

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

**DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA**



**ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA LA
REALIZACION EFICIENTE DE BALANCEOS DE TRABAJO EN
UNA EMPRESA CON VARIAS FAMILIAS DE PRODUCTOS EN
UNA LINEA DE ENSAMBLE UNICA.**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERIA INDUSTRIAL

ING. JORGE MARTIN MONTEMAYOR GUERRERO

MAYO DE 1995.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE GRADUADOS E INVESTIGACIÓN

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

**ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA
LA REALIZACIÓN EFICIENTE DE BALANCEOS DE
TRABAJO EN UNA EMPRESA CON VARIAS FAMILIAS DE
PRODUCTOS EN UNA LINEA DE ENSAMBLE ÚNICA.**

TESIS

ING. JORGE MARTÍN MONTEMAYOR GUERRERO

MAYO DE 1995

**"ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA
LA REALIZACIÓN EFICIENTE DE BALANCEOS DE
TRABAJO EN UNA EMPRESA CON VARIAS FAMILIAS DE
PRODUCTOS EN UNA LINEA DE ENSAMBLE ÚNICA."**

Por

ING. JORGE MARTÍN MONTEMAYOR GUERRERO

TESIS

**Presentada a la
DIVISIÓN DE GRADUADOS E INVESTIGACIÓN**

Este trabajo es requisito para obtener el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

MAYO DE 1995

CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO	i
TABLA DE DIAGRAMAS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
CAPITULO 1. PRESENTACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4. DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO	11
1.5. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN	13
CAPITULO 2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS GENERALES	14
2.1. QUÉ ES UN BALANCEO DE TRABAJO DE LINEAS DE ENSAMBLE	15
2.2. REQUERIMIENTOS PARA UN BALANCEO DE TRABAJO	16
2.3. PASOS PARA REALIZAR UN BALANCEO DE TRABAJO	17
CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS ACTUALES	23
3.1. INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS ACTUALES	24
3.2. CRITERIOS TRADICIONALES A CONSIDERAR EN EL DESARROLLO DE UN BALANCEO DE TRABAJO	25
3.3. ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS ACTUALES	26
3.3.1. Sistemas de Producción donde no se realiza balanceo por cambio de cédula	26
3.3.2. Tiempo Ciclo y Dotación a partir del Tiempo Mayor	27
3.3.3. Reparto realizado dividiendo el tiempo total de cada modelo entre la cantidad de operarios necesarios	30
3.3.4. Sistemas con balanceo de trabajo para todo un año, sin posibilidades de cambio	33
3.3.5. Balanceos de trabajo con métodos computacionales	34
CAPITULO 4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	35
4.1. INTRODUCCIÓN A LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	36
4.2. SELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE	37

4.2.1 Alternativas para el Software.....	37
4.2.2. Selección del Software.....	39
4.2.3 Selección del Hardware.....	39
4.3. CRITERIOS A CONSIDERAR EN NUEVA METODOLOGÍA DE BALANCEOS DE TRABAJO.....	40
4.4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS....	41
4.4.1. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 1.....	41
4.4.2. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 2.....	46
4.4.3. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 3.....	49
4.4.4. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 4.....	50
4.4.5. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 5.....	52
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA.	60
5.1. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA.....	61
CONCLUSIONES.	64
ANEXO 1. SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS - FASE 1.....	67
ANEXO 2. SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS - FASE 3.....	71
ANEXO 3. SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS - FASE 4.....	75
ANEXO 4. SISTEMA - FASE 5 - PROGRAMA 1.....	80
ANEXO 5. SISTEMA - FASE 5 - PROGRAMA 2.....	91
ANEXO 6. SISTEMA - FASE 5 - PROGRAMA 3.....	96
ANEXO 7. GLOSARIO.....	101
GLOSARIO.....	102
ANEXO 8. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106
OTRAS FUENTES.....	107
ANEXO 9. VITA.....	108
CURRICULUM VITAE.....	109

TABLA DE DIAGRAMAS.

	Pág.
Diagrama 2-1 Metodología para Realizar Balanceo de Trabajo.	17
Diagrama 3-1. Metodologías Actuales.	24
Diagrama 3-2. Metodología de T.C. y dotación a partir del Tiempo Mayor.....	27
Diagrama 4-1. Estructura del Sistema - Fase 1.	42
Diagrama 4-2. Procedimiento en Sistema-Fase 1.	42
Diagrama 4-3. Estructura del Sistema-Fase 2.	46
Diagrama 4-4. Procedimiento en Sistema-Fase 2.	47
Diagrama 4-5 Estructura del Sistema-Fase 4.	51
Diagrama 4-6. Estructura del Sistema-Fase 5.	53
Diagrama 4-4. Procedimiento en Sistema-Fase 5.	56

DEDICATORIA.

Este trabajo de investigación, desarrollado como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Industrial, lo he dedicado con todo mi amor a mi esposa Claudia, a mi hija Luisa Fernanda y a mi hijo Jorge Alberto.

