgs equivalentes, turno nocturno	Se escriben los kilogramos (pillars, jarras o icons según la tabla) que se entregaron a bodega durante el turno nocturno.
5.	Horas-Hombre, turno nocturno	Se escriben las horas hombre (pillars, jarras o icons según la tabla) que se utilizaron para fabricar y empacar los kilogramos de producto durante el turno nocturno.
6.	Kgs/(Horas-Hombre), turno nocturno	El programa genera esta información y consiste en dividir los kilogramos empacados (pillars, jarras o icons según la tabla) por las horas hombre utilizadas (pillars, jarras o icons según la tabla) para fabricarlos y empacarlos durante el turno nocturno.

7.	Promedio semanal, turno diurno	El programa genera este dato y consiste en sumar todos los kilogramos empacados (pillars, jarras o icons según la tabla) durante el turno diurno de la semana y dividirlos por la sumatoria de las horas hombre utilizadas (pillars, jarras o icons según la tabla) en el turno diurno de la semana.
8.	Promedio semanal, turno nocturno	El programa genera este dato y consiste en sumar todos los kilogramos empacados (pillars, jarras o icons según la tabla) durante el turno nocturno de la semana y dividirlos por la sumatoria de las horas hombre utilizadas (pillars, jarras o icons según la tabla) en el turno nocturno de la semana.
9.	Promedio semanal	El programa genera este dato y consiste en sumar todos los kilogramos empacados (pillars, jarras o icons según la tabla) durante la semana y dividirlos por la sumatoria de las horas hombre utilizadas (pillars, jarras o icons según la tabla) en la semana.

B. Medición de la productividad

Indice de productividad/Marzo

PILLARS DIURNO					PILLARS NOCTURNO				
Día	Fecha	Kgs. (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre	Kgs. (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre/día	Promedio Semanal
Lun.	6	4321.00	1236	3.50	4105.00	1345	3.06	3.26	
Mart.	7	4135.00	1314	3.15	4322.00	1307	3.31	3.23	3.29
Mierc.	8	4168.00	1249	3.34	4145.00	1245	3.33	3.33	3.33
Juev.	9	4268.00	1344	3.18	4985.00	1288	3.87	3.52	
Viern.	10	4334.00	1315	3.30	4654.00	1387	3.36	3.33	
Lun.	13	4298.00	1246	3.45	4596.00	1265	3.63	3.54	
Mart.	14	4354.00	1289	3.38	3853.00	1245	3.09	3.24	3.38
Mierc.	15	4059.00	1145	3.54	3758.00	1299	2.89	3.20	3.41
Juev.	16	3865.00	1236	3.13	4132.00	1259	3.28	3.21	
Viern.	17	3987.00	1145	3.48	3596.00	1187	3.03	3.25	3.34
Lun.	20	4321.00	1265	3.42	4951.00	1289	3.84	3.63	
Mart.	21	3895.00	1365	2.85	4089.00	1302	3.14	2.99	3.38
Mierc.	22	4596.00	1298	3.54	4789.00	1258	3.81	3.67	3.47
Juev.	23	4260.00	1160	3.67	3987.00	1287	3.10	3.37	
Viern.	24	4388.00	1256	3.49	4123.00	1291	3.19	3.34	3.40
Lun.	27	4321.00	1187	3.64	4651.00	1126	4.13	3.88	
Mart.	28	4159.00	1143	3.64	4321.00	1287	3.36	3.49	3.47
Mierc.	29	3523.00	1199	2.94	4562.00	1272	3.59	3.27	3.54
Juev.	30	4232.00	1276	3.32	3950.00	1145	3.45	3.38	
Viern.	31	4645.00	1211	3.84	4015.00	1239	3.24	3.53	3.51

JARRAS DIURNO					JARRAS NOCTURNO				
Día	Fecha	Kgs. (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre	Kgs. (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre/día	Promedio Semanal
Lun.	6	7354.00	861	8.54	7656.00	787	9.73	9.11	
Mart.	7	6459.00	812	7.95	7853.00	845	9.29	8.64	8.25
Mierc.	8	6984.00	854	8.18	7146.00	823	8.68	8.43	8.68
Juev.	9	6895.00	813	8.48	7231.00	856	8.45	8.46	
Viern.	10	6086.00	752	8.09	6454.00	894	7.22	7.62	8.45
Lun.	13	6513.00	832	7.83	6378.00	755	8.45	8.12	
Mart.	14	7951.00	815	9.76	6578.00	846	7.78	8.75	8.75
Mierc.	15	6890.00	892	7.72	6458.00	713	9.06	8.32	8.55
Juev.	16	7245.00	703	10.31	6893.00	786	8.77	9.49	
Viern.	17	7258.00	856	8.48	6950.00	743	9.35	8.89	8.70
Lun.	20	6987.00	753	9.28	7589.00	779	9.74	9.91	
Mart.	21	7654.00	926	8.27	7026.00	862	8.15	8.21	8.74
Mierc.	22	7026.00	378	8.00	7259.00	841	8.63	8.31	8.48
Juev.	23	7348.00	326	8.90	6254.00	864	7.24	8.05	
Viern.	24	7589.00	304	9.44	7890.00	901	8.76	9.08	8.61
Lun.	27	8046.00	842	9.56	7125.00	736	9.68	9.61	
Mart.	28	7989.00	856	9.33	7156.00	860	8.32	9.83	9.08
Mierc.	29	7245.00	391	8.24	7356.00	812	9.06	8.63	8.30
Juev.	30	7325.00	788	9.30	7895.00	793	9.96	9.63	
Viern.	31	6598.00	732	9.01	7832.00	815	9.61	9.33	8.18

