

881217

10

UNIVERSIDAD ANAHUAC

20)

ESCUELA DE INGENIERIA CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA U.N.A.M.



UNIVERSIDAD ANAHUAC
VINCE IN BONO MALUM

METODO PARA EL INCREMENTO DE EFICIENCIA DE UNA LINEA
DE ENSAMBLE AUTOMOTRIZ A TRAVES DE LOS CAMBIOS DE
MEZCLA Y/O VOLUMEN DE PRODUCCION

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

PRESENTA EL ALUMNO
CARLOS FERNANDO GARCIA MARTINEZ

ASESOR DE TESIS
ING. FRANCISCO ARMANDO TORRES DOMINGUEZ

MEXICO, D.F.

1999

MAYO, 1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Gracias a mis padres, por su cariño y apoyo y por asegurarse de que siempre contara con su buen ejemplo y con los recursos necesarios para elegir y seguir mi carrera profesional.

Gracias a mi esposa Rosalinda por la comprensión y apoyo que hicieron posible la conclusión de este trabajo y por su amor y optimismo que son mi fuente de ánimo y motivación.

Gracias a mi hermana Irma, quien no solo en este proyecto, sino siempre y en todo, ha permanecido cerca, brindandome su cariño y la ayuda más desinteresada.

**Gracias a mis maestros, especialmente al
Ing. Armando Torres Domínguez, Director
de esta Tesis, por su buena disposición y
atinada asesoría profesional.**

TEMA:

Método para el incremento de eficiencia de una línea de ensamble automotriz a través de los cambios de mezcla y/o volumen de producción.

CONTENIDO:

I INTRODUCCION

1.1	Antecedentes	4
1.2	Objetivos	6
1.3	Alcances	7

II ANALISIS Y ESTRUCTURA DE LAS HOJAS DE DISTRIBUCION DE TRABAJO

2.1	Datos de identificación	8
2.2	Descripción de la operación	8
2.3	Documento de referencia	12
2.4	Volumenes a producir por modelo	12
2.5	Tiempo de operación	13
2.6	Tiempo ciclo de trabajo	13
2.7	Tiempo ciclo de producción	14
2.8	Tiempo total empleado y tiempo improductivo	14
2.9	Concesiones	16
2.10	Tiempo disponible	20
2.11	Eficiencias de trabajo	20
2.12	Balanceo de línea	22

III DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE PERSONAL

- | | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Importancia de una óptima clasificación de labor, tipo de entrenamiento y distribución del personal | 29 |
| 3.2 | Estructura del requerimiento | 36 |

IV ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA LINEA DE ENSAMBLE

- | | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Cálculo de velocidades de línea | 39 |
| 4.2 | Cálculo de longitud y número de estaciones de trabajo | 43 |
| 4.3 | Capacidad de producción y su relación con la longitud y velocidad de la línea de ensamble | 46 |
| 4.4 | Identificación de cuellos de botella | 50 |

V PRESENTACION DE REQUERIMIENTOS DE PERSONAL

- | | | |
|-----|--|----|
| 5.1 | Presentación de requerimientos al Departamento de Producción | 54 |
| 5.2 | Presentación de requerimientos al Sindicato | 59 |

VI ACTIVIDADES DE PREPRODUCCION

6.1	Proceso de unidades piloto	61
6.2	Proceso de unidades de entrenamiento	63
6.3	Curva de lanzamiento	64

VII CALCULO DE INVENTARIO Y MEZCLA OPTIMA DE UNIDADES EN PROCESO

7.1	Relación con los tiempos ciclo de trabajo y la capacidad de producción	69
7.2	Cálculo de inventario óptimo de unidades en proceso	71

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

78

I INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

A principios de la década de los años 20, cuando la industria de ensamble automotriz iniciara sus operaciones en México, el panorama era claro y el terreno fértil para el desarrollo.

A partir de esas fechas, la industria automotriz mostró crecimiento estable en su producción alcanzando un promedio de 9,661 unidades por año en el período de 1926 a 1930 y 15,078 unidades por año en el de 1931 a 1941, siendo frenada esta tendencia únicamente durante el período de 1942 a 1945, correspondiente a la segunda guerra mundial, que afectó la producción nacional, produciéndose tan solo 7,724 unidades por año en promedio, pero una vez superada esta crisis la situación económica favoreció el desarrollo de esta industria.

Esto significaba un nivel de crecimiento estable, incluso en algunos casos con una demanda superior a la capacidad instalada, permaneciendo así hasta el auge automotriz que tuvo su más alto nivel de producción en el año de 1981 con un volumen de ventas de 575,000 unidades, sin embargo, en los siguientes años las condiciones económicas del país no fueron tan favorables, enfrentando alta inflación y devaluación, lo que afectó al mercado significativamente, llevándolo a 248,000 unidades vendidas en 1987 contra 575,000 en 1981, equivalente a un decremento de 52% en seis años.

Nuevamente, a partir de 1988 la venta de autos y camiones repuntó a 342,000 unidades a total industria, 446,000 en 1989, 550,000 en 1990 y 643,000 en 1991 que representa un crecimiento del 159% en tan solo 4 años (87-91).

Variaciones de este tipo, denotan un mercado sumamente cambiante y por tanto más difícil de predecir, generando la necesidad de pronósticos de ventas muy dinámicos resultando en patrones de producción igualmente inestables y cambiantes, obligando así a las plantas de ensamble a reaccionar más rápidamente a las necesidades de volumen de producción.

De lo anterior que es de suma importancia el no permitir que las constantes variaciones en los volúmenes de ventas proyectados generen costos de producción mas altos, sino que por el contrario, se logren desarrollar los métodos y las herramientas necesarias para lograr operaciones más rentables, a través del alcance de una mayor eficiencia y capacidad de producción cada vez que se presente la necesidad de un cambio en el volumen.

1.2 OBJETIVOS

- Estructurar un método simple y conciso que sirva de guía y apoyo en el análisis de los efectos de las constantes variaciones de los volúmenes de producción de una línea de ensamble automotriz.
- Definir y enfatizar los puntos clave por analizar en el proceso de cambio de volumen que puedan asegurar mejoras en los niveles de eficiencia y capacidad de producción derivados de un mejor aprovechamiento de los recursos.
- Sugerir y ejemplificar métodos prácticos para la evaluación de las condiciones iniciales de eficiencia y capacidad de producción de una línea de ensamble automotriz, tomar las acciones necesarias para mejorar el nivel de las mismas a través del proceso de cambio de volumen partiendo de indicadores y estándares ya preestablecidos como estudios de tiempos y movimientos, concesiones de labor, capacidades instaladas etc.

1.3 ALCANCES

Debido a la gran similitud con las líneas de ensamble de otros productos, este estudio podría ser utilizado en las mismas aplicando los criterios necesarios en casos específicos, sin embargo, esta tesis se enfocará a una línea de ensamble automotriz.

Para el desarrollo del análisis del cambio de volumen se partirá de datos establecidos con anterioridad, tales como estudios de tiempos, características y capacidades de equipo, volúmenes y mezcla de producción a fabricar, descripciones de puestos, etc. sin incurrir en la creación de los mismos ya que en la realidad las decisiones de cambios menores de mezcla y/o volumen se dan en un lapso muy limitado que no permite un análisis demasiado profundo de la fuerza de labor, el equipo y las instalaciones.

II ANALISIS Y ESTRUCTURA DE LAS HOJAS DE DISTRIBUCION DE TRABAJO

2.1 Datos de Identificación.

Estos proporcionarán la información básica para identificar la carga de trabajo rápidamente y se sugiere incluir por lo menos la siguiente información:

Nombre de la línea de ensamble, estación de trabajo, operación que se realiza y el período al cual es aplicable, estos datos deberán encabezar la hoja de distribución de trabajo y ser presentados de manera muy visible para ser localizados rápidamente (ver tabla 2.1).

2.2 Descripción de la Operación.

Aún cuando estos datos normalmente no varían de un volumen a otro, es conveniente tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

La descripción de la operación deberá incluir solamente un elemento de trabajo, esto significa que no deberá contener operaciones que puedan ser divididas entre 2 ó más operarios o estaciones de trabajo.

Ejemplo 2.1

En la operación de instalación de motor de limpiadores cuya hoja de distribución de trabajo se muestra en la tabla 2.1 las operaciones 3, 4, 5 y 6 pudieron haber sido resumidas en una operación con el enunciado: "Surtir motor de limpiadores al área de instalación", lo que resultaría confuso, pues no se aclara a dónde hay que desplazarse por el motor, ni la labor de sacar el motor de su contenedor, separarlo de su envoltura y retirarle los protectores, mismas labores que pudieran ser compartidas con otros operarios.

Así pues, separando los elementos de labor se tiene mayor flexibilidad para balancear la línea pues en este caso, la preparación del motor podría ser absorbida por el trabajador de la estación contigua, en el caso de que su tiempo ciclo de trabajo fuera mucho menor al de la estación de instalación de motor de limpiadores como resultado de una variación en la mezcla de unidades a producir.

Por otro lado, es conveniente especificar este tipo de elementos de labor en la hoja de distribución de trabajo para evitar confusiones al momento de ser implantadas, por requerir estas menos explicaciones al personal de la línea, reduciendo el esfuerzo y tiempo requerido de entrenamiento.

Sin embargo, para efectos prácticos de implantación en línea de ensamble, no será necesario especificar en las descripciones de operación todos los movimientos que fue necesario evaluar en los estudios de tiempos y que resultan obvios o implícitos en la operación, como girar, subir a la unidad, etc., y que difícilmente pueden ser compartidos.

TABLA 2.1

HOJA DE DISTRIBUCION DE TRABAJO POR OPERARIO

LINEA DE ENSAMBLE : VEHTIDURA I

OPERACION : INST. DE MOTOR DE LIMPIADORES

ESTACION DE TRABAJO : MOTOR DE LIMPIADORES

PERIODO APLICABLE : JUNIO DE 1992.

NO. DE OPERACION	DOCUMENTO	DESCRIPCION DE OPERACION	TIEMPO ESTANDAR POR MODELO		
			A	B	C
			(M i n u t o s)		
1	HL2454	PASAR A LA SIGUIENTE UNIDAD CON HERRAMIENTA PNEUMATICA KAN-10 Y PLANTILLA DE AJUSTE	0.13	0.13	0.11
2	DE3546	BURTIH A LA UNIDAD 4 ROLDANAS, 4 TUERCAS, 2 BÉGUROS DE PRESION Y UN ANTIRRUÍDO	0.21	0.21	0.21
3	EH5890	IR AL AREA DE BURTIDO DE PARTES MAYORES Y TOMAR UN MOTOR DE LIMPIADORES	0.08	0.12	0.12
4	ML5848	SACAR MOTOR DE LIMPIADORES DE SU BOLSA	0.07	0.07	0.07
5	ER5324	RETRAR 2 PROTECTORES DE EMPAQUE DEL MOTOR DE LIMPIADORES	0.11	0.11	0.11
6	OF4634	BURTIR MOTOR DE LIMPIADORES A LA UNIDAD	0.13	0.13	0.13
7	NJ5456	COLOCAR PLANTILLA DE INSTALACION DE MOTOR DE LIMPIADORES	0.11	0.11	0.11
8	JH5196	APUNTAR MOTOR DE LIMPIADORES A UNIDAD CON 4 ROLDANAS Y 4 TUERCAS MANUALMENTE	0.31	0.31	0.31
9	OG4345	FIJAR MOTOR DE LIMPIADORES APRETANDO 4 TUERCAS CON HERRAMIENTA PNEUMATICA	0.12	0.12	0.12
10	OB3454	FIJAR 2 SEGUROS DE PRESION EN SOPORTE DE MOTOR DE LIMPIADORES	0.15	0.15	0.15
11	LH4653	PREPARAR CINTA ANTIRRUÍDO RETIRÁNDOLE EL PAPEL PROTECTOR ADHERIBLE	0.07	0.07	---
12	HL3666	COLOCAR ANTIRRUÍDO ADHERIBLE EN PARTE SUPERIOR DE MOTOR DE LIMPIADORES	0.09	0.09	---
13	MF4664	RETRAR PLANTILLA DE INSTALACION DE MOTOR DE LIMPIADORES	0.06	0.06	0.06
TIEMPO TOTAL POR MODELO (T.C.T.)			1.67	1.7	1.52
VOLUMEN POR MODELO			40	40	120
CONCESIONES DE OPERACION : 5.2 %			TIEMPO DISPONIBLE : 450 min./turno		
CONCESIONES DE LABOR : 5.0%			TIEMPO TOTAL EMPLEADO : 317.2 min./turno		
TIEMPO CICLO DE PRODUCCION : 2.276 min./und.			EFICIENCIA DE TRABAJO : 69.7%		
ESPECIALIDAD DEL OPERARIO : ENSAMBLADOR GENERAL			OPERARIOS REQUERIDOS : 1.0		

Ejemplo 2.2

Entre las operaciones 6 y 7 es obvio que el operario debe subir a la unidad para colocar la plantilla al igual que al terminar la operación y cerrar el ciclo debe bajar para pasar a la siguiente unidad y dejar la plantilla y la herramineta, por lo que el tiempo correspondiente se incluye en la operación.