También se lo dedico a mis padres y a mis hermanos por su apoyo y ejemplo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en mucho la colaboración del Ing. Alfonso Pompa Padilla, por haberme presentado la oportunidad de cursar los estudios para esta Maestría.

Asimismo, agradezco la colaboración del Ing. José Luis Segovia, asesor en esta investigación.

De la misma manera deseo agradecer a mis compañeros de Ind. John Deere S.A. de C.V. Planta Saltillo, por su colaboración en el desempeño de esta investigación.

RESUMEN.

En este reporte se mencionan los resultados de la investigación que se llevó a cabo como Proyecto de Tesis. No pretende ser un manual de trabajo, simplemente se mencionan los resultados.

Cinco capítulos componen el desarrollo de este reporte. En el primero se presenta el material preliminar relacionado con el qué, por qué, cómo, donde y cuando se llevó a cabo la investigación. A continuación, en el Capítulo 2 se desarrolla un marco teórico con la finalidad de ubicarse en el detalle de lo que se busca. El tercer capítulo es una recopilación de cómo se hacen las cosas actualmente. En el Capítulo 4 se detallan las fases seguidas para encontrar un sistema que solucione la problemática, tal sistema se analiza en el Capítulo 5.

Después del desarrollo se presentan las conclusiones, luego de las cuales se anexan algunas muestras de la información utilizada en el proyecto.

Como objetivo de la tesis se propuso el siguiente:

" Desarrollar un Sistema de Información Integrado en Computadora para apoyar a la Ingeniería de la Manufactura en una empresa que tenga varias familias de productos en una línea de ensamble única, para la realización eficiente de balanceos de trabajo".

Buscando alcanzar el objetivo, se desarrolló un sistema que fue implementado en el paquete Lotus 1-2-3 y puesto a prueba en la Línea de Acabado de Tractores de la Planta Saltillo de Industrias John Deere, S.A. de C.V.

De acuerdo a lo que se realizó, como se menciona en este reporte, considero que el objetivo se ha conseguido.

Ing. Jorge M. Montemayor G.

CAPITULO 1.

PRESENTACIÓN.

1.1. INTRODUCCIÓN.

En el año de 1989, estando trabajando en la Planta Tractores de Industrias John Deere, S.A. de C.V., fui asignado como analista de ingeniería de producción a la línea de acabado de tractores de la planta.

El trabajo realizado consistía básicamente en dar el apoyo de ingeniería necesario para la realización de todas las operaciones en la línea, lo cual comprende principalmente labores como el diseño de la manufactura, la determinación de estándares de tiempo, diseño de herramientas y dispositivos de ensamble, mejora de métodos, implementación de nuevos procesos, y balanceos de la línea.

De todos estos trabajos, el balanceo de líneas presentaba una verdadera área de oportunidad, desde mi punto de vista, ya que la metodología que se había venido siguiendo, tomaba demasiado tiempo y ocasionaba problemas con la producción. Tal metodología de balanceo de líneas, se empezó a utilizar cuando por la línea se realizaban las operaciones de dos modelos diferentes únicamente, siendo que cuando me hice cargo de la línea, se ensamblaban más de siete modelos.

Como era yo el responsable de realizar los balanceos de esa línea, empecé por mejorar enfoques o puntos de vista, a cuestionar el método utilizado y a buscar una mejor manera de repartir el trabajo.

La presente Tesis se ha desarrollado con la finalidad de presentar una metodología que facilite la realización de repartos de trabajo para una línea de ensamble en una empresa manufacturera que produzca diversos modelos de una misma familia de productos.

Tal metodología debe permitir que la línea se adapte rápidamente a cambios en la cédula de producción tanto en la cantidad como en la mezcla de productos, para que de esta manera la empresa responda eficientemente a cambios en la demanda y se logre que la producción se lleve a cabo con productividad.

Asimismo, con esta metodología debe obtenerse toda la información necesaria para que el nuevo reparto de trabajo se lleve a cabo.

Por ejemplo, debemos obtener la documentación para que a los operarios se les informe del trabajo que les corresponde realizar, o sea, las descripciones

generales de trabajo en que se muestren la instrucciones de ensamble completas y detalladas; información para el supervisor de la línea, que le permita conocer la manera en que está repartido el trabajo; e información cuantitativa de tiempos por operario, con la finalidad de realizar simulaciones.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

En nuestro país existe una gran cantidad de empresas que se dedican a la producción en serie de diversos bienes, tales como línea blanca, electrónica, metal-mecánica, automotriz, etc. Cada una de ellas puede tener diferentes sistemas productivos para la elaboración de dichos bienes, como pueden ser: Celdas de Manufacturas, Líneas de Ensamble, por Proyectos, u otras.

Todas estas empresas, en su interacción con el medio ambiente, se ven expuestas a diferentes situaciones que la obligan tomar decisiones respecto a adaptarse, desarrollarse, crecer, o simplemente desaparecer.