ICONS DIURNO					ICONS NOCTURNO				
Día	Fecha	Kgs. (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre	Kgs. (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre	Kgs/hora-Hombre/día	Promedio Semanal
Lun.	6	1345.00	564	2.38	1374.00	566	2.43	2.41	
Mart.	7	1289.00	598	2.16	1243.00	523	2.38	2.26	2.60
Mierc.	8	1577.00	594	2.65	1198.00	584	2.05	2.36	2.35
Juev.	9	1356.00	594	2.28	1345.00	599	2.25	2.26	
Viern.	10	1859.00	321	3.64	1312.00	484	2.71	3.20	2.45
Lun.	13	1398.00	534	2.62	1406.00	594	2.37	2.49	
Mart.	14	1258.00	598	2.10	1286.00	603	2.30	2.20	2.89
Mierc.	15	1892.00	498	3.80	1465.00	587	2.50	3.09	2.48
Juev.	16	1599.00	556	2.88	1487.00	543	2.74	2.81	
Viern.	17	1877.00	587	3.20	1553.00	621	2.50	2.84	2.88
Lun.	20	1729.00	355	3.12	1598.00	598	2.67	2.89	
Mart.	21	1593.00	512	3.11	1323.00	506	2.61	2.86	2.93
Mierc.	22	1613.00	364	2.86	1532.00	581	2.64	2.75	2.44
Juev.	23	1604.00	397	2.69	1309.00	582	2.26	2.47	
Viern.	24	1623.00	355	2.92	1265.00	570	2.22	2.57	2.70
Lun.	27	1456.00	332	2.74	1498.00	590	2.54	2.63	
Mart.	28	1951.00	346	3.57	1594.00	562	2.84	3.20	2.88
Mierc.	29	1287.00	397	2.16	1321.00	587	2.25	2.20	2.64
Juev.	30	1485.00	513	2.89	1803.00	530	3.40	3.15	
Viern.	31	1654.00	336	3.09	1345.00	532	2.13	2.57	2.74

Indice de productividad/Abril

PILLARS DIURNO

Día	Fecha	Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre
Lun.	3	4331.00	1272	3.40
Mart.	4	5216.00	1314	3.97
Mierc.	5	4899.00	1278	3.83
Juev.	6	5265.00	1344	3.92
Viern.	7	4385.00	1315	3.32
Lun.	10	4398.00	1156	3.80
Mart.	11	4398.00	1189	3.70
Mierc.	12	4158.00	1145	3.63
Juev.	13	4356.00	1203	3.62
Viern.	14	4289.00	1087	3.95
Lun.	17	4465.00	1264	3.53
Mart.	18	5698.00	1300	4.38
Mierc.	19	5369.00	1203	4.46
Juev.	20	5015.00	1265	3.96
Viern.	21	5245.00	1566	3.35
Lun.	23	5034.00	1230	4.09
Mart.	24	5348.00	1315	4.07
Mierc.	25	5345.00	1203	4.44
Juev.	26	5879.00	1209	4.86
Viern.	27	5587.00	1246	4.48

PILLARS NOCTURNO

Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre/día	Promedio Semanal
4166.00	1345	3.10	3.25	
4356.00	1207	3.61	3.80	diurno
5364.00	1245	4.31	4.07	nocturno
5023.00	1289	3.90	3.91	
4958.00	1387	3.57	3.45	Sem 5
4986.00	1265	3.94	3.88	
4986.00	1245	4.00	3.86	diurno
4860.00	1299	3.74	3.69	nocturno
5268.00	1259	4.18	3.91	
5049.00	1187	4.25	4.11	Sem 6
5696.00	1288	4.42	3.98	
5369.00	1289	4.17	4.27	diurno
5266.00	1305	4.04	4.24	nocturno
5683.00	1287	4.42	4.19	
5136.00	1275	4.03	3.65	Sem 7
4781.00	1187	4.03	4.06	
4654.00	1254	3.71	3.89	diurno
4986.00	1344	3.69	4.04	nocturno
5874.00	1187	4.95	4.91	
4855.00	1265	3.84	4.16	Sem 8

JARRAS DIURNO

Día	Fecha	Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre
Lun.	3	7553.00	861	8.77
Mart.	4	7485.00	812	9.22
Mierc.	5	8457.00	854	9.90
Juev.	6	7265.00	813	8.94
Viern.	7	8245.00	752	10.98
Lun.	10	7544.00	832	9.07
Mart.	11	7856.00	815	9.64
Mierc.	12	7854.00	892	8.80
Juev.	13	7165.00	703	10.19
Viern.	14	7123.00	856	8.32
Lun.	17	7289.00	753	9.68
Mart.	18	8798.00	925	9.50
Mierc.	19	8456.00	878	9.63
Juev.	20	8023.00	826	9.71
Viern.	21	8478.00	804	10.54
Lun.	23	8230.00	884	9.21
Mart.	24	8359.00	846	9.88
Mierc.	25	6786.00	831	10.57
Juev.	26	8356.00	753	11.10
Viern.	27	8392.00	799	10.45

JARRAS NOCTURNO

Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre/día	Promedio Semanal
7660.00	787	9.73	9.23	
8265.00	845	9.78	9.51	diurno
8256.00	823	10.03	9.97	nocturno
8354.00	856	9.76	9.38	
8478.00	804	9.48	10.16	Sem 5
7246.00	755	9.60	9.32	
8368.00	846	9.88	9.77	diurno
8465.00	713	11.87	10.17	nocturno
8423.00	786	10.72	10.47	
7158.00	743	9.63	8.93	Sem 6
7489.00	777	9.60	9.64	
8368.00	854	9.80	9.64	diurno
9578.00	853	10.06	9.84	nocturno
8254.00	861	9.59	9.65	
7542.00	909	8.30	9.35	Sem 7
8145.00	764	10.66	9.88	
8456.00	861	9.82	9.85	diurno
8265.00	803	10.29	10.44	nocturno
8025.00	790	10.16	10.62	
8932.00	819	10.91	10.88	Sem 8