Nótese que el hecho de subir a la unidad no es una operación que pueda ser rebalanceada o compartida con otro operario; el surtir la herramienta sí lo es.

Obsérvese también que en la operación no. 3 de la tabla 2.1, que implica un desplazamiento y la operación de tomar el motor de limpiadores, el tiempo para los modelos B y C es ligeramente mayor, debido a que el surtido de esta pieza para el modelo A es un poco menos accesible.

Asimismo, en las operaciones 11 y 12 se omite el tiempo estándar debido a que en estas unidades no es necesario colocar el antirruído.

Es importante notar que las operaciones como la no. 2 correspondiente al surtido de partes estándar son el resultado de varios elementos del estudio de tiempos, en este caso 2 elementos que dicen:

- 1.- Desplazarse al área de surtido de partes estándar.
- 2.- Seleccionar y tomar 4 tuercas, 4 roldanas, 2 seguros de presión y un antirruído.

Pero que representan sólo una operación por no ser posible en este caso su división entre otros operarios pues el hecho de surtir las partes estándar implica tomarlas del área de surtido.

2.3 Documento de referencia

En este espacio se deberá especificar el número de la hoja de proceso que respalde al elemento de labor que se muestra en la carga de trabajo y que proporciona información específica de la secuencia en que debe ser realizada la operación, las herramientas, materiales y números de parte que deberán ser utilizados.

2.4 Volúmenes a producir por modelo

En este renglón serán anotados todos los modelos cuyas características impliquen variaciones en secuencia y/o tiempo de ensamble, así también se presentarán las cantidades a producir por turno de cada uno de ellos de manera que éstos sean tomados en cuenta para el cálculo del tiempo total empleado. (Ver parte inferior derecha de tabla 2.1).

2.5 Tiempos de operación

Los tiempos de las operaciones serán asignados verificando que estos concuerden con los establecidos en los estudios de tiempo por tipo de unidad.

Estos serán tiempos estandarizados, lo que significa que ya fueron afectados por las concesiones de labor a las que nos referiremos ampliamente en el inciso 2.9 del capítulo II.

Ver tabla 2.1

2.6 Tiempo ciclo de trabajo

El tiempo ciclo de trabajo es el tiempo total empleado por unidad para completar una operación cualquiera sobre la línea de ensamble, y corresponderá al tiempo estandarizado del estudio de tiempos.

2.7 Tiempo ciclo de producción

Tiempo ciclo de producción es el tiempo disponible de un turno productivo para producir cada unidad, esto es: si el turno consta de 8 hrs. = 455 min. reales y se deben producir 60 unidades en el turno, entonces el tiempo ciclo de producción será:

$$T.C.P. = \frac{455 \text{ min./turno}}{60 \text{ unds./turno}} = 7.58 \text{ min./und.}$$

Donde: T. C. P.= Tiempo ciclo de producción

Lo anterior implica que todos los cálculos de tiempo ciclo tanto de equipo como de estaciones y hojas de distribución de trabajo deberán considerar que cada 7.58 minutos saldrá una unidad producida de la línea de ensamble.

Es importante hacer notar que en el diseño de las hojas de distribución de trabajo, el T.C.T. (tiempo ciclo de trabajo) siempre deberá ser igual ó menor al T.C.P. (tiempo ciclo de producción), de lo contrario las operaciones no podrán completarse el número de veces requerido durante el turno para cumplir con el volumen de producción, generando paros de líneas por invadir las estaciones de trabajo posteriores, constituyendo un cuello de botella.

2.8 Tiempo Total empleado y tiempo improductivo

El tiempo total empleado corresponderá a la sumatoria de los tiempos de todas las operaciones de la carga de trabajo multiplicados por los correspondientes volúmenes de cada tipo de producto.

Ejemplo 2.3

En la carga de trabajo de la tabla 2.1 de instalación de motor de limpiadores el tiempo total empleado será:

Tipo de unidad	Volumen	Tiempo por unidad	Tiempo total por unidad
A	40	1.67	66.8
B	40	1.70	68.0
C	<u>120</u>	1.52	<u>182.4</u>
	180		T.T.E. = 317.2

Donde T. T. E. =Tiempo total empleado

El tiempo improductivo será el tiempo total de un turno de 8 hrs. sin tomar en cuenta concesiones de operación (ver inciso 2.9), o sea 480 min. del turno menos el tiempo total empleado.

Desde luego, en el diseño de las nuevas cargas de trabajo se tratará de minimizar el tiempo improductivo.

En la tabla 2.1 el tiempo improductivo será:

$$T.I. = 480 \text{ min.} - T.T.E. = 480 \text{ min.} - 317.2 \text{ min.} = 162.8 \text{ min.}$$

Donde T.I. = Tiempo improductivo.

2.9 Concesiones

Es importante aclarar que el nivel y tipo de concesiones asignadas a una línea u operación pueden ser muy variadas y pueden ser consultadas en diferentes textos o definidas por las mismas áreas de Ingeniería Industrial de las plantas en base a experiencia de aplicación.

Estas concesiones representan un porcentaje adicional de tiempo otorgado a una operación para el cálculo de su eficiencia.

Las concesiones toman en cuenta variables relacionadas con las necesidades y condiciones personales y las condiciones de operación.

Las concesiones por condiciones personales contemplan conceptos como las necesidades fisiológicas del operario como el tiempo necesario para desplazarse al baño o comedor o el nivel de fatiga a lo largo del turno dependiendo del tipo de operación que se realiza , así como las condiciones ambientales en las que se realiza la operación como postura, temperatura, peso a desplazar, nivel de atención requerida, etc.

Adicionalmente es necesario asignar concesiones que se refieren a todas las contingencias que puedan generar un tiempo adicional en el proceso del ensamble de las unidades y toman en cuenta básicamente todos los retrasos que son generados por la preparación de materiales y herramientas que lo requieren por parte del operario al inicio y al final del turno y efectos similares por horario de comida, los paros de línea por causas varias que incluyen fallas de equipo mayor o herramientas, falta de algún material que no pueda dejarse faltante en la unidad por impedir la instalación de otras piezas, etc.

Estos retrasos en la producción son definidos en base a muestreos previos en las diferentes líneas de ensamble.

Dado que estas concesiones constituyen un dato preestablecido, normalmente no será necesario variarlas debido al cambio de volumen, pero sí verificar que éstas sean correctamente asignadas en los balanceos de línea cuando éstos afecten las características de la operación por cambio de área geográfica, personal o condiciones ambientales, de hecho un rebalanceo de operaciones puede cambiar la secuencia y complejidad de las mismas para cada operario, por lo que esto debe considerarse en la aplicación de concesiones.

La tabla 2.2 nos muestra un ejemplo de distribución de concesiones aplicadas a una línea de ensamble automotríz para concesiones básicas, por características de labor y operacionales.

Tabla 2.2
TABLA DE CONCESIONES

	%
I) Conceptos básicos de concesiones de labor (personales)	
1.- Por necesidades personales	4.0
2.- Por fatiga	2.0
II) Concesiones variables adicionales (tipo de labor)	
a las básicas	
1.- Trabajo de pic	1.0
2.- Postura incomoda	
a) ligera	0.0
b) media	1.0
c) pesada	2.0
3.- Esfuerzo físico	
a) 2.5 Kg.	0.0
b) 5.0 Kg.	1.0
c) 7.5 Kg.	2.0
d) 10.0 Kg.	3.0
4.- Tensión auditiva	
a) normal	0.0
b) fuerte	2.0
c) muy fuerte	5.0
5.- Tensión mental	
a) proceso complejo	1.0
b) proceso bastante complejo o atención dividida	4.0
c) muy complejo	8.0

III) Condiciones de operación

- a) 5 min. arranque de turno
10 min. retraso horario de comida
10 min. fin de turno

b) Condiciones de transportador

Se refiere a los paros que provoca cada unidad al salir del transportador (micro switch que detiene al transportador momentáneamente mientras que la unidad es sacada del mismo para pasar a la siguiente línea)

c) Condiciones de equipo

Se refiere al porcentaje otorgado por los paros de equipo de cada línea.

d) Condiciones de material

Se refiere a los posibles paros de línea por falta de material

Más adelante, en el capítulo IV (ejemplo 4.1) se mostrará una aplicación de estas concesiones a una línea de ensamble.

2.10 Tiempo disponible

Este será el tiempo total del turno productivo menos el tiempo equivalente a las concesiones de operación y representará el tiempo promedio real que el transportador de la línea de ensamble estará en funcionamiento.

Ejemplo 2.4

Tiempo total del turno	=480 min.
Concesiones operacionales	= 25 min. (ver tabla 2.2)
Tiempo disponible	=459 min.

2.11 Eficiencias de trabajo

La eficiencia de trabajo representa la relación entre el tiempo de labor real sobre la unidad (tiempo total empleado) y el tiempo promedio real con el que contamos para realizar las operaciones (tiempo disponible). Esta variable será la pauta básica para el diseño de las cargas de trabajo teniendo como objetivo el incremento de esta durante el proceso de cambio de volumen de producción.

Ejemplo 2.5

En la tabla 2.1 correspondiente a la carga de trabajo de la instalación de motor de limpiadores, el tiempo total empleado (T.T.E.) es 317.2 min. y el tiempo disponible 455 min. por lo que la eficiencia de trabajo será:

$$E.T. = \frac{317.2 \text{ min.}}{455.0 \text{ min.}} \times 100 = 69.71\%$$

Donde: E.T. = Eficiencia de trabajo

La razón por la que se considera el tiempo real disponible (455min.) y no el tiempo total del turno (480min.) es que de esta manera podemos conocer el impacto en eficiencia en el caso de una variación en el nivel de concesiones de operación otorgadas, pues si en el caso de la tabla 2.1 en que se consideran como ejemplo 25 min. de concesiones de operación tenemos:

$$(480 - 25 = 455)$$

Que es equivalente a 5.2% del tiempo total, se lograran reducir este tiempo improductivo a 15 min. la eficiencia de operación sería :

$$317.2 / 465 = 68.2\% \text{ en lugar de}$$

$$317.2 / 455 = 69.7\%$$

Lo que nos permite incrementar el tiempo total empleado por el operario a lo largo del turno a:

$$.6971 * 465 = 324.15 \text{ min. en lugar de}$$

$$317.2 \text{ o sea } 6.95 \text{ min. } (324.15 - 317.2)$$

Que considerando el tiempo ciclo de producción ($465 / 200 = 2.325 \text{ min./und.}$) le permite trabajar en:

$$6.95 / 2.325 = 2.99 \text{ unidades adicionales en el turno.}$$

2.12 Balanceo de la línea de producción

El objetivo principal de balancear la línea de ensamble es detectar y evitar cuellos de botella en el flujo de las unidades de producto debido al cambio de mezcla o volumen, para lo cual, debemos buscar el equilibrio en la cantidad de labor asignada a cada trabajador y estación de trabajo, ya que si tenemos 10 operarios con diferentes tiempos ciclos de trabajo, el ritmo máximo de producción de la línea será el correspondiente al del operario que tarde más en completar su operación:

Ejemplo 2.6

<u>Operario</u>	<u>Tiempo ciclo de trabajo</u>
1	1.36
2	1.87
3	1.51
4	1.38
5	1.90
6	1.50

En este caso el operario número 5 será quien determine el ritmo de la línea de ensamble.