Uno de las principales situaciones a que se ve expuesta una empresa, es a la variación en la demanda a través del tiempo, ya que origina la urgente necesidad de realizar cambios en lo planeado y requiere de la empresa una alta flexibilidad.

Un cambio en la demanda de productos, origina modificaciones en la programación de producción y de compras de materias primas. Cambios en requerimiento de mano de obra, con la consiguiente relocalización, despido o contratación de personal, entrenamiento, cambios en la asignación de trabajo a los operarios, y muchos otros.

En la empresa para la que se realizó este proyecto, uno de los renglones más afectados es el referente a la realización de balanceos de trabajo para la correcta asignación de labores al personal operario dado el nuevo requerimiento de producción.

La parte relevante se encuentra en la situación que se describe, en términos generales, a continuación.

Se cuenta básicamente con tres departamentos principales en el proceso de manufactura, cada uno de ellos con su línea de ensamble y sus operarios, los cuales deben contar con una carga de trabajo justa para el turno de labores.

Tales departamentos son: Línea de Ensamble de Motores y Transmisiones, Línea de Ensamble de Unidades y Línea de Acabado. Cada departamento se apoya en el trabajo de un Supervisor, un Auditor del departamento de Confiabilidad y un Ingeniero del depto. de Ing. de Producción.

Los cambios en la demanda, implican, entre otras, las siguientes actividades importantes que impactan en los departamentos mencionados anteriormente:

Reprogramación de la Cédula de Producción. Significa que se va a determinar la cantidad diaria a fabricar de cada modelo durante el período, el cual generalmente es de un mes, pero puede variar.

- *Necesidad de calcular el nuevo requerimiento de mano de obra.* Considerando los tiempos estándar de cada operación a lo largo de las líneas y la productividad esperada del personal, se determina la cantidad de operarios necesarios para cumplir con la cédula de producción.

- *Ajustar la cantidad de personal operario productivo en base al nuevo requerimiento.* Dependiendo de la variación, puede despedirse, contratarse o simplemente relocalizar al personal de un departamento a otro. También se hace necesario el entrenamiento a los nuevos elementos.

- *Cambios en la asignación de trabajo al personal operario (balanceo de líneas).* Para cada persona que trabaje en un departamento productivo, se le realiza una asignación de las labores que deberá ejecutar durante el turno, y que, dada la cédula de producción, le darán una carga completa para toda la jornada. Adicionalmente, se pretende que para cada modelo, el tiempo asignado sea el mismo. Para la realización de un Balanceo de Líneas, se requiere que personal que conozca completamente el proceso de ensamble le dedique varias horas a la distribución del trabajo, impidiendo la realización de otro tipo de labores.

- *Relocalización de material, de acuerdo a la nueva asignación de trabajo.* En algunos casos se hace necesario que se reacomoden los contenedores y las charolas de material para acercarlos al lugar de ensamble en la línea.

Además, a cada persona en la línea de ensamble se le debe dar la información necesaria en cuanto al trabajo que le corresponde desarrollar, así como la herramienta necesaria para llevarlo a cabo.

La persona que realiza el trabajo se tiene que asegurar de que la línea no sea muy sensible a pequeñas variaciones en el programa de producción.

La mayor parte de este trabajo es realizado por personal del departamento de Ingeniería de Producción, que es el encargado de toda la parte ingenieril de la manufactura. Para llevar a cabo estos trabajos, los ingenieros responsables de las líneas de ensamble, comúnmente deben dejar de hacer las otras actividades que estaban planeadas y dedicar a los trabajos de balanceos aproximadamente unas diez horas.

Como objetivo de esta investigación se pretende presentar una opción para poder llevar a cabo todas estas actividades de una manera simple y rápida para incrementar la flexibilidad de la compañía frente a los cambios del medio ambiente.

El enfoque dado será hacia las empresas manufactureras cuyos bienes producidos sean de una naturaleza similar y que puedan agruparse por familias de productos y que sean elaborados en una línea de ensamble.

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

Dada la situación que se menciona, se realizó el proyecto para responder a la siguiente pregunta que es la que originó la investigación.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Es posible que en una empresa un sistema de información integrado en computadora apoye a la Ingeniería de la Manufactura a la realización de balanceos de trabajo de líneas de ensamble que tengan varias familias de productos y se disminuya el tiempo requerido para esa actividad?

Para responder a esta interrogante, se plantea el siguiente

OBJETIVO DEL PROYECTO DE TESIS.

" Desarrollar un Sistema de Información Integrado en Computadora para apoyar a la Ingeniería de la Manufactura en una empresa que tenga varias familias de productos en una línea de ensamble única, para la realización eficiente de balanceos de trabajo".

Prioridades de los objetivos.

Desarrollar la estructura de un Sistema de Información Integrado para Computadora que ayude a:

- La realización de Balanceos de Líneas de Ensamble en donde se fabriquen varios modelos de diferentes