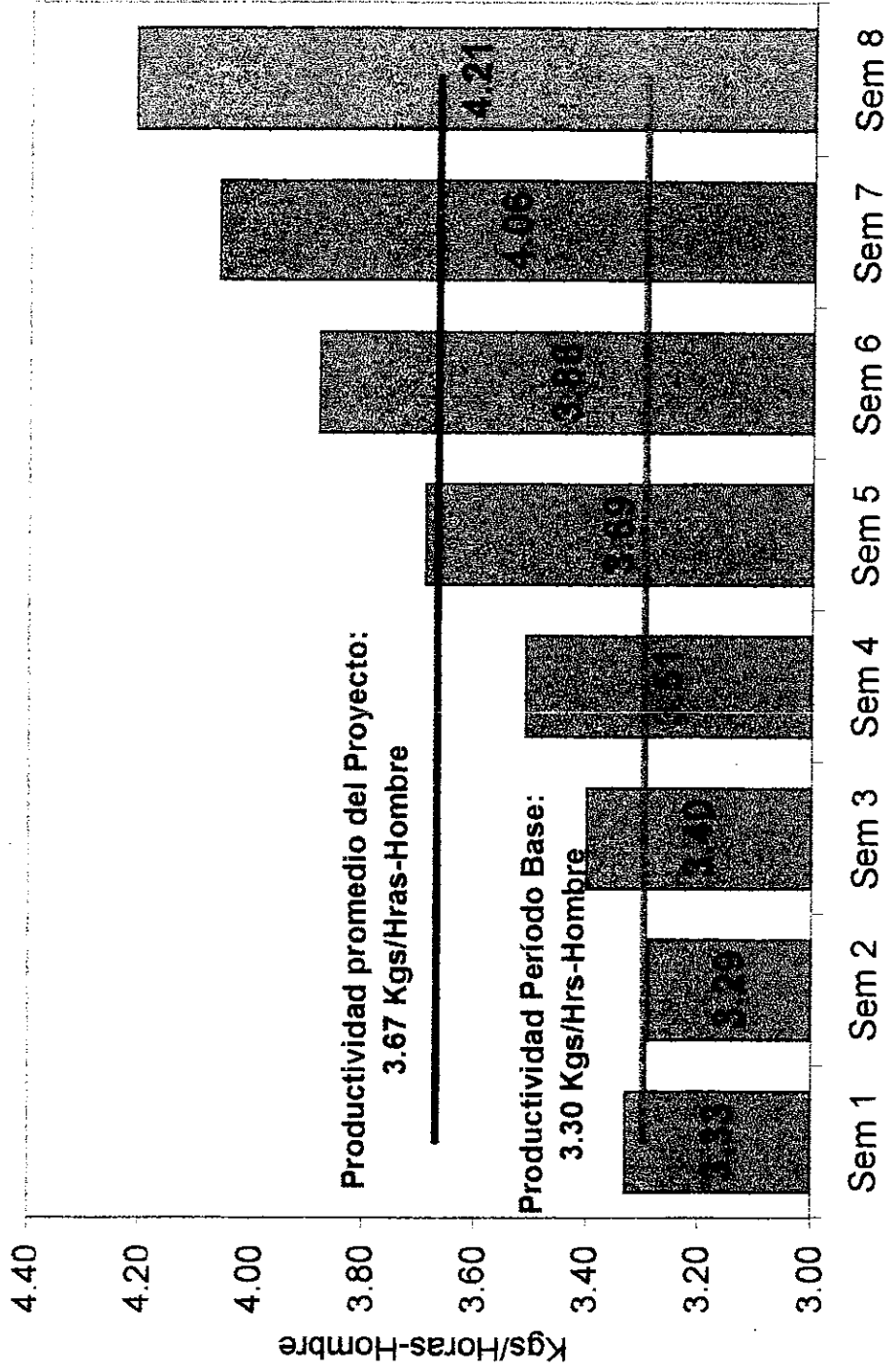
ICONS DIURNO

Día	Fecha	Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre
Lun.	3	1489.00	560	2.66
Mart.	4	1256.00	593	2.12
Mierc.	5	1523.00	546	2.79
Juev.	6	1303.00	576	2.28
Viern.	7	2059.00	520	3.96
Lun.	10	1489.00	513	2.90
Mart.	11	1345.00	546	2.46
Mierc.	12	1745.00	476	3.67
Juev.	13	1625.00	623	3.11
Viern.	14	1978.00	511	3.87
Lun.	17	1623.00	526	3.09
Mart.	18	1428.00	503	2.83
Mierc.	19	1623.00	588	2.88
Juev.	20	1503.00	603	2.49
Viern.	21	1678.00	542	3.10
Lun.	23	1489.00	602	2.47
Mart.	24	1964.00	552	3.56
Mierc.	25	1386.00	591	2.34
Juev.	26	1499.00	583	2.71
Viern.	27	1765.00	582	3.14