Partiendo del principio básico del ejemplo 2.6 se estructuró el siguiente método:

Primero será necesario elaborar una tabla comparativa de parámetros actuales contra los del nuevo volumen que deberá incluir los siguientes datos:

- Estación de trabajo
- Volúmenes de producción
- Tiempo ciclo de trabajo
- Tiempo ciclo de producción
- Eficiencia de trabajo
- Requerimiento del personal

TABLA 2.3

ESTACION	VOLUMEN ACTUAL	VOLUMEN NUEVO	T.D.T. (min.)	T.C.P. ACTUAL (min.)	T.C.P. NUEVO (min.)	EFICIENCIA ACTUAL	EFICIENCIA NUEVA (En tabuladores)	REQUERIMIENTO DE PERSONAL VOL. ART.	REQUERIMIENTO DE PERSONAL VOL. NUEVO (En tabuladores)
SUSPENSION TRASERA	102	102	3.9	4.71	3.64	92.99 %	167.10 %	1	2
LLENADO DE TRANSMISION	102	102	3.1	4.75	3.64	64.20 %	58.20 %	1	2
RECEPTOR DE MOTOR	102	102	3.8	4.71	3.64	76.49 %	66.98 %	1	2
SUSPENSION DELANTERA	102	102	3.1	4.71	3.64	68.59 %	69.29 %	1	2
PURGADO DE FRENO	102	102	3.8	4.71	3.64	88.45 %	78.90 %	1	1
AIRE ACONDICIONADO	102	102	3.1	4.71	3.64	69.50 %	66.29 %	1	2
CONEXIONES	102	102	3.3	4.71	3.64	79.19 %	69.79 %	1	2
INSTALACION DE CONSOLAS	102	102	3.9	4.71	3.64	69.50 %	107.10 %	1	2
INSTALACION DE TAPETES	102	102	3.7	4.71	3.64	79.2 %	101.69 %	1	2
INST. DE EXTINGUIDORES	102	102	3.9	4.71	3.64	78.49 %	66.29 %	1	2
INST. DE RADIAADORES	102	102	3.8	4.71	3.64	78.49 %	66.29 %	1	2
INST. DE ASIENTOS	102	102	3.4	4.71	3.64	78.29 %	63.49 %	1	2
INST. DE FILTROS	102	102	3.1	4.71	3.64	68.59 %	68.29 %	1	2
AJUSTE PUERTAS Y COFRES	102	102	3.7	4.71	3.64	78.59 %	161.69 %	1	2
LLENADO DE SISTEMAS	102	102	3.9	4.71	3.64	69.19 %	104.49 %	1	2
ALINEACION DE RUEDAS	102	102	3.9	4.71	3.64	82.39 %	187.19 %	1	2
ALINEACION DE LUZES	102	102	3.8	4.71	3.64	79.49 %	69.99 %	1	2
INSPECCION	102	102	3.8	4.71	3.64	78.49 %	66.29 %	1	2
REPARACION	102	102	3.6	4.71	3.64	78.49 %	66.29 %	1	2
TOTAL			69.4	---	---	---	---	19	37
PROMEDIO				4.71	3.64	74.16 %	89.96 %		

En base a los datos de la tabla 2.3 será determinada la eficiencia promedio de la línea (E.P.L.) en condiciones actuales que será igual a la sumatoria de los tiempos ciclos de trabajo entre el número de operarios actual y dividido entre el tiempo ciclo de producción actual.

$$E.P.L. = \frac{\text{Sum. T. C. T. A.} / \text{N. O.}}{\text{T. C. P. A.}} \times 100$$

Donde:

E.P.L. = Eficiencia promedio de la línea

T.C.T.A. = Tiempo ciclo de trabajo actual

N.O. = Número de operarios

T.C.P.A. = Tiempo ciclo de producción actual

Que en el caso de la tabla 2.3 sería:

$$E.P.L. = \frac{66.4 / 19}{4.71} \times 100 = 74\%$$

La tabla 2.3 tiene como objetivo proporcionar un esquema preliminar y aproximado de cual sería el efecto del nuevo volumen de producción (132 unidades por día) tanto en tiempo ciclo como eficiencia de producción y requerimientos de personal, si no se efectuara ningún balanceo de operaciones.

Para la determinación de estos indicadores partiremos de un tiempo ciclo de trabajo promedio (T.C.T.P) de estación que es el resultado de dividir el tiempo total empleado (T.T.E.) por estación entre el volumen de producción por turno (U.P.T.) que en el caso de la tabla 2.1 sería:

$$T.C.T.P. = \frac{317.2 \text{ min. / turno}}{200 \text{ und. / turno}} = 1.586 \text{ min. / und.}$$

Cada estación de trabajo se verá afectada debido al nuevo volumen de producción, por ejemplo, la estación de suspensión delantera con un tiempo ciclo de trabajo de 3.1 min./und. y un requerimiento de un operario al 65.8%, tendría una nueva eficiencia de 85.2%, 19.4 puntos mayor sino se ajustara el requerimiento de personal, sin embargo, si se asume un límite de eficiencia máxima recomendable de 85% y mínima del 70%, sería necesario otorgar un operario adicional apoyando esa operación a una eficiencia de $85.2 / 2 = 42.6\%$, 27 puntos menor al límite inferior recomendado.

Por otro lado, el requerimiento total sería de 37 operarios, prácticamente el doble del actual, cuando el volumen de producción creció únicamente un 29%.

Una vez identificados los efectos del nuevo volumen, si no se balancearan las operaciones y que representaría el peor de los casos, el siguiente paso será fijar un objetivo de requerimiento, mismo que lograremos a través del balanceo de las operaciones.

Para lograr lo anterior podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{N.O.R.} = \frac{V}{\text{T.D.}} \times \frac{\text{T.C.T.}}{\text{E.L.A.} \times \text{F.I.E.}}$$

Donde:

- N.O.R. = Número de operarios requeridos
V = Volumen de producción (unds. / turno)
T.D. = Tiempo disponible (min. / turno)
T.C.T. = Tiempo ciclo de trabajo (min. operario/und.)
E.L.A. = Eficiencia de línea actual
F.I.E. = Factor de incremento de eficiencia.

Que aplicada a la tabla 2.3 sería:

$$\text{N.O.R.} = \frac{132}{455} \times \frac{66,4}{.741 \times 1.05} = 25.8 = 26 \text{ operarios}$$

El factor de incremento de eficiencia (F.I.E.) representa el porcentaje que deseamos incrementar la eficiencia actual de la línea, en este caso 5%.

La tabla comparativa 2.3 muestra el efecto en el requerimiento de personas en el caso de que simplemente modificáramos el volumen de producción de la línea de 102 a 132 y solucionáramos los cuellos de botella (estaciones a más de 85% de eficiencia) asignado más personal sin hacer ningún rebalanceo. El número de operarios requeridos sería de 37 lo que significaría una diferencia de 11.0 operarios mayor que el requerimiento que determinamos en el párrafo anterior (26).

Para lograr el equilibrio de la línea de ensamble es recomendable definir un tiempo ciclo de trabajo promedio al que deban tender los tiempos ciclos de trabajo de todos los operarios a lo largo de todas las operaciones de la línea de la manera siguiente:

$$T.C.T.P. = T.C.P. \times \bar{E.D.L.}$$

Donde:

T.C.T.P. = Tiempo ciclo de trabajo promedio (min/und)

T.C.P. = Tiempo ciclo de producción (min/und)

E.D.L. = Eficiencia deseada de la línea

Ejemplo 2.7

En la tabla 2.4 se muestra una línea de producción con 17 estaciones y 20 operarios que debe producir 105 U.P.T. (unidades por turno) y se pretende trabajar a una eficiencia del 80% por lo que:

$$T.C.T.P. = \left[\left(\frac{480 \text{ min}}{\text{turno}} \right) / (105 \text{ und.}) \right] \times 0.8 = 3.66 \frac{\text{min}}{\text{und.}}$$

Por otro lado se cuenta con el tiempo ciclo de trabajo real actual de cada operario (39 columna). De esta manera, podremos analizar las diferencias.

Al comparar el T.C.P. con los tiempos ciclos de trabajo reales actuales de cada operario obtenendremos las diferencias que deberemos tratar de disminuir a través de la redistribución de labor entre las diferentes estaciones de trabajo.

Tabla 2.4

UNIDADES POR TURNO (UPT) = 105

<u>Estación</u>	<u>Operario</u>	<u>T.C.T.</u>	<u>T.C.P.</u>	<u>Dif. +/(-)</u>
A	1	3.9	3.7	0.2
B	2	3.1	3.7	-0.6
B	3	3.6	3.7	-0.1
C	4	3.1	3.7	-0.6
D	5	2.8	3.7	-0.9
E	6	3.1	3.7	-0.6
F	7	3.3	3.7	-0.4
G	8	3.9	3.7	0.2
G	9	3.7	3.7	0.0
H	10	3.6	3.7	-0.1
I	11	3.6	3.7	-0.1
J	12	3.4	3.7	-0.3
K	13	3.1	3.7	-0.6
L	14	3.7	3.7	0.0
L	15	3.8	3.7	0.1
M	16	3.9	3.7	0.2
N	17	3.6	3.7	-0.1
O	18	3.6	3.7	-0.1
P	19	3.6	3.7	-0.1
Q	20	<u>2.9</u>	<u>3.7</u>	<u>-0.8</u>
Total		69.3	74.0	-4.7

III DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE PERSONAL

3.1 Importancia de una óptima clasificación de labor, tipo de entrenamiento y distribución de personal.

El requerimiento de personal está basado en los resultados obtenidos en el diseño de las cargas de trabajo ilustrado en el capítulo II, consiste en la agrupación de los operarios requeridos por su tipo de labor y de la manera más eficiente.

Para esto será necesario contar con las descripciones de puestos que clasifican los diferentes tipos de labor requerida en las líneas de ensamble y que normalmente son definidos con anterioridad en conjunto por las áreas de relaciones laborales y manufactura como: ensamblador general, transfer de casetas, ensamblador de fosa, etc.

Aún cuando lo anterior es un dato preestablecido, y como indicamos en la introducción, este texto parte de esos datos para analizar el efecto que sufrirán, mas no se especializa en la creación de esta información, es importante revisar si al hacer los rebalances de línea como consecuencia del cambio de volumen, el tipo de labor de algun puesto en especial cambia, y por lo tanto, éste se adecúa más a otra descripción de puesto y/o categoría.

Este último punto es de una gran importancia, ya que los operarios serán contratados y entrenados de acuerdo a la descripción de su puesto. En el caso de que esta descripción no coincida con su labor real y el operario no cuente con los conocimientos y habilidades necesarias, el costo de entrenamiento será mucho mayor, generando incluso un costo por la calidad de su labor.

Por otro lado, habrá que distribuir los puestos en las diferentes áreas y de la manera más eficiente, con el objetivo de optimizar el manejo y entrenamiento de este personal.

El hecho de que los operarios sean diferenciados por una especialidad, categoría de labor y salario, puede, si bien mejorar la calidad de las operaciones y reducir costos de entrenamiento, también significar una desventaja en cuanto a la disponibilidad de este personal cuando las cargas de trabajo sugieren un rebalanceo de operaciones con la finalidad de incrementar la eficiencia de las mismas.

Para ilustrar lo anterior planteamos el siguiente ejemplo:

Ejemplo 3.1

Situación actual:

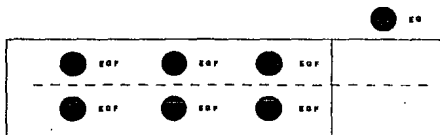
Una línea de ensamble automotriz en su sección de "fosa de línea final" cuenta con 6 operarios ensambladores generales de fosa, y una estación adelante se encuentran 2 operarios ensambladores de guardafangos que cuentan con una categoría y salario más bajo debido a que su labor es menos complicada.

La eficiencia promedio de los 6 ensambladores de fosa es del 70% y de los ensambladores de guardafangos es del 75%.

Los ensambladores de fosa deben entrar y salir de la misma para surtir el material requerido, sin embargo, los de guardafangos no requieren efectuar este tipo de traslado dado que pueden realizar su operación completa fuera de la fosa.