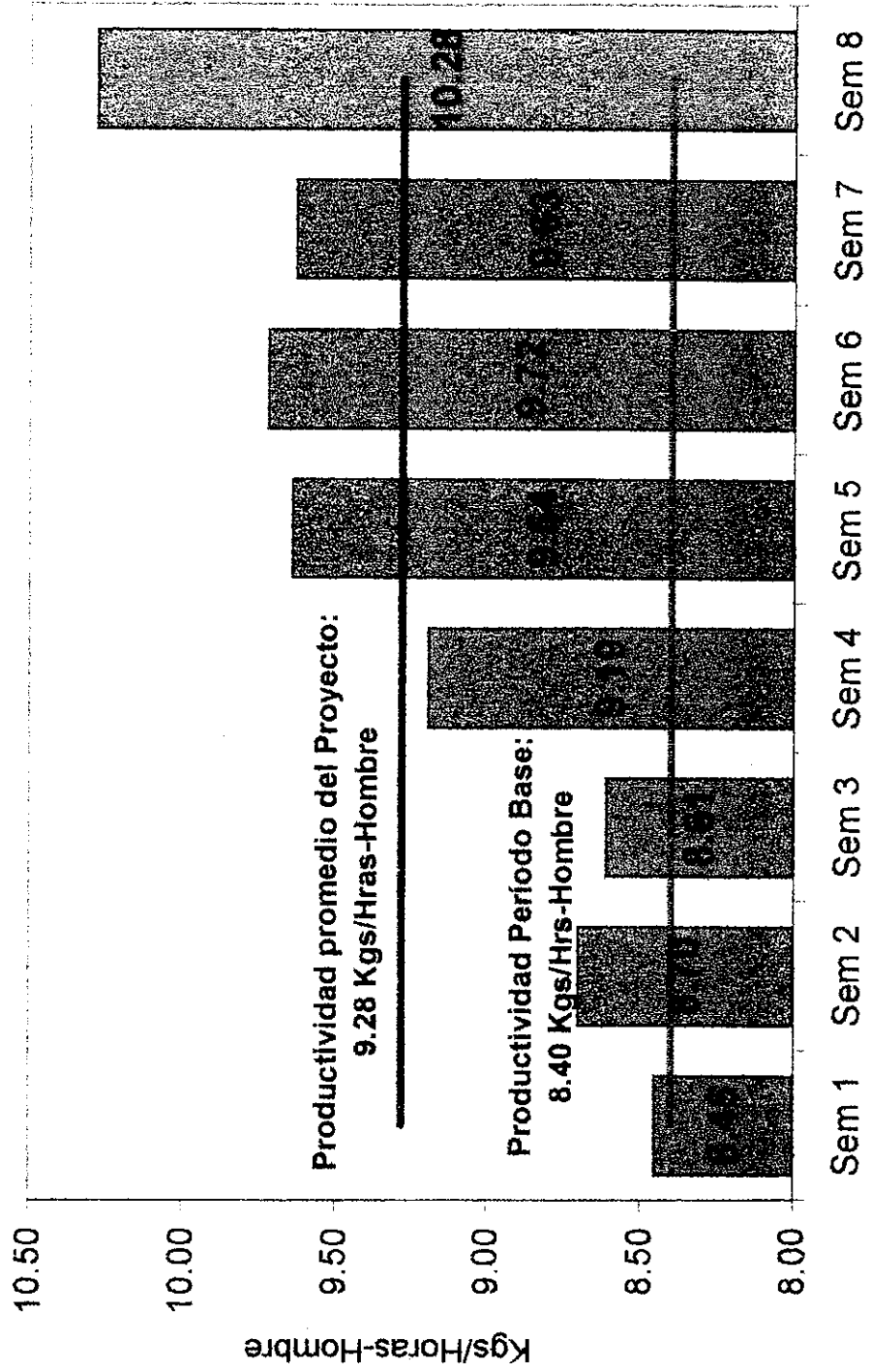
ICONS NOCTURNO

Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre	Kgs/Hora-Hombre/día	Promedio Semanal
1487.00	539	2.52	2.59	
1356.00	529	2.56	2.33	diurno
1278.00	547	2.34	2.56	nocturno
1477.00	503	2.94	2.58	
1903.00	487	3.91	3.93	Sem 5
1406.00	594	2.37	2.62	
1386.00	603	2.30	2.38	diurno
1465.00	567	2.50	3.02	nocturno
1487.00	543	2.74	2.92	
1553.00	621	2.50	3.12	Sem 6
1597.00	597	2.68	2.87	
1472.00	503	2.93	2.88	diurno
1547.00	523	2.96	2.91	nocturno
1408.00	632	2.64	2.56	
1623.00	603	2.69	2.88	Sem 7
1598.00	591	2.70	2.59	
1892.00	560	3.38	3.47	diurno
1456.00	583	2.50	2.42	nocturno
1832.00	541	3.39	3.04	
1678.00	634	2.65	2.88	Sem 8

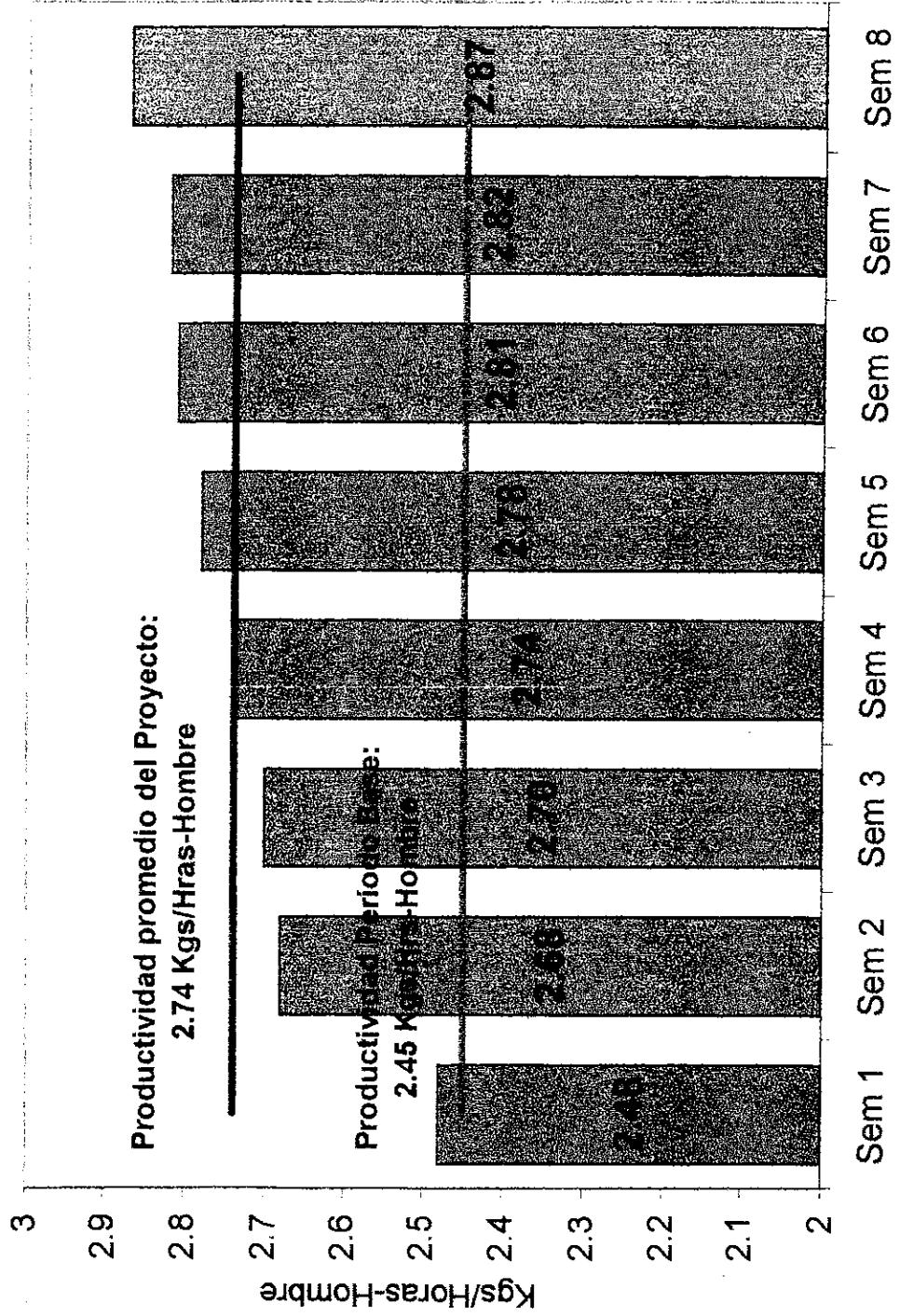
Indice de Productividad Pillars



Indice de Productividad Jarras



Indice de Productividad Icons



Resultados de la medición del Índice de Productividad durante el período Marzo/Abril

		Pillars (Kgs/Hora-Hombre)
MARZO	Sem 1	3.33
	Sem 2	3.29
	Sem 3	3.40
	Sem 4	3.51
ABRIL	Sem 5	3.69
	Sem 6	3.88
	Sem 7	4.06
	Sem 8	4.21
Promedio		3.67

PILLARS

Productividad Periodo base (Kgs/Hra-Hombre)	Productividad promedio del proyecto (Kgs/Hra-Hombre)	Porcentaje de mejora
3.30	3.67	11.21%

		Jarras (Kgs/Hora-Hombre)
MARZO	Sem 1	8.45
	Sem 2	8.70
	Sem 3	8.61
	Sem 4	9.19
ABRIL	Sem 5	9.64
	Sem 6	9.72
	Sem 7	9.63
	Sem 8	10.28
Promedio		9.28

JARRAS

Productividad Periodo base (Kgs/Hra-hombre)	Productividad promedio del proyecto (Kgs/Hra-Hombre)	Porcentaje de mejora
8.40	9.28	10.48%

		Icons (Kgs/Hora-Hombre)
MARZO	Sem 1	2.48
	Sem 2	2.68
	Sem 3	2.70
	Sem 4	2.74
ABRIL	Sem 5	2.78
	Sem 6	2.81
	Sem 7	2.82
	Sem 8	2.87
Promedio		2.74

ICONS

Productividad Periodo base (Kgs/Hra-Hombre)	Productividad promedio del proyecto (Kgs/Hra-Hombre)	Porcentaje de mejora
2.45	2.74	11.84%

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

El objetivo principal de este trabajo fue el de aumentar la productividad de una fábrica de velas aromáticas por medio de la optimización de procesos de manufactura. Después de dos meses de trabajo, se llegó a la conclusión de que la optimización, en general, se alcanza por medio de dos herramientas inseparables: la mejora continua y la estandarización. Para poder utilizar correctamente estas herramientas es indispensable romper constantemente con todos los paradigmas establecidos y estar convencidos que siempre existe un mejor método.

Se dio mucha importancia a la explicación de los procesos de manufactura y a la determinación de la capacidad de la planta. Se consideró que antes de buscar mejoras a un proceso, este se debe conocer con exactitud. Conocer más sobre el proceso significó aumentar las áreas de mejora y poderse enfocar a las más importantes.

Se logró aumentar la productividad de la planta en un 10% en el plazo de dos meses. Tratándose de un proceso casi manual, el factor principal para lograr este aumento de la productividad fue el balanceo de línea. Se observó desde el principio del estudio que los balanceos de línea que existían en la planta se habían realizado en forma empírica. Como resultado, se trabajaba con más personal del necesario.

Los balanceos de línea constituyeron un ejemplo de un paradigma que se rompió durante el trabajo de investigación. ¿Cómo puede ser posible producir más velas con menos personas?. En variadas ocasiones, trabajar con más personal reducía los espacios del área de trabajo y entorpecía el proceso; muchas veces el tener demasiado personal para un ritmo de producción determinado hacía que los operarios disminuyeran la eficiencia de su trabajo ya que no se veían obligados a esforzarse. Estas fueron varias de las muchas razones que permitieron romper con este paradigma.

Las mejoras de las herramientas fueron simples y muy beneficiosas. Las extensiones del pichel y de la picadora fueron el resultado de la observación continua del proceso. Se observó que la banda de llenado, para el caso de los pillars, no se utilizaba al 100%. La

banda tenía cuatro pies de ancho y solo se utilizaban dos pies y medio para colocar moldes. ¿Por qué no se utilizaban los cuatro pies de ancho de la banda?. Porque las operaciones del picado de velas y la del relleno dependían del alcance del operario, el cual era de aproximadamente dos pies y medio. Este problema se solucionó al aumentar el alcance del operario por medio de picheles y picadoras más largos.

Las mejoras de la maquinaria también se enfocaron hacia la estandarización. Para el caso de la sierra se llegó a la conclusión que era más productivo trabajar con una máquina que necesitara un ajuste general y no una que necesitara un ajuste para cada casilla. El barreno constituía un cuello de botella en la fabricación de "chubbies". Se llegaban a acumular miles de velas antes de ser procesadas por esta máquina. La pregunta que se hizo en este caso fue: ¿Cómo poder aumentar la capacidad de la máquina y eliminar el cuello de botella?. El cambio del diseño cuadruplicó la capacidad del barreno y logró aumentar considerablemente la producción y la productividad de los "chubbies".

La medición de la productividad permitió cuantificar las mejoras de los procesos de manufactura y se convirtió en uno de los indicadores más importantes del departamento de producción en la compañía. Los balanceos de línea también constituyeron una herramienta de trabajo adoptada por la empresa.

La productividad no debe ser un fin sino una cultura que se vive día a día. El enfoque del trabajo fue en su mayor parte cuantitativo ya que se consideró que este era el primer paso para llevar a cabo una cultura de Zenshin dentro del departamento de producción, pero más importante todavía dentro de toda la compañía. Por esta razón, se buscaron soluciones y mejoras de la productividad a largo plazo con el fin de colaborar a la implementación de esta cultura. Se enfatizó en la estandarización de los sistemas de trabajo enfocados a la mejora continua. Se dio mucha importancia a los formatos y a los flujos. Cada uno de ellos se explicó claramente para que se implementaran y pudieran ser consultados por cualquier persona.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones:

1. La productividad no debe ser un fin sino una cultura que se vive día a día.
2. La optimización de procesos de manufactura se alcanza por medio de dos herramientas inseparables: la mejora continua y la estandarización.
3. Para medir la mejora de métodos y procesos, es necesario establecer indicadores que cuantifiquen los resultados.
4. Es necesario conocer con exactitud el proceso de manufactura antes de buscar mejoras del mismo. Conocer más sobre el proceso significa aumentar las áreas de estudio y enfocarse en las más importantes.
5. Las tres áreas principales hacia las cuales se puede enfocar la mejora de un proceso de manufactura constituyen: las herramientas, la maquinaria y la mano de obra.
6. Siempre existe un mejor método para realizar una actividad.
7. Se logró aumentar la productividad de la planta en más del 10% para cada familia de productos. Los Pillars aumentaron su productividad en 11.21%, las Jarras aumentaron su productividad en 10.48% y los Icons aumentaron su productividad en 11.84%.
8. La mejora del proceso que generó más aumento de la productividad fue el Balanceo de Líneas.
9. La medición del Índice de Productividad y el Balanceo de Líneas constituyeron herramientas de trabajo que se adoptaron por la fábrica después de finalizarse el estudio.