DIAGRAMA 3.1

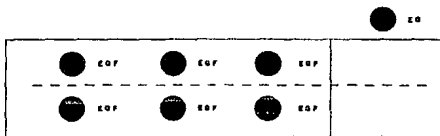
SITUACION ACTUAL



OPERARIO #		EFICIENCIA PROMEDIO
EGF	6	70 %
EG	2	76 %



CAMBIO DE MEZCLA



OPERARIO #		EFICIENCIA PROMEDIO
EGF	6	90 %
EG	2	36 %



EGF = ENSAMBLADOR GENERAL DE FOSA
 EG = ENSAMBLADOR GENERAL

Cambio de Mezcla:

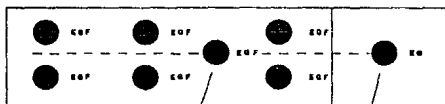
Se presenta la necesidad de un cambio de mezcla de producción que implica una disminución de labor en el área de ensamble de guardafangos debido a que la cantidad de los vehículos que requieren esta pieza disminuye considerablemente, sin embargo, la nueva mezcla implica una mayor labor en las operaciones de la fosa, de tal manera que la eficiencia de los operarios de esta área se eleva al 90% y la de los ensambladores de guardafangos disminuye a un 36%.

La solución más obvia (alternativa 1), dejar un solo operario de guardafangos, aproximadamente al 72.0% y asignar un operario más en la fosa para rebalancear operarios, quedando con 7 operarios (en la fosa) aproximadamente al 77%, lo que estaría dentro de los límites de eficiencia aceptable, sin embargo, no es posible dejar un sólo operario en guardafangos, pues las características físicas del transportador implican un alto riesgo de accidente y la necesidad de concesiones de labor muy altas por el hecho de tener que pasar de un lado a otro del transportador para instalar el guardafangos del lado opuesto, causando también interferencia en el operario que a esa altura de la línea trabaja frente al compartimiento de motor, lugar por donde tendría que cruzar el transportador; por otro lado, los operarios de fosa instalan piezas como los tubos de escape y resortes de suspensión de tales dimensiones y características de ensamble que requieren ser instaladas en pareja, por lo que un solo operario adicional en esta área no sería funcional.

Otra opción (alternativa 2), sería mezclar las operaciones de los trabajadores de guardafangos con los de la fosa rebalanceando las operaciones entre los 8 operarios enviándolos todos a la fosa para que sólo 2 de ellos emplearan parte del tiempo disponible en salir de la fosa y ensamblar los guardafangos, sin embargo, los operarios de guardafangos, como indicamos anteriormente, debido a su categoría y por tanto entrenamiento y salario, no deben realizar operaciones de fosa.

DIAGRAMA 3.2

ALTERNATIVA 1



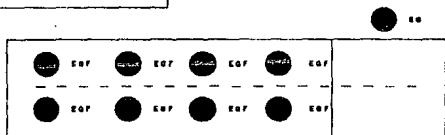
OPERARIO INEFICIENTE

OPERACION CON RIESGO



OPERARIO #	EFICIENCIA PROMEDIO
EGF 7	77 %
EG 1	72 %

ALTERNATIVA 2



OPERARIO #	EFICIENCIA PROMEDIO
EGF 8	87 %
EG 2	88 %

EGF ■ ENSAMBLADOR GENERAL DE FOSA

EG ■ ENSAMBLADOR GENERAL

Lo anterior implicaría seguir con 2 operarios en guardafangos a una eficiencia muy baja del 36% y 8 en la fosa a una eficiencia aproximadamente de 67% que sería menor a la eficiencia actual de esta área.

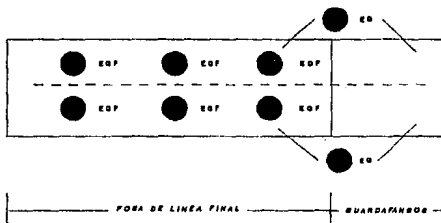
La opción más conveniente (alternativa 3), será entrenar a los 2 operarios de guardafangos en operaciones de fosa y otorgarles la categoría y salario de operarios de fosa, para así poder rebalancear las operaciones entre los 8 operarios de manera que los 2 de guardafangos puedan ocupar parte de su tiempo en entrar a la fosa y realizar algunas operaciones en pareja.

De esta manera, el requerimiento de estas áreas se mantendrá en 8 operarios siendo todos de fosa, en vez de 8 de fosa y 2 adicionales de guardafangos, que plantea la opción anterior. Esta opción significará un mayor costo en entrenamiento y salario de 2 operarios, sin embargo este será mucho menor que el de la contratación de 2 operarios adicionales y su correspondiente entrenamiento, por otro lado, se tendrá una área versátil para rebalanceo de operaciones en futuros cambios de volumen, pues todos los operarios tendrán un entrenamiento similar.

Con este ejemplo, mostramos de manera general cómo en un cambio de volumen y/o mezcla de producción es necesario buscar la administración óptima de los recursos humanos en la elaboración del requerimiento de personal.

DIAGRAMA 3.3

ALTERNATIVA 3



OPERARIO #	EFICIENCIA PROMEDIO
EGF 6	71 %
EG 2	71 %

EGF ■ ENSAMBLADOR GENERAL DE FOSA

EG ■ ENSAMBLADOR GENERAL

3.2 Estructura del Requerimiento

En cuanto a la estructura del requerimiento de personal, la tabla 3.1 indicando el nombre de la línea de ensamble, la mezcla de la producción, la fecha de efectividad, los nombres de las estaciones de trabajo, los títulos de puesto y el requerimiento de personal por operación, sugiere un formato a utilizar para la organización y presentación de estos datos.

Tabla 3.1
REQUERIMIENTO DE PERSONAL DE LINEA DE ENSAMBLE

Período Aplicable: Junio de 1992

Area de Aplicación: Línea Final

<u>Volumenes Aplicables:</u>	<u>Mezcla</u>	<u>Unds. / Turno</u>
	<u>Modelo</u>	
	X	28
	Y	40
	Z	22
	T	42
Volumen Total / Turno		132

<u>ESTACION</u>	<u>TITULO DE PUESTO</u>	<u>REQUERIM. DE PERSONAL</u>
Subensamble de ejes	Selector Subens. de ejes	2
Montaje de casetas	Transfer de casetas	2
Suspensión trasera	Ensamblador de fosa	2
Llenado de transmisión	Ensamblador de fosa	1
Receptor de motor	Ensamblador de fosa	2
Suspensión delantera	Ensamblador de fosa	1
Purgado de frenos	Ensamblador de cilindro maestro	1
Aire acondicionado	Armador ensamblador de a/c	1
Conexiones	Conectador de enchufes	2
Montaje de consolas	Ensamblador general	2
Tapetes	Ensamblador general	2
Extintores	Ensamblador general	2
Radiadores	Ensamblador general	2
Montaje de asientos	Ensamblador general	2
Montaje de filtros	Ensamblador general	1
Ajuste de puertas y cofre	Ajustador carrocerero	2
Llenado de sistemas	Ensamblador general	2
Alineación de ruedas	Alineador de ruedas	2
Alineación de luces	Alineador de luces	2
Inspección reparación	Inspector reparador	2
Total		35

Debido a que este formato será presentado a las áreas de producción, relaciones industriales y sindicato, para efectos de simplificación, será necesario elaborar un resumen por título de puesto que podrá ser estructurado de la siguiente manera:

Tabla 3.2

REQUERIMIENTO DE PERSONAL POR ESPECIALIDAD

Período aplicable: Junio de 1992 Área de Aplicación: Línea Final

Volúmenes Aplicables:
Mezcla

<u>Modelo</u>	<u>Unds. x Turno</u>
X	28
Y	40
Z	22
T	42
Volúmen Total / turno	132

<u>TITULO DE PUESTO</u>	<u># de operarios</u>
Selector de ejes	2
Transfer de casetas	2
Ensamblador de fosa	6
Ensamblador de cilindro maestro	1
Armador ensamblador de a/c	1
Conectador de enchufes	2
Ensamblador general	13
Ajustador	2
Alineador de ruedas	2
Alineador de luces	2
Inspector reparador	2
Total	35

IV ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA LINEA DE ENSAMBLE.

4.1 Cálculo de Velocidades de línea

La velocidad de la línea de ensamble tiene relación directa tanto con la calidad del ensamble como la capacidad de producción como veremos a continuación:

El cálculo de la velocidad de la línea de ensamble se basa en la fórmula tradicional:

$$V = D/T$$

Donde "D" (distancia) corresponderá a la longitud que debe avanzar el transportador de la línea durante el turno productivo para cumplir con el volumen de producción determinado.

Esta distancia será definida en función de la longitud de cada unidad, multiplicada por el número de unidades a producir de ese tipo.

Ejemplo 4.1

En una línea de ensamble automática se ensamblan los modelos X, Y, Z y T, mismos que tienen las siguientes longitudes por unidad:

<u>Modelo</u>	<u>Longitud</u>
X	350 cm.
Y	280 cm.
Z	400 cm.
T	300 cm.

Se ha determinado que debido al proceso de ensamble, es necesario que las unidades mantengan una separación mínima de 150 cm. entre una y otra con la finalidad de poder trabajar en las partes delantera y trasera de la unidad y contar con una tolerancia de separación que evite alcances por diferencia de velocidades cuando las unidades pasan de un transportador al siguiente.

Por lo tanto, la distancia mínima real de cada unidad será:

<u>Modelo</u>	<u>Longitud</u>
X	500 cm.
Y	430 cm.
Z	550 cm.
T	450 cm.

Por otro lado, sabemos que el programa de producción define los siguientes volúmenes por modelo:

<u>Modelo</u>	<u>Unidades/Turno</u>
X	30
Y	45
Z	38
T	63
Total	176

Por lo que la distancia mínima a recorrer por el transportador para cubrir el volumen de producción será:

<u>Modelo</u>	<u>Long./Und.</u> (cm)	<u>Und./turno</u>	<u>Long. Total/Tipo Und.</u> (cm)
X	500	30	15,000
Y	430	45	19,350
Z	550	38	20,900
T	450	63	28,350
Total			83,600

La variable "T" deberá corresponder al tiempo total disponible durante el turno productivo que es de 480 min.

De acuerdo a lo anterior, la velocidad requerida será:

$$V = \frac{D}{T} = \frac{83,600 \text{ cm.}}{480 \text{ min.}} = 174.16 \text{ cm./min.}$$

Esta velocidad deberá ser afectada por las concesiones correspondientes al área de operación, como se describió en el capítulo II; inciso 2.9; Tabla 2.2.

En este caso, las concesiones de operación serán:

5 minutos por concepto de arranque
10 minutos por recorrido a comedores
10 minutos por fin de turno
25 minutos.

$$25 \text{ minutos} / 480 \text{ minutos} = 0.052 = 5.2\%$$

En cuanto a las concesiones para el transportador, se cuenta con un micro switch que lo detiene cuando la unidad llega al final del mismo, mientras ésta es transferida a la siguiente línea de ensamble, por lo que en el mejor de los casos cada unidad detendrá el transportador un mínimo de 4 segundos.

Por lo tanto:

$$4 \text{ segundos/unidad} \times 176 \text{ und./turno} = 704 \text{ seg./turno} = 11.73 \text{ min./turno}$$

$$\frac{11.73 \text{ min.}}{480 \text{ min.}} = 0.024 = 2.4\%$$

En esta línea las estadísticas de paro por falla de equipo indican un promedio de 10 min./turno, así como 5.28 min. por problemas de falta de material, por lo tanto:

$$\frac{10 \text{ min.}}{480 \text{ min.}} = 0.02 = 2.0\%$$

$$\frac{5.28 \text{ min.}}{480 \text{ min.}} = 0.011 = 1.1\%$$

De acuerdo a lo anterior, se debe aplicar un total de 10.7% de concesiones a la velocidad dando como resultado:

$$V = 174.16 \text{ cm/min.} \times 1.107 = 192.79 \text{ cm./min.}$$

Que será la velocidad real aplicable a la línea para el nuevo volúmen.

Es recomendable que esta velocidad sea menor a la velocidad máxima que el transportador actualmente es capaz de desarrollar por lo menos en un 20% con la finalidad de poder garantizar ajustes posteriores al cálculo de la velocidad.

En este caso: $192.79 \times 1.2 = 231.65 \text{ cm./min.}$, deberá ser la capacidad mínima de velocidad a desarrollar por el transportador en condiciones actuales, de no ser así se deberá dar aviso al Departamento de Ingeniería de la Planta, para que realice las modificaciones necesarias a este equipo mayor.

Cabe mencionar, que en esta etapa del cambio de volumen, nuevamente es de suma importancia el hecho de que todos los cálculos para el nuevo volumen sean realizados con el objetivo prioritario de mejorar las condiciones actuales para de esta manera aumentar la eficiencia de la línea, en este caso los parámetros a optimizar, serán las concesiones de velocidad del transportador detallados en la tabla 2.2 del capítulo II, esto es, entre más logremos reducir estas concesiones atacando los problemas específicos que las generan (equipo en malas condiciones, inadecuado, o falta del mismo) menor será la velocidad requerida para lograr el volumen de producción.

Recordemos que la velocidad de línea requerida para obtener un determinado volumen será inversamente proporcional a la capacidad de producción de la misma, esto es, entre menor sea la velocidad que debemos dar a un transportador para lograr un volumen, las unidades recorrerán una distancia menor para tener completas sus operaciones; esto a su vez significa que se requerirá de una línea de menor longitud total para dicho volumen, dejando así una mayor capacidad potencial en la longitud que no se esté utilizando.

Así mismo, dado que entre menores sean estas concesiones y por tanto, la velocidad requerida, las unidades permanecerán mayor tiempo en cada una de estas estaciones de trabajo, dando de esta manera mayor oportunidad al operario de revisar sus operaciones, logrando una mejor calidad.

4.2 Cálculo de longitud y número de estaciones de trabajo

La longitud requerida para una estación de trabajo será resultado de la velocidad determinada para esta línea multiplicada por el tiempo ciclo de trabajo estándar (con concesiones) de la operación a realizar en dicha estación.

Ejemplo 4.2

La estación de llenado de sistema de aire acondicionado tiene un tiempo ciclo de trabajo de 3.6 min./und. (tiempo estandarizado) y la velocidad de esta línea ha sido fijada en 130 cm./min.

Esto significa que la unidad deberá recorrer una distancia de 130 cm./min. x 3.6 min. = 468 cm.

Que será la longitud mínima de la estación.

Sabemos que el hecho de calcular estas longitudes en base a tiempos estandarizados nos hace considerar una longitud adicional por concepto de concesiones de labor (ver inciso 2.9 capítulo II), sin embargo, para efectos de cálculo de longitud requerida será recomendable considerar un 5% adicional en longitud para cubrir cualquier contingencia menor que se presente en la operación sin que por esto se genere un paro de línea de ensamble.

Del cálculo de la longitud de cada estación de trabajo se deriva el cálculo de longitud total de línea requerida y ésta se verá afectada por el número de operaciones que sea posible incorporar en la misma estación de trabajo sobre la misma unidad de producción sin que estas operaciones se interfieran entre sí.

Ejemplo 4.3

No.	<u>OPERARIO</u>	T. C. T. <u>(Min./Und.)</u>
1	Montaje de motor	3.1
2	Apriete de Motor	2.6
3	Llenado de aire acondicionado	3.0
4	Instalación de suspensión trasera	2.8
5	Instalación de guardafangos	2.9
6	Instalación de radiadores	3.3
7	Instalación de consolas	3.0
8	Montaje de asientos	3.1
	T o t a l	23.8

La columna de la derecha (T.C.T.), indica el tiempo ciclo de trabajo (tiempo estándar) de cada operación.

Para realizar estas operaciones en cada línea de ensamble en el peor de los casos, sería necesario utilizar 8 estaciones de trabajo, una para cada operación, siguiendo una secuencia de instalación, sin embargo, algunas de ellas se podrían realizar simultáneamente, sin interferencia, en la misma estación.

Las operaciones 2 y 3 del listado no podrán realizarse antes de la número 1, ni al mismo tiempo, ni en la misma estación de trabajo, sin embargo cualquiera de las operaciones 5 y 7 pueden realizarse en la misma estación 1 de montaje de motor.

Es decir que deberemos realizar el mayor número de operaciones por estación sin que éstas se interfieran y tomando en cuenta la secuencia de instalación y sin que se vea afectada la calidad del ensamble de las piezas o se corra algún riesgo con el personal o las mismas piezas de ensamble.

En el caso de utilizar una estación de trabajo para cada operación y trabajar a una velocidad de 130 cm./ min. requeriríamos una longitud de línea mínima de:

$$130 \text{ cm./min.} \times 23.8 \text{ min.} = 3,094 \text{ cm.}$$

Sin embargo, podemos crear como una alternativa las siguientes estaciones:

Estación no. 1: Operaciones 1, 4 y 7

Estación no. 2: Operaciones 2, 8 y 5

Estación no. 3: Operaciones 3 y 6

En la estación no. 1, el tiempo ciclo máximo es 3.1 min. esto equivaldrá a $3.1 \times 130 = 403 \text{ cm.}$

En la estación no. 2 también es 3.1 min. por lo que requerirá 403 cm.

En la tercera es de 3.3 requiriendo 429 cm.

En total, se necesitarán 1,235 cm. en vez de los 3094 cm. de la propuesta original.

4.3 Capacidad de producción y su relación con la longitud y velocidad de la línea de ensamble.

Una vez que hemos definido en el inciso anterior los requerimientos mínimos de cantidad y longitud de las estaciones, en esta sección profundizaremos en la relación que existe entre la longitud de línea y su capacidad de producción.

A medida que se incrementa el volumen de producción de una línea (cantidad de unidades producidas en un tiempo determinado) la velocidad de ésta tiende a incrementarse y como aclaramos en el inciso anterior, esto implica una mayor longitud de estación, y por lo tanto de línea; esto es, el volumen de producción será directamente proporcional a la velocidad de línea y por lo tanto a su longitud, luego, a su capacidad de producción.

Ejemplo 4.4

El producto "X" requiere de 5 estaciones de trabajo con 5 operaciones cuyos tiempos ciclos de trabajo son los siguientes:

<u>Estación</u>	<u>T. C. T.</u> <u>(min.)</u>
1	3.2
2	2.1
3	3.0
4	2.7
5	2.9

La longitud de cada una de éstas unidades "X" es de 1.0 mts. y se pretende producir 150 de estos unidades en un turno de 8 hrs.

Debido a que el transportador debe producir 150 unidades, éste deberá recorrer una distancia mínima de 150 mts.

La velocidad del transportador asumiendo un 12% de concesiones de equipo será:

$$V = \frac{150 \text{ mts.} \times 1.12}{8 \text{ hrs.} \times 60 \text{ min./hr.}} = 0.35 \text{ mts. / min.}$$

De haberse requerido producir una cantidad de 350 unds. cantidad mucho mayor, la distancia mínima a recorrer por el transportador habría sido de 350 mts., por lo que la velocidad requerida sería:

$$V = \frac{350 \times 1.12}{480} = 0.811 \text{ mts./min.}$$

De esta manera, vemos como la capacidad de producción de una línea será la cantidad máxima de unidades que puedan producirse en las mismas durante un lapso determinado y que ésta será proporcional a su longitud y velocidad.

En base a las conclusiones anteriores, sabemos que de contar con los datos precisos de tiempo de trabajo requerido, cantidad y longitud de unidades a producir, podemos calcular la longitud necesaria para un volumen así como la capacidad máxima de la línea de ensamble con una longitud determinada.

De acuerdo a lo anterior, hemos diseñado el siguiente formato que sugiere el procedimiento a seguir en el cálculo de la capacidad de una línea de ensamble ejemplificando el caso de una línea de subensamble de cajas de carga para camionetas pick-up.

Ejemplo 4.5

Tipo de unidad	U.P.T.	T.C.T./und. (min)	Tiempo Std. Total/Und.	Long./Und. (mts)	Long.total Por unidad (mts)
A	12	6.92	83.0	3.1	37.2
B	23	22.30	512.9	3.1	71.3
C	4	15.00	60.0	3.1	12.4
D	2	12.46	25.1	3.1	6.2
E	12	2.33	28.0	3.1	37.2
F	3	4.80	14.4	3.1	9.3
G	21	6.90	144.9	3.1	65.1
H	8	3.40	27.2	3.1	24.8
I	19	15.60	296.4	3.1	58.9
J	14	6.90	96.6	3.1	43.4
K	<u>11</u>	3.90	<u>42.9</u>	<u>3.1</u>	<u>34.1</u>
Total	129		1331.4	33.9	399.9

- I.- Tiempo promedio por unidad = Tiempo total/U.P.T. = $1331.4/129 = 10.32$ min./und.
- II.- Velocidad de línea = long. total/Tpo. disp. = $399.9/459$ g/
= .871 mts./min.
- III.- Tiempo ciclo = tiempo disponible/U.P.T. = $459/129 = 3.56$ min./und.
- IV.- No. de operarios requeridos = tpo. promedio por und./tpo. ciclo
= $I/III = 2.9 = 3.0$ operarios.
- V.- Longitud estación = Vel. de línea * tpo. ciclo = $II * III = 3.1$ mts.
- VI.- No. de estaciones = no. de operarios requeridos/no. máximo de operarios
por estación = $3/2 = 1.5$ estaciones.
- VII.- Longitud de línea = longitud de estación por no. de estaciones = $V * VI$
= 4.65 mts.
- IX.- Longitud actual = 5.2 mts.
- X.- Capacidad actual = (long. actual/long. requerida) * Vol. requerido = 144.2
U.P.T.

g/ 480 min. - 21 min. (concesiones) = 459 min.

4.4 Identificación de cuellos de botella

Un cuello de botella se localiza en el punto de la línea en que la capacidad de producción de una estación de trabajo es menor a la deseada para la línea de ensamble, este puede ser de origen laboral, es decir, por capacidad de labor, lo que sería referente al requerimiento de personal de la estación de trabajo analizada, (ver inciso 2.12 del capítulo II), determinado por su eficiencia de trabajo. Por otro lado, el cuello de botella puede ser por capacidad de equipo o instalaciones, cuando la longitud de línea requerida resultante del tiempo ciclo de la operación al nuevo volumen, es mayor a la real actual. Este último punto es determinante en la necesidad de inversión adicional, en casos tales como los de las fosas de trabajo, equipo suspendido en rieles como grúas, poleas, plantillas colgantes, etc. donde no basta recorrer las operaciones sobre la línea, sino que hay que modificar las instalaciones, alargando fosas, construyendo rieles de mayor longitud, instalando equipos más rápidos que los actuales, etc.

Para definir los cuellos de botella por equipo o instalaciones será necesario referirnos a los tiempos ciclos de trabajo de cada uno de ellos por estación de trabajo y compararlos con el tiempo ciclo de producción, de tal manera que cuando el tiempo ciclo de producción sea menor al tiempo ciclo de operación de algún equipo o herramienta, tendremos un cuello de botella que deberá ser atacado modificando los tiempos ciclos de este equipo.

De esta manera quedan identificados la o las estaciones que presentan algún problema de capacidad constituyendo un cuello de botella, que deberá ser tratado dependiendo de su tipo, ya sea de origen laboral, por equipo o instalaciones.

Ejemplo 4.6

Imagine la sección de una línea de ensamble automotríz en la que se utilizan varios equipos mayores, actualmente esta línea opera con un volumen de producción de 136 unidades iguales por día en un turno de 8 horas, lo que implica un tiempo ciclo promedio de 3.53 minutos por unidad. [480 (min/turno)/136(und/turno)].

Se presenta un cambio de volumen que demanda 206 unidades por turno y por tanto un tiempo ciclo promedio de producción de 2.33 minutos/unidad.

Aun en el caso de que los estudios de longitud de línea indiquen que la capacidad instalada actual es suficiente y la demanda adicional de herramientas por incremento de personal ha sido cubierta, es necesario determinar si los equipos e instalaciones mayores en la línea cuentan con la capacidad requerida, para lo que se sugiere elaborar el siguiente cuadro comparativo de tiempos ciclos.

Tabla 4.1

Estación	Equipo	T.C.T. Min.	T.C.P. Min.	Dif. + / (-) Min.
Transferencia de unds.	Carro transfer	1.3	2.33	1.03
S/E elevadores de cristales	Prensa de parabrisas	2.7	2.33	(0.37)
Instalación de parabrisas	Prensa de parabrisas	1.0	2.33	1.33
Sellado de cristales	Bomba de butilo	1.2	2.33	1.13
Transferencia de casetas	Grúa montaje de casetas	2.5	2.33	(0.17)
Suspensión	Prensa de resortes	1.6	1.33	0.73
Instalación de motor	Grúa de motores	1.3	2.33	1.03
Llenado de sistemas de frenos	Sistema vacío de frenos	0.8	2.33	1.53
Apriete de ruedas	Taladro neumático múlt.	1.4	2.33	0.93
Montaje de defensas	Grua montaje de defensas	1.2	2.33	1.13

En este caso, podemos observar, que el tiempo ciclo de trabajo tanto de la prensa de subensamble de elevadores de cristales laterales, como la grua de tranferencia de casetas, superan en tiempo ciclo de producción por unidad, lo que genera 2 cuellos de botella, en el primer caso el T.C.T. (tiempo ciclo de trabajo) de la prensa es de 2.7 min. x unidad, dando una capacidad máxima de $(480 \text{ min/turno}) / (2.7 \text{ min/und.}) = 177 \text{ unds. x turno}$, cantidad menor en 29 unds. al volumen requerido de 206 unidades por lo que será necesaria la modificación de estos equipos.