B. Recomendaciones:

1. Se recomienda a toda fábrica crear un departamento de métodos y procesos, cuyo objetivo sea buscar constantemente el aumento de la productividad.
2. Se aconseja al departamento de producción de toda compañía, llevar un indicador de productividad que permita medir con objetividad la eficiencia de la planta.
3. Se sugiere al departamento de producción de toda empresa, utilizar las herramientas empleadas en este estudio para analizar proyectos enfocados al aumento de la productividad.
4. Se propone documentar todos los sistemas de trabajo utilizados en una fábrica para estandarizar el proceso de manufactura.
5. Se recomienda crear estrategias para romper paradigmas establecidos, y así poder incorporar una cultura enfocada hacia la calidad y la mejora continua.
6. Se aconseja crear ambientes seguros y agradables de trabajo y capacitar a los operarios adecuadamente para optimizar su rendimiento.
7. Se sugiere a toda compañía, enfocar la productividad como la implementación de una cultura de mejora continua en la cual todos los empleados deben participar para su creación y desarrollo.
8. La productividad desde el punto de vista cuantitativo constituye una fase inicial de la implementación de una cultura de mejora continua dentro de una compañía. Es importante hacer ver que la productividad también abarca más criterios como la calidad, el manejo, la modernización, la sistematización y los esfuerzos colectivos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. David Sumanth. Ingeniería y Administración de la Productividad. McGraw Hill. México D.F. 1990. 547 pp.
2. Everett E. Adam, Ebert Ronald. Administración de la Producción y las Operaciones. 4ª edición. Prentice Hall. México D.F. 1991. 738 pp.
3. Internet.
4. Niebel Benjamin . Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos. 9ª edición. Alfaomega. México D.F. 1996. 880 pp.
5. Peters Thomas, Waterman Robert. En Busca de la Excelencia. Grupo Editorial Norma. Colombia. 1996. 340 pp.
6. Villamizar Rodrigo, Mondragón Juan Carlos. Zenshin, Lecciones de los países del Asia-Pacífico en tecnología productividad y competitividad. Grupo Editorial Norma. Colombia. 1996. 210 pp.

X. ANEXOS

Anexo No. 2, Formato de Balanceo de Líneas

PRODUCTO 1

SECCION	No.	Desc. Op	tiempo de operación (seg)	Uds/hra. Por Op.	BALANCEO PROPUESTO			
					# Op.	Cap. 100%	Cap. 90%	Efic. Op.
2		3	4	5	6	7	8	9
TOTAL OPERARIOS					10			
TOTAL OPERARIOS EN LA LINEA					11			

META POR HORA 12 (unidades por hora)

Firma del Supervisor 13
Nombre 14

Firma del Ing. De Planta 15
Nombre 16

Firma del Gerente de Planta 17
Nombre 18

Anexo No. 3, Formato del Indice de Productividad

PILLARS DIURNO

DIA	FECHA	Kgs (equivalentes)	Hora-hombre	Kgs/hora-hombre
Lun.	3			
Mart.	4	1	2	3
Mierc.	5			
Juev.	6			
Viern.	7			
Lun.	10			
Mart.	11			
Mierc.	12			
Juev.	13			
Viern.	14			
Lun.	17			
Mart.	18			
Mierc.	19			
Juev.	20			
Viern.	21			
Lun.	24			
Mart.	25			
Mierc.	26			
Juev.	27			
Viern.	28			

PILLARS NOCTURNO

Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora hombre	Promedio Semanal	
4	5	6	7	diurno
			8	nocturno
			9	sem 1
				diurno
				nocturno
				sem 2
				diurno
				nocturno
				sem 3
				diurno
				nocturno
				sem 4

JARRAS DIURNO

DIA	FECHA	Kgs (equivalentes)	Hora-hombre	Kgs/hora-hombre
Lun.	3			
Mart.	4			
Mierc.	5			
Juev.	6			
Viern.	7			
Lun.	10			
Mart.	11			
Mierc.	12			
Juev.	13			
Viern.	14			
Lun.	17			
Mart.	18			
Mierc.	19			
Juev.	20			
Viern.	21			
Lun.	24			
Mart.	25			
Mierc.	26			
Juev.	27			
Viern.	28			

JARRAS NOCTURNO

Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora hombre	Promedio Semanal	
				diurno
				nocturno
				sem 1
				diurno
				nocturno
				sem 2
				diurno
				nocturno
				sem 3
				diurno
				nocturno
				sem 4

ICONS DIURNO

DIA	FECHA	Kgs (equivalentes)	Hora-hombre	Kgs/hora-hombre
Lun.	3			
Mart.	4			
Mierc.	5			
Juev.	6			
Viern.	7			
Lun.	10			
Mart.	11			
Mierc.	12			
Juev.	13			
Viern.	14			
Lun.	17			
Mart.	18			
Mierc.	19			
Juev.	20			
Viern.	21			
Lun.	24			
Mart.	25			
Mierc.	26			
Juev.	27			
Viern.	28			

ICONS NOCTURNO

Kgs (equivalentes)	Hora-Hombre	Kgs/hora hombre	Promedio Semanal	
				diurno
				nocturno
				sem 1
				diurno
				nocturno
				sem 2
				diurno
				nocturno
				sem 3
				diurno
				nocturno
				sem 4

Anexo No. 4, Balances de Línea

PRODUCTO Piñar 3x3

SECCION	#Op.	Desc. Op.	Tiempo de operación (seg)	Uds/hra. Por Op.	BALANCE PROPUESTO			
					# Op.	Cap. 100%	Cap. 90%	Ere. Op.
LLENADO	1	Colocar moldes	3.56	1011	1	1011	909	86%
	2	Llenado	4.06	886	1	886	797	96%
	3	Relleno y picado	4.12	873	1	873	785	99%
	4	Desmolde y encajonado	9.16	363	3	1179	1081	73%
TOTAL OPERARIOS					5			

MAQUINADO	1	Barreno	4.16	665	1	665	778	100%
	2	Colocar pabito	6.89	522	2	1044	939	83%
	3	Cautin	10.88	330	3	992	892	87%
	4	Relleno	4.06	886	1	886	797	98%
	5	Sierra	2.72	1323	1	1323	1190	65%
TOTAL OPERARIOS					8			