Por otro lado, será necesario evaluar la capacidad de las instalaciones cuya restricción es de longitud sobre la línea, como será el caso de los equipos suspendidos en rieles, las fosas de trabajo, casetas ó túneles de operación, etc. Para lo que se elaborará la siguiente tabla comparando la longitud necesaria de la instalación contra la instalada real, determinando los cuellos de botella.

Tabla 4.2

ESTACION	EQUIPO	L.R.	L.A.	DIF.
Soldadura fina	Caseta soldadura	8.5	12.0	3.5
Esmerilado	Caseta esmeril	9.3	8.0	(1.3)
Repunteo partes bajas	Fosa repunteo	12.0	15.0	3.0
Soldado de grapas	Grúa de soldadora	4.2	6.9	2.7
Inst. parabrisas	Riel prensa parabrisas	4.6	5.9	1.3
Suspensión	Riel prensa resortes	8.3	7.6	(0.7)
Suspensión	Fosa de línea final	13.0	16.0	3.0
Apriete de ruedas	Riel tldro. pneumático	5.6	5.1	(0.5)
Montaje de defensas	Riel grúa defensas	4.0	6.0	2.0

L.R. = Longitud requerida

L.A. = Longitud actual

En este caso, las longitudes requeridas de la caseta protectora de esmerilado, los rieles de la prensa de resortes y de los taladros neumáticos son mayores a las longitudes reales por lo que será necesario solicitar su modificación.

De esta manera hemos identificado las operaciones con problema de capacidad que constituyen un cuello de botella que deberá ser tratado dependiendo de su origen laboral, por equipo o instalaciones.

V PRESENTACION DE REQUERIMIENTOS DE PERSONAL

5.1 Presentación al Departamento de Producción

Una vez definido el proceso teórico a seguir para el cambio de volumen, será necesario presentarlo a los departamentos involucrados para evaluar los efectos del nuevo volumen de producción.

Esta presentación previa, tiene la finalidad de hacer los ajustes necesarios así como acordar y consolidar una posición congruente entre las diferentes áreas de la empresa antes de hacer una presentación formal al sindicato.

Se recomienda preparar una presentación detallada a Supervisores de línea, Superintendentes y Gerentes de Producción, Manufactura, Manejo de Materiales, Ingeniería de la Planta y Representante de Relaciones Laborales incluyendo los siguientes puntos:

- 1.- Volumen y mezcla de producción.
- 2.- Velocidades de línea y concesiones de operación.
- 3.- Requerimiento de personal.
- 4.- Resumen de eficiencias de trabajo.
- 5.- Hojas de distribución de trabajo.
- 6.- Modificaciones de equipo e instalaciones
- 7.- Inventario de unidades en proceso por línea de producción

Es conveniente preparar un "lay-out" de cada línea que sea visible en la sala destinada a la presentación, así como un conjunto de acetatos esquematizado cada estación de trabajo que haya sufrido modificaciones importantes, ya sea de equipo o tipo de labor, por otro lado se preparará un paquete con copia de la información para todos los participantes en la presentación.

El parámetro más general y que servirá como introducción será la información del nuevo volumen y mezcla de producción, indicando los puntos de cambio más importantes contra el volumen y mezcla anterior para lo que se sugiere como ejemplo el uso del siguiente formato:

Ejemplo 5.1

TIPO DE UND	DESCRIPCION	volumen actual	%	volumen nuevo	%	Dif. % + / (-)
A	D/H;T/A;A/C;Est.;Eq.Elect; Vest. Piel	12	7.0	20	10.6	3.6
B	D/H;T/S;A/C;Est.;Eq.Elect.; Tela	19	11.0	24	12.8	1.8
C	D/H;T/S;Est.:	56	32.2	43	22.9	(9.3)
D	D/H;T/S 5 Vel.;Est.;Paq. Dep;Tela	---	---	15	8.0	8.0
E	D/H;T/S;AM;Tela	36	21.0	50	26.6	5.6
F	D/M;T/S;Vinil	50	28.8	36	19.1	(9.7)
	Total	173	100%	188	100%	

Donde:

D/H	=	Dirección hidráulica
T/A	=	Transmisión automática
T/S	=	Transmisión Estandar
Est.	=	Radio tocacintas
A/M	=	Radio AM
Tela	=	Vestidura de tela
Vinil	=	Vestidura de vinil
Paq. Dep.	=	Paquete deportivo
A/C	=	Aire Acondicionado

En este caso, se hará notar el cambio de estrategia de producción, incrementando el porcentaje de unidades equipadas y la disminución de las semiequipadas y austeras, así como la introducción de un nuevo modelo deportivo (D) que ocupará el 8% de la producción y generará un incremento de 15 unidades en el volumen total de producción.

En cuanto a las velocidades de línea (inciso 4.1 capítulo IV), se sugiere presentar un cuadro comparativo resumiendo las velocidades a las que deberá trabajar cada transportador de cada línea, mostrando las diferencias contra las actuales y sin entrar al detalle del cálculo pero sí indicando si hubo algún cambio en el porcentaje de concesiones operacionales consideradas y la razón.

Ejemplo 5.2

LÍNEA (transportador)	VELOCIDAD		CONCESIONES OPERACIONALES	
	ACTUAL	NUEVA	VOL. ANT.	VOL. NUEVO
	<u>mts./min.</u>	<u>mts./min.</u>	<u>%</u>	<u>%</u>
Repunteo	12.3	13.3	12.1	11.1
Soldadura	13.2	14.1	12.1	11.1
Acabado Metálico	16.1	17.5	12.1	11.1
Prelimpieza	15.3	16.4	10.3	10.3
Fosfato	39.4	42.7	10.3	10.3
Sellado	15.8	16.9	10.3	10.3
Esmalte	15.0	16.2	11.0	11.0
Retoques	20.2	21.9	11.0	11.0
Vestidura	17.0	18.1	12.3	12.3
Línea elevada	23.0	24.3	11.2	11.2
Fosa suspensión	12.6	13.6	11.2	11.2
Línea final	13.6	14.5	12.5	12.5
Inspección/repación	20.0	21.3	13.0	13.0

Tabla 5.1

Estación	Eficiencia Vol. Actual	Eficiencia Vol. Nuevo	Requerimiento de Personal Vol. Actual	Requerimiento de Personal Vol. Nuevo
Suspensión Trasera	88.87%	84.2%	1	1
Llenado de Transmisión	88.89%	83.3%	1	1
Receptor de Motor	80.00%	81.8%	1	1
Suspensión Delantera	86.89%	88.3%	1	1
Purgado de Frenos	82.22%	83.0%	1	1
Aire Acondicionado	88.89%	88.0%	1	1
Concesiones	73.33%	72.0%	1	1
Montaje de Consolas	88.87%	87.1%	1	2
Montaje de Tapetes	82.22%	81.3%	1	1
Inst. de Extintadores	80.00%	78.2%	1	1
Inst. de Radiadores	80.00%	81.1%	1	2
Montaje de Asientos	75.58%	74.8%	1	1
Montaje de Filtros	88.89%	88.1%	1	1
Ajuste de Puertas/Cofres	82.22%	81.1%	1	1
Llenado de Sistemas	84.44%	83.8%	1	1
Alineación de Ruedas	88.87%	86.7%	1	2
Alineación de Luces	80.00%	79.3%	1	1
Inspección	80.00%	78.0%	1	1
Reparación	80.00%	81.0%	1	1
Total Promedio	77.86%	78.8%	19	22

En este caso las concesiones de operación (ver capítulo II tabla 2.2) en su mayoría se mantuvieron, sin embargo, las del área de carrocería (Repunteo, Soldadura y acabado metálico) bajaron de 12.1 a 11.1, debido a que la estadística de control de horarios de arranque y fin de turno indica adelantos de los operarios al terminar sus operaciones en esta línea, provocando menos paros de línea que los originalmente considerados en las concesiones. Estos datos deberán ser incluidos en el paquete de los participantes.

Pasando al aspecto laboral, empezaremos dando el panorama general, mostrando el requerimiento de personal por estación de trabajo para cada línea, así como la eficiencia de trabajo de cada área. Para esto mostraremos la tabla 5.1 similar a la 2.3 del capítulo II, ahora incluyendo nombre de la estación, eficiencia de trabajo y requerimientos de personal.

En cuanto a las hojas de distribución de trabajo, se recomienda entregar una copia al superintendente de cada línea de producción previamente a la junta de presentación con el objeto de su revisión a detalle con cada supervisor de línea.

En caso de existir alguna estación de trabajo con modificaciones mayores en método de trabajo, equipo y/o instalaciones será conveniente presentar en acetato y en forma detallada la secuencia del método de trabajo.

Finalmente se mostrará el nuevo inventario óptimo de unidades en proceso para cada línea de producción cuya elaboración se detalla en la tabla 8.1 del capítulo VIII.

5.2 Presentación al Sindicato

Una vez consolidada la posición de la empresa y hechas las modificaciones requeridas para el nuevo volumen de producción, éste puede ser presentado al sindicato de la empresa, en general la presentación seguirá la misma secuencia, sin embargo, se deberá hacer un ensayo previo analizando el efecto y las reacciones del sindicato ante el nuevo método.

El punto de las eficiencias de trabajo puede ser muy delicado en esta presentación dependiendo del nivel particular de relación de cada empresa con su sindicato dado que información de este tipo, podría fácilmente ser mal interpretada y utilizada contra los objetivos de incremento de productividad, por lo que se recomienda presentar estos datos previendo en lo posible las reacciones del sindicato y preparando con anticipación la estrategia de negociación.

Por otro lado, se recomienda que el enfoque de la presentación sea dirigido a la importancia del factor humano de la operación, esto es, haciendo énfasis en cómo la estructura del nuevo método toma en cuenta y beneficia las condiciones de seguridad e higiene y desarrollo del trabajador y de que manera éstas son congruentes con el incremento de la productividad de la empresa.

Asimismo, se recomienda hacer la presentación con apoyo audiovisual y evitar en lo posible entregar copia de las eficiencias y cálculos de las mismas dado su carácter preliminar para la negociación.

Es muy importante crear un ambiente de equipo en la negociación, evitar posiciones unilaterales, hacerlo participativo en general de manera abierta a mejores sugerencias, pero siendo estricto en el reporte de las mismas, de ahí la importancia de llegar a la presentación con la estructura y respaldo de cada punto bien definidos así como la estrategia a seguir en cada contingencia del plan de negociación.

En el caso de existir peticiones de modificación al método de trabajo, éstas se recogerán y analizarán antes de aceptar algún cambio que pudiera tener efectos posteriores por lo que se fijará fecha para la presentación definitiva.

Es muy importante el evitar aceptar modificaciones mayores sin un análisis previo o hacer promesas que impliquen riesgo de no poder ser cumplidas una vez implantando el nuevo volumen y de ser así dejar claros los imponderables y riesgos de las propuestas con la finalidad de mantener y mejorar la imagen de la empresa ante el sindicato, pues lo contrario podría significar un obstáculo en posteriores negociaciones.

VI ACTIVIDADES DE PREPRODUCCION

6.1 Proceso de unidades piloto

Por actividades de preproducción nos referimos a algunos pasos que se sugiere seguir para aterrizar los conceptos hasta ahora teóricos y garantizar que el nuevo método funcionará correctamente una vez implantado el nuevo volumen de producción.

Para lo anterior, será necesario hacer pruebas funcionales del nuevo método en cada punto del sistema, por lo que se procesarán las "unidades piloto" , posteriormente se elaborará un programa de "unidades de entrenamiento" y finalmente se diseñará una curva de lanzamiento del nuevo volumen.

Las unidades piloto constituyen la primera actividad de preproducción y representa una prueba funcional del nuevo método de trabajo, opera esencialmente cuando hay cambios en el producto como es el caso del ejemplo 5.1 , en el que se incorpora un nuevo modelo (unidades con un paquete deportivo) que implica nuevos materiales y/o equipos diferentes o cambios mayores de método de trabajo que deben ser probados antes del lanzamiento. Las unidades piloto deberán ser procesadas independientemente, es decir que se introducirá una sola unidad al sistema y en caso necesario otra hasta después de que la primera haya salido del mismo y se hayan analizado los problemas que ésta presentó en las líneas de ensamble.

Por lo anterior, será necesario programar un hueco en la línea que separe la unidad piloto de las demás que siguen su proceso normal para de esta manera tener la flexibilidad de detener o incluso sacar la unidad de la línea en caso de alguna falla en las pruebas del equipo o método de trabajo sin provocar paros en la línea ni distraer las operaciones del personal trabajando en las unidades del volumen actual. Esto constituye el primer costo de preproducción pues el hueco generado para separar la unidad piloto de las demás provocará una pérdida de volumen el día que ésta sea producida.

Se recomienda evaluar la capacidad del requerimiento de personal y el equipo actual de manera que éste pueda contener un incremento mínimo en la velocidad de línea tal que compense la longitud perdida de línea por el hueco de la unidad piloto, sin embargo, esto puede negociarse previamente con el sindicato, lo que posiblemente generará una petición de refuerzo con gente adicional apoyando temporalmente algunas operaciones críticas (las de más alta eficiencia) que se pudieran ver afectadas por este incremento de velocidad.

Para el seguimiento de la unidad piloto a través de su proceso en las líneas de ensamble, será necesario contar con un equipo de operarios de cada área que normalmente son los más experimentados y que comunmente son denominados " maestros de área " , deberán estar presentes los representantes de Ingeniería de Manufactura, tanto del área de procesos certificando el aspecto técnico del proceso, como herramientas necesarias, especificaciones de material, etc. como por otro lado el representante de Ingeniería Industrial indicando el método de trabajo para los operarios, verificando que la secuencia y tiempos de operación sean congruentes con los considerados en el diseño de las cargas de trabajo, los materiales se encuentren a la altura correcta de la línea detectando posibles cuellos de botella no previstos.

Una vez terminada la primera unidad piloto se analizarán los problemas durante su proceso, se harán las modificaciones en caso necesario y se procesará la siguiente unidad piloto repitiendo el procedimiento hasta que se garantice el flujo de las unidades de acuerdo al nuevo método de trabajo.

6.2 Unidades de entrenamiento

Una vez que se ha logrado un flujo correcto de las unidades piloto, con la participación de los Maestros de Area estaremos en posición de terminar de entrenar al resto del personal de las líneas de ensamble para lo que utilizaremos las " unidades de entrenamiento ".

Estas serán programadas de manera similar a las piloto, pero generando huecos de menor dimensión y podran ser procesadas más de una a la vez intercalandolas entre las unidades de producción normal.

Estas unidades, destinadas al entrenamiento del personal y su familiarización con el nuevo método, requerirán de un tiempo de labor mayor al previsto en las nuevas cargas de trabajo debido a la ineficiencia por falta de habilidad de los operarios.

También las unidades de entrenamiento serán introducidas a la línea de ensamble con una separación de la siguiente unidad mayor a la normal, de tal manera que los operarios tengan un tiempo adecuado para habituarse a las nuevas operaciones antes de pasar a la unidad siguiente de producción normal, ésta separación se estimará en función de la complejidad de las nuevas operaciones.

Lo anterior tendrá un costo directo en volumen de producción equivalente por un lado a la longitud de las separaciones adicionales entre unidades y por otro al volumen que se llegue a perder por posibles paros de línea cuando las separaciones entre unidades no hayan sido suficientes para que el operario termine la nueva operación.

6.3 Curva de lanzamiento

Para el diseño de la curva de lanzamiento será necesario pronosticar el volumen de unidades perdidas cada turno productivo como resultado del proceso tanto de unidades piloto como de entrenamiento.

El pronóstico dependerá del grado de complejidad que implique el cambio de volumen de la línea considerando los efectos en el método de trabajo, en el equipo, la situación laboral, etc.

Lo anterior apoyado en información estadística de pérdidas de volumen de lanzamientos y cambios de volumen en producción similares en el pasado.

Ejemplo 6.1

Una línea de ensamble produce los tipos de unidad A, B, C y D con los siguientes volúmenes diarios:

<u>TIPO</u>	<u>VOLUMEN/TURNO</u>
A	60
B	35
C	30
D	5
Total	130

Debido al logro de un pedido de unidades especiales se presenta la necesidad de un cambio de mezcla de producción de la siguiente manera:

<u>TIPO</u>	<u>VOLUMEN/TURNO</u>
A	60
B	35
C	15
D	60
Total	170

Las características básicas de las unidades son las siguientes:

<u>Tipo</u>	<u>DESCRIPCION</u>
A	Unidad Equipada
B	Unidad Semiequipada
C	Unidad Austera
D	Unidad Flotillera

El cambio de mezcla implica un incremento en volumen total de 40 unidades así como un mayor volumen de producción de unidades flotilleras, que en este caso serán patrullas.

Se tiene conocimiento de lo siguiente:

Fué necesaria la modificación de equipo mayor en la línea (grúa de montaje de torretas sirena y una ampliación de la estación de blindaje de puertas) pues aún cuando el proceso de ensamble es el mismo que en el volumen anterior, la capacidad de las instalaciones existentes no era suficiente para cubrir el nuevo volumen requerido.

El equipo modificado falló durante el proceso de las unidades de entrenamiento a razón de una falla por cada 5 unidades procesadas, generando paros de línea por un equivalente promedio de 1.5 veces el tiempo ciclo de producción de la línea por cada falla y el equipo sigue en observación.

En la negociación de requerimiento de personal con el sindicato para el nuevo volumen de producción, éste mostró renuencia al aceptar un requerimiento de 2 cabezas menor a su propuesta pues aún cuando se demostró con un estudio de métodos que este personal adicional no se requería, su posición final fue esperar al lanzamiento para comprobar la necesidad real de este personal.

El volumen máximo alcanzado por esta línea en el pasado fue de 180 unidades por turno con una mezcla similar a la actual requerida.

En base a la información anterior, podemos estimar las siguientes pérdidas de volumen:

- a) Aun cuando el método de trabajo no sufrió mayores cambios, el equipo si los requirió y ésto generó las fallas indicadas anteriormente.
- b) El incremento básicamente se concentró en unidades flotilleras y éste fue de 55 und./turno y los paros se presentaron a razón de uno cada 5 unidades procesadas, con una duración promedio de 1.5 veces el tiempo ciclo de producción, por lo que el tiempo total de paro por este concepto será:

$$\{[(55 \text{ und./ } 5) * (1.5)] * [(480 \text{ min./turno})/(170 \text{ und./turno})]\} \\ = 46.59 \text{ min.}$$

que calculando el porcentaje del tiempo disponible significan los siguientes paros de línea:

$$(46.59 \text{ min/turno}) / (480 \text{ min/turno}) = 0.097$$

encontramos una pérdida estimada en unidades del volumen normal equivalente a:

$$0.097 * 170 \text{ und/turno} = 16.5 \text{ und/turno}$$

- c) Por otro lado, el departamento de Ingeniería de la Planta ha determinado que en el peor de los casos y si el equipo presentara fallas mayores, necesitaría un máximo de 8 períodos de reparación o ajuste (durante el tiempo que la planta está parada) y que estas fallas serían más intensas los primeros días, por lo que una forma de estimar la pérdida de volumen durante estos nueve días puede ser presentando la mayor pérdida (17 unidades el primer día) y la menor ("0" unidades el noveno día) justo después de las 8 reparaciones como sigue:

<u>DIA</u>	<u>UNIDADES PERDIDAS/TURNO</u>
1er día	$17-0(17/8)$ und./turno
2o día	$17- (17/8) = 17-2.13 = 14.87 = 15$ unidades
3er día	$17-2(17/8) = 17-4.26 = 12.74 = 13$ unidades
4o. día	$17-3 (17/8) = 17-6.38 = 10.62 = 11$ unidades
5o día	$17-4 (17/8) = 17-8.50 = 8.5 = 9$ unidades
6o día	$17-5 (17/8) = 17-10.63 = 6.38 = 7$ unidades
7o. día	$17-6 (17/8) = 17-12.75 = 4.25 = 5$ unidades
8o. día	$17-7 (17/8) = 17-14.88 = 2.13 = 2$ unidades
9o día	$17-8 (17/8) = 17-17.0 = 0$ unidades

VII CALCULO DE INVENTARIO Y MEZCLA OPTIMA DE UNIDADES EN PROCESO

7.1 Relación con los tiempos ciclo de trabajo y la capacidad de producción.

El tiempo ciclo de trabajo requerido por tipo de unidad puede variar significativamente debido a las características específicas de cada modelo de producción, las unidades son programadas a partir de una base común, llamada unidad básica y esta se transformara dependiendo de la cantidad y tipo de accesorios opcionales que debe llevar cada unidad, esto genera una aplicación de labor diferente en cada tipo de unidad, que afecta la distribución de trabajo en las líneas de ensamble, por lo que una vez que la planta productiva cuenta con la información de la demanda del mercado, será necesario asimilar esta nueva mezcla de producción de la manera más eficiente.

Como hemos visto en los capítulos anteriores, entre mayor es la variación de los tiempos ciclos de producción entre unidades, mayor será la complejidad de la redistribución de las cargas de trabajo, debido a que la capacidad de las diferentes estaciones de trabajo deberá ser calculada para absorber las operaciones más complejas y con un mayor tiempo ciclo de producción, pero conjuntamente absorber en el caso de las unidades más austeras operaciones adicionales en la misma longitud de estación. Para ejemplificar la importancia de una correcta mezcla de producción, nos referiremos al caso de la estación de ensamble de aires acondicionados en una línea de ensamble automotriz.

Ejemplo 7.1

En esta línea se producen diariamente 180 unidades de las cuales sólo 72 unidades son equipadas y requieren instalación de equipo de aire acondicionado y, las restantes 108 son una mezcla de semiequipadas y austeras necesitando sólo de un calefactor, la operación se realiza con un operario, al que le toma 2.3 minutos instalar un aire acondicionado mientras que un calefactor sólo 1.4 por lo que ocupa un tiempo total de $(1.4 \times 108) + (72 \times 2.3) = 316.8$ minutos, arrojando una eficiencia de trabajo de $316.8/480 = 66\%$, que asumiendo un 12% de concesiones de labor (ver capítulo II inciso 2.9) se convierte en un $.66 \times 1.12 = 73.9\%$.

Para instalar 72 aires acondicionados en 8 hrs. será necesario producir 9 por hora, para una mezcla equilibrada y mantener una eficiencia estable. Si la mezcla de producción no se mantiene durante algún período del turno, digamos que en una hora entran 13 unidades equipadas en lugar de 9, la eficiencia durante esa hora sería:

$$\text{Equipadas } 13 \times 2.3 = 29.9$$

$$\text{Austeras } 10 \times 1.4 = \underline{14.0}$$

$$43.9 \text{ min.}$$

$$43.9 \text{ min.} / 60 \text{ min.} = 73.16$$

$$+ \text{ concesiones} = \underline{8.78}$$
$$81.94\%$$

que sería mayor a la calculada en la carga de trabajo del operario.

Por otro lado, la mezcla óptima de unidades austeras/equipadas será 108/72 = 1.5, por lo que será necesario producir en bloques de 5 unidades de las que sólo 2 serán equipadas en la siguiente forma: EQUIP.-AUST.-AUST-EQUIP.AUST., de esta manera, se producirán exactamente 108 austeras y 72 equipadas en un período de 8 horas.

Si esta secuencia (E:A:A:E:A) se rompe en cualquier momento del turno, el tiempo ciclo de las estaciones de trabajo se verá afectado generando paros de línea.

Este último punto deja clara la relación que existe entre la mezcla y la capacidad de producción, pues una mezcla inadecuada puede generar un cuello de botella en cualquier estación de trabajo, dado que su capacidad está calculada en función de los tiempos ciclos de producción de cada unidad.

7.2 Cálculo del inventario óptimo de unidades en el sistema de producción.

De acuerdo al inciso anterior, nos damos cuenta de la importancia de una buena mezcla de producción, por lo que será necesario controlar el inventario óptimo de unidades en el sistema que se ajuste a la mezcla planeada.

En un sistema de producción tan complejo como el de una planta de ensamble automotriz, la mezcla puede romperse en diferentes puntos y por múltiples razones tales como la falta de algún material, unidades dañadas o fuera de especificaciones que son sacadas de la línea, etc. sin embargo, como expresamos en el capítulo II referente al diseño de las hojas de distribución de trabajo, en el cálculo de éstas como en el de las capacidades de producción se toman en cuenta las posibles contingencias a través de las concesiones en sus diferentes tipos.