EMPAQUE	1	Limpieza de vela	9.54	377	3	1132	1018	76%
	2	Bottom Pad	4.08	886	1	886	797	98%
	3	Manga	3.97	906	1	906	815	95%
	4	Top	3.86	932	1	932	838	93%
	5	Colocar vela en horno	3.54	1016	1	1016	914	85%
	6	Recibir vela del horno	3.71	970	1	970	873	89%
	7	Front Label	6.38	564	2	1128	1015	77%
	8	SKU	3.59	1002	1	1002	901	86%
	9	Empaque y sellado inner	3.84	937	1	937	843	92%
	10	Armar cajas	-	-	1	-	-	-
	11	Entarimado y rotulado	-	-	1	-	-	-
	12	Activador de materiales	-	-	1	-	-	-
TOTAL OPERARIOS					18			
TOTAL OPERARIOS EN LA LINEA					28			

MEYA POR HORA	778	(unidades por hora)
---------------	-----	---------------------

Firma del Supervisor

Nombre

Firma del Ing. De Planta

Nombre

Firma del Gerente de Planta

Nombre

PRODUCTO Pilar Chubbie

SECCION	Op	Desc. Op	tiempo de operación (seg)	Uds/hra. Per Op.	# Op.	BALANCE PROPUESTO		
						Cap. 100%	Cap. 50%	Enc. Op.
LLENADO	1	Colocar moldes	2.54	1417	1	1417	1275	93%
	2	Llenado	4.23	851	2	1702	1531	76%
	3	Relleno y picado	3.58	1005	2	2011	1809	66%
	4	Desmoldar y encajonado	5.87	613	3	1839	1855	72%
TOTAL OPERARIOS					8			

MAQUENADO	1	Barreno	1.4	2571	1	2571	2313	51%
	2	Colocar pabito	5.81	619	3	1858	1672	71%
	3	Cautín	8.74	411	4	1847	1482	80%
	4	Relleno	2.18	1686	1	1686	1489	79%
	5	Sierra	2.72	1323	1	1323	1190	100%
TOTAL OPERARIOS					10			

EMPAQUE	1	Limpieza de vela	6.33	568	3	1706	1535	78%
	2	Bottom Pad	2.39	1508	1	1508	1355	88%
	3	Manga	3.75	960	2	1920	1728	69%
	4	Top	2.53	1422	1	1422	1279	93%
	5	Colocar vela en homo	2.69	1338	1	1338	1204	99%
	6	Recibir vela del homo	2.45	1469	1	1469	1322	90%
	7	Front Label	4.55	791	2	1582	1423	84%
	8	SKU	3.27	1100	2	2201	1980	60%
	9	Empaque y sellado inner	2.53	1422	1	1422	1279	93%
	10	Armar cajas	-	-	1	-	-	-
	11	Entarimado y rotulado	-	-	1	-	-	-
	12	Activador de materiales	-	-	1	-	-	-
TOTAL OPERARIOS					17			
TOTAL OPERARIOS EN LA LÍNEA					35			

META POR HORA	1198	(unidades por hora)
---------------	------	---------------------

Firma del Supervisor _____
Nombre _____

Firma del Ing. De Planta _____
Nombre _____

Firma del Gerente de Planta _____
Nombre _____

PRODUCTO Jarros Strawberry

SECCION	#Op	Desc. Op.	BALANCE PROYECTIVO						
			tiempo de operación (seg)	Uds/hra. Por Op.	# Op.	Cap. 100%	Cap. 90%	Enc. Op.	
LLENADO	1	Colocado en faja	4.98	722	2	1445	1300	96%	
	2	Ajuste de jarras en banda	3.49	1031	2	2063	1856	67%	
	3	Llenado automatico	1.32	2724	-	2724	2451	51%	
	4	corte pabito e inspección de tapa	3.88	927	2	1855	1669	75%	
	5	relleno	5.02	717	2	1434	1290	97%	
TOTAL OPERARIOS									8

ENSAMBLE	1	Preñar pabito	4.44	810	2	1621	1458	86%	
	2	Ensamblar Grapa	4.59	784	2	1568	1411	89%	
	3	Corte y moldeo de plastilina	4.64	775	2	1551	1395	90%	
	4	Pegar plastilina a pabito	4.52	796	2	1592	1432	87%	
	5	Pegar pabito a jarra	4.80	750	2	1500	1350	93%	
	6	Ensamble Jara Strawberry	114.31	31	44	1385	1246	100%	
TOTAL OPERARIOS									64

EMPAQUE	1	Transporte	2.46	1463	1	1463	1316	95%	
	2	Limpieza I	16.12	223	7	1563	1406	89%	
	3	Armadura 1	4.41	816	2	1632	1468	85%	
	4	Pistola de Brillo	2.15	1674	1	1674	1506	83%	
	5	Tapadera de Vidrio	2.00	1800	1	1800	1820	77%	
	6	Armadura 2	4.41	816	2	1632	1468	85%	
	7	Hang Tag	3.71	970	2	1940	1746	72%	
	8	Bottom Pad	2.50	1384	1	1384	1245	100%	
	9	Limpieza II	3.87	930	2	1860	1674	75%	
	10	Empaque(inner de 6 unidades)	3.66	983	2	1967	1770	71%	
	11	Rotulación y Entarimado	3.78	952	2	1904	1713	73%	
	12	Amar separación cajas(6unids)	5.75	626	3	1878	1690	74%	
	13	Amar cajas(3 unidades)	4.20	857	2	1714	1542	81%	
	14	Activador de materiales	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL OPERARIOS									28
TOTAL OPERARIOS EN LA LINEA									30

META POR HORA	1260	(unidades por hora)
----------------------	-------------	----------------------------

Firma del Supervisor _____
Nombre _____

Firma del Ing. De Planta _____
Nombre _____

Firma del Gerente de Planta _____
Nombre _____

PRODUCTO Jarras Tangerine

SECCION	Op	Desc. Op.	Tiempo de		# Op.	Cap.		Efic. Op.
			operación (Seg)	Uds/Hrs. Por Op.		100%	90%	
LLENADO	1	Colocado en faja	4.98	722	2	1445	1300	73%
	2	Ajuste de jarras en banda	3.49	1031	2	2063	1856	51%
	3	Llenado automatico	1.32	2724	-	2724	2451	39%
	4	corte pabito e inspección de tapa	3.88	927	2	1855	1669	57%
	5	relleno	5.02	717	2	1434	1290	74%
TOTAL OPERARIOS					8			