Para minimizar el efecto de una variación de mezcla en el sistema será necesario contar con un sistema de control de los inventarios en cada línea para garantizar que las eficiencias reales sean las calculadas originalmente.

Para lo anterior, será necesario determinar el inventario de unidades óptimo en cada línea, que denominaremos la capacidad máxima de unidades en proceso.

El cálculo de la capacidad máxima de unidades en proceso será determinado en base a las características físicas de cada área:

Ejemplo 7.2

En el área de carrocerías de una planta automotriz se producen 4 tipos de vehículos con diferentes dimensiones, actualmente la mezcla de producción es la siguiente:

<u>Tipo</u> <u>Vehículo</u>	<u>Vehículos</u> <u>por Día</u>	<u>Longitud</u> <u>por Vehículo</u> (Mts) *	<u>% por</u> <u>Modelo</u>
A	28	5.7	17.2
B	36	6.1	22.0
C	40	3.4	24.6
D	<u>59</u>	7.0	<u>36.2</u>
Total	163		100 %

* Incluye separación entre unidad y unidad

El programa de producción muestra una nueva mezcla con los siguientes volúmenes:

<u>Tipo Vehículo</u>	<u>Vehículos por turno</u>	<u>Longitud (mts.) por Vehículo</u>	<u>% por Modelo</u>
A	39	5.7	24.0
B	30	6.1	18.4
C	51	3.4	31.3
D	<u>43</u>	<u>7.0</u>	<u>26.3</u>
Total	163	879.7	100.0 %

Es importante notar que el volumen de producción total no varió, sin embargo la nueva mezcla demandará una longitud total disponible por unidad, diferente a la original, cambiando los inventarios de unidades necesarias por línea.

La planta de carrocerías se compone de 13 áreas aptas de almacenamiento de unidades a las que deberemos asignar un inventario en mezcla, mostradas en las columnas A,B,C y D de la tabla 7.1.

Conocemos los porcentajes de producción de cada tipo de unidad, por lo que habrán de ser aplicados a la longitud disponible en cada área.

En el caso de la línea de repunteo con una longitud total de 126 mts. las unidades serán distribuidas de la siguiente manera:

Línea de Repunteo

<u>Tipo Und.</u>	<u>Longitud Total x Und.</u> (mts.)	<u>Capacidad x Unidad</u>	<u>Longitud Sobrante</u> (mts.)
Unidad A	$126 \times 0.24 = 30.24$	$5.3 = 5$	1.71
Unidad B	$126 \times 0.184 = 23.18$	$4.8 = 5$	(1.22)
Unidad C	$126 \times 0.313 = 39.44$	$11.6 = 11$	2.04
Unidad D	$126 \times 0.263 = \frac{33.14}{126.0}$	$4.7 = \frac{5}{26}$	$\frac{(2.1)}{0.43}$

La columna de capacidad por unidad, indica la cantidad de unidades que deberá haber de cada tipo en cada área y es el resultado de dividir la longitud de la línea asignada a cada tipo de unidad entre la longitud de una de estas unidades, ajustándola a enteros y contabilizando el sobrante en la columna derecha.

Línea de Repunteo

<u>Tipo Und.</u>	<u>Longitud Total x Und.</u>	<u>Capacidad x Unidad</u>	<u>Longitud Sobrante</u>
Unidad A	$52 \times 0.24 = 12.48$	$2.19 = 2$	1.079
Unidad B	$52 \times 0.184 = 9.57$	$1.57 = 1$	3.48
Unidad C	$52 \times 0.313 = 16.28$	$4.79 = 5$	(2.68)
Unidad D	$52 \times 0.263 = \frac{13.67}{52.0}$	$1.95 = \frac{2}{10}$	$\frac{(0.35)}{1.53}$

Línea de Acabado Metálico

<u>Tipo Und.</u>	<u>Longitud Total x Und.</u>	<u>Capacidad x Unidad</u>	<u>Longitud Sobrante</u> (Mts.)
Unidad A	178 x 0.240 = 42.72	7.49 = 7	2.82
Unidad B	178 x 0.184 = 32.75	5.37 = 5	2.25
Unidad C	178 x 0.313 = 55.72	16.38 = 16	1.32
Unidad D	178 x 0.263 = <u>46.81</u>	6.68 = <u>7</u>	<u>(4.8)</u>
	178.0	35	1.59

Area de Reparación

<u>Tipo Und.</u>	<u>Longitud Total x Und.</u>	<u>Capacidad x Unidad</u>	<u>Longitud Sobrante</u> (Mts.)
Unidad A	33 x 0.24 = 7.92	1.39 = 1	2.22
Unidad B	33 x 0.184 = 6.07	0.99 = 1	(0.03)
Unidad C	33 x 0.313 = 10.33	3.04 = 4	(3.26)
Unidad D	33 x 0.263 = <u>8.68</u>	1.24 = <u>1</u>	<u>1.68</u>
	33.0	7	0.61

Selectiva a planta pintura

<u>Tipo Und.</u>	<u>Longitud Total x Und.</u>	<u>Capacidad x Unidad</u>	<u>Longitud Sobrante</u> (Mts.)
Unidad A	44 x 0.24 = 10.56	1.85 = 2	(0.86)
Unidad B	44 x 0.184 = 8.09	1.33 = 1	1.99
Unidad C	44 x 0.313 = 13.78	4.05 = 5	(3.23)
Unidad D	44 x 0.263 = <u>11.57</u>	1.65 = <u>1</u>	<u>4.55</u>
	44.0	9	2.45

Las áreas de prensa y selectiva de prensa no requieren cálculo de mezcla, pues en ese punto sólo hay unidades del tipo correspondiente al tipo de prensa.

Tabla 7.1

Área	Longitud Disponible	Cantidad de Unds.				Longitud Sobrante
		A	B	C	D	
1.- Prensa Modelo A	7.0	1	-	-	-	1.3
2.- Prensa Modelo B	6.5	-	1	-	-	0.4
3.- Prensa Modelo C	3.9	-	-	1	-	0.5
4.- Prensa Modelo D	8.0	-	-	-	1	1.0
5.- Selectiva de Prensa Modelo A	12.0	2	-	-	-	0.6
6.- Selectiva de Prensa Modelo B	14.0	-	2	-	-	1.8
7.- Selectiva de Prensa Modelo C	7.0	-	-	2	-	2.8
8.- Selectiva de Prensa Modelo D	14.0	-	-	-	2	-
9.- Línea de Repunteo	126.0	5	5	11	5	0.46
10.-Línea de Soldadura	52.0	2	1	5	2	1.53
11.-Línea de Acabado Metálico	178.0	7	5	16	7	1.59
12.-Área de Reparación	33.0	1	1	4	1	0.61
13.-Selectiva a Planta de Pintura	44.0	2	1	5	1	2.45
Total	505.4	20	16	44	19	15.04

En las tablas de cálculo de longitud en la columna de longitud sobrante tenemos un total de 15.04 mts. extra que sobraron del cálculo de la mezcla de cada línea, pero que será longitud disponible, y tomando en cuenta que las unidades tipo B y D, por ser las de mayor longitud, fueron desfavorecidas en los sobrantes de los cálculos parciales por línea, será conveniente considerar 1 und. tipo A y una tipo D para una longitud de 6.1 + 7.0 = 13.1 mts., quedando libres sólo 1.94 mts. De esta manera hemos definido el inventario óptimo para la mezcla deseada en el área de carrocerías que será de:

<u>Tipo de Unidad</u>	<u>Cantidad</u>
A	20
B	17
C	44
D	20
Total	<u>101</u>

El mismo procedimiento deberá ser aplicado a todas las áreas de la línea productiva hasta obtener el inventario total de unidades en el sistema.

El objetivo de este cálculo es el contar con un indicador que habrá que mantener balanceado a través del control diario del inventario por línea.

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método descrito fue estructurado en base descriptiva de los procesos apoyándose en ejemplos y casos prácticos sobre cada tema tratado para estructurar un procedimiento sencillo y ordenado que parte de la necesidad de satisfacer más eficientemente los requerimientos de los clientes tanto internos como externos de una línea de ensamble automotriz.

Los procedimientos y los casos descritos a lo largo del contenido están basados en experiencias reales de una línea de ensamble automotriz resaltando la importancia del involucramiento y la participación de todas las áreas relacionadas con el cambio de volumen y/o mezcla de producción como las áreas de Manufactura, Producción, Relaciones Industriales, Ingeniería de la Planta, Programación de Producción, Manejo de Materiales, áreas comerciales como Mercadotecnia y Ventas, etc.

Este procedimiento aporta a la planta de ensamble automotriz una herramienta más en el proceso de mejora continua dado que permite aprovechar una condición normal de cambios de demanda para mejorar los indicadores de eficiencia a través de cada cambio.

Esta tesis muestra un marco de referencia general enfatizando los puntos clave más importantes por analizar en el proceso de cambio de volumen y/o mezcla de producción estableciendo una relación clara y directa entre ellos.

Con el objetivo de arrojar estrategias y recomendaciones rápidas, sugiere y ejemplifica métodos prácticos para la evaluación de las condiciones iniciales de la operación y su adaptación a los nuevos volúmenes partiendo de indicadores y metodologías preestablecidas particulares de cada planta como sistemas específicos de balanceo de líneas, medición del trabajo (estudios de tiempos y movimientos), concesiones, etc. sin incurrir en la creación de las mismas.

Asimismo, el estudio de esta tesis ofrece la oportunidad de un mejor entendimiento y aplicación de los procesos de cambio de volumen para los Ingenieros de Manufactura de otro tipo de líneas de ensamble.

El presente estudio puede tener una aplicación didáctica formando parte del contenido de algunas materias como Ingeniería Industrial, Estudio del Trabajo, etc. o incluso en temas selectos de posgrado.

Dado que los conceptos básicos de proceso de una línea de ensamble automotriz son similares a los de líneas de ensamble de otros productos el presente estudio puede ser utilizado como referencia en estas aplicando los criterios de adaptación pertinentes.

El indicador final y más importante de calidad en la aplicación de los métodos descritos en esta tesis es el porcentaje de eficiencia de la línea de ensamble, aunque el nivel de éxito que se obtenga es el resultado de la habilidad de todas las áreas involucradas en el proceso para controlar sus indicadores particulares.

Esto aclara que la participación del Ingeniero Industrial a cargo de aplicar el método deberá incluir un estricto control de los resultados en

el indicador final de eficiencia promedio de la línea así como los indicadores indicadores de soporte como tiempo promedio de paros de línea debido a condiciones de labor (diseño de hojas de distribución de trabajo) ó porcentaje de concesiones otorgadas a cada operación y línea, pero, el impacto del método en un resultado real de incremento de eficiencia dependerá del suficiente apoyo y el correcto manejo de los indicadores de todas las áreas involucradas.

Lo anterior puede ejemplificarse cuando el ingeniero industrial sugiere un rebalanceo como el indicado en el ejemplo 3.1 del capítulo III que involucra al área de Relaciones Laborales en su sección de entrenamiento de personal sindicalizado que, de no cumplir con su indicador de certificación de entrenamiento por puesto puede generar paros constantes de línea pues, las hojas de distribución de trabajo asumen tiempos estandarizados de labor para personal habilitado en la operación de fosa de línea final.

Por otro lado, si un cambio de mezcla genera un cuello de botella por equipo, como el indicado en el ejemplo 4.1 del capítulo IV para los equipos de prensa de parabrisas y grúa de montaje de casetas, y el departamento de Ingeniería de la Planta no logra un buen control de su indicador de tiempo de modificación de equipo mayor ó en el caso del ejemplo 6.1 del capítulo VI, el pronóstico de fallas de equipo resulta ser más crítico de lo esperado, el cálculo de la curva de lanzamiento no se ajustará a la realidad independientemente de que las hojas de distribución de trabajo, los patrones de operación en mezcla o los inventarios de unidades por línea estén correctamente calculados.

Podemos afirmar que el éxito en la aplicación del método propuesto no queda garantizado con, ni se circunscribe a una planeación adecuada y cálculos correctos por parte del Ingeniero Industrial sino que implica también su labor de liderazgo en la coordinación de todas las áreas involucradas para el control de sus indicadores a través del proceso de implementación del cambio de volumen y/o mezcla de producción.