ENSAMBLE	1	Presnar pabito	4.44	810	2	1621	1458	65%
	2	Ensamblar Grapa	4.59	784	2	1568	1411	67%
	3	Corte y moldeo de plastilina	4.84	775	2	1551	1395	68%
	4	Pegar plastilina a pabito	4.52	798	2	1592	1432	66%
	5	Pegar pabito a jarra	4.80	750	2	1500	1350	70%
	6	Ensamble Jarra Tangerine	158.52	23	46	1058	952	100%
TOTAL OPERARIOS					66			

ENPAQUE	1	Transporte	2.46	1463	1	1463	1316	72%
	2	Limpieza I	16.12	223	5	1116	1004	95%
	3	Armadura 1	4.41	818	2	1632	1468	65%
	4	Pistola de Brillo	2.15	1674	1	1674	1506	63%
	5	Tepadera de Vidrio	2.00	1800	1	1800	1620	59%
	6	Armadura 2	4.41	818	2	1632	1468	65%
	7	Hang Tag	3.71	970	2	1940	1746	54%
	8	Bottom Pad	2.60	1384	1	1384	1245	76%
	9	Limpieza II	3.87	930	2	1860	1674	57%
	10	Empaque (nner de 6 unidades)	3.66	983	2	1967	1770	54%
	11	Rotulación y Entanmado	3.78	952	2	1904	1713	55%
	12	Armar separación cajas(6unids)	5.75	626	2	1252	1128	84%
	13	Armar cajas(6 unidades)	4.20	857	2	1714	1542	62%
	14	Activador de materiales	-	-	-	-	-	-
TOTAL OPERARIOS					45			
TOTAL OPERARIOS EN LA LINEA					89			

META POR HORA **588** (unidades por hora)

Firma del Supervisor _____
Nombre _____

Firma del Ing. De Planta _____
Nombre _____

Firma del Gerente de Planta _____
Nombre _____

PRODUCTO Jarras Mixed Fruit

SECCIÓN	#Op.	Desc. Op.	Tiempo de operación (seg)	Uds./hrs. Por Op.	BALANCE POR OPERARIO			
					# Op.	Cap. 100%	Cap. 90%	Efic. Op.
LLENADO	1	Colocado en caja	4.98	722	2	1445	1300	83%
	2	Ajuste de jarras en banda	3.49	1031	1	1031	927	88%
	3	Llenado automatico	1.32	2724	-	2724	2451	33%
	4	corte pabito e inspección de tapa	3.88	927	1	927	834	98%
	5	relleno	5.02	717	2	1434	1290	64%
TOTAL OPERARIOS								

ENSAMBLE	1	Presar pabito	4.44	810	2	1621	1458	56%
	2	Ensamblar Grapa	4.58	784	2	1568	1411	58%
	3	Corte y moldeo de plastilina	4.64	775	2	1551	1395	59%
	4	Pegar plastilina a pabito	4.52	796	2	1592	1432	57%
	5	Pegar pabito a jara	4.80	750	2	1500	1350	61%
	6	Ensamble Jarra Mixed Fruit	205.23	17	52	912	820	100%
TOTAL OPERARIOS								

EMPAQUE	1	Transporte	2.46	1483	1	1483	1316	62%
	2	Limpieza I	18.12	223	5	1116	1004	82%
	3	Armadura 1	4.41	816	2	1632	1468	56%
	4	Pistola de Bólio	2.15	1874	1	1874	1506	54%
	5	Tapadera de Vidrio	2.00	1800	1	1800	1620	51%
	6	Armadura 2	4.41	816	2	1632	1468	56%
	7	Hang Tag	3.71	970	1	970	873	94%
	8	Bottom Pad	2.60	1384	1	1384	1245	66%
	9	Limpieza II	3.87	930	1	930	837	98%
	10	Empaque (inner de 6 unidades)	3.66	983	1	983	884	93%
	11	Rotulación y Entarimado	3.78	952	1	952	856	96%
	12	Amar separación cajas(6unids)	5.75	628	2	1252	1126	73%
	13	Amar cajas(6 unidades)	4.20	857	2	1714	1542	53%
	14	Activador de materiales	-	-	-	-	-	-
TOTAL OPERARIOS								

TOTAL OPERARIOS EN LA LINEA

META POR HORA	820	(unidades por hora)
---------------	-----	---------------------

Firma del Supervisor

Nombre _____

Firma del Ing. De Planta

Nombre _____

Firma del Gerente de Planta

Nombre _____

PRODUCTO Icon Strawberry

SECCION	#Op	Desc. Op.	METAS POR OPERARIO					
			Tiempo de operaci6n (seg)	Kgs/Hra. Por Op.	#Op.	Cap. 100%	Cap. 50%	Efic. Op.
LLENADO	1	Colocar moldes	13.67	136	2	271	244	83%
	2	Llenado	16.52	112	2	224	202	76%
	3	Remover exceso con espátula	17.14	108	2	216	195	79%
	4	Desmoldar	30.89	60	3	180	162	95%
	5	Clasificaci6n de icons	-	-	4	-	-	-
	6	Transporte de moldes	17.59	105	2	211	190	81%
TOTAL OPERARIOS					14			

META POR HORA: **164** (kilogramos por hora)

Firma del Supervisor
Nombre _____

Firma del Ing. De Planta
Nombre _____

Firma del Gerente de Planta
Nombre _____

PRODUCTO Icon Tangerias

SECCION	#Op	Desc. Op.	METAS POR OPERARIO					
			Tiempo de operaci6n (seg)	Kgs/Hra. Por Op.	#Op.	Cap. 100%	Cap. 50%	Efic. Op.
LLENADO	1	Colocar moldes	14.65	129	2	258	232	81%
	2	Llenado	17.53	108	2	215	194	98%
	3	Remover exceso con espátula	16.44	115	2	230	207	91%
	4	Desmoldar	19.23	98	3	295	265	71%
	5	Clasificaci6n de icons	-	-	3	-	-	-
	6	Transporte de moldes	17.59	107	2	215	193	98%
TOTAL OPERARIOS					14			

META POR HORA: **183** (kilogramos por hora)

Firma del Supervisor
Nombre _____

Firma del Ing. De Planta
Nombre _____

Firma del Gerente de Planta
Nombre _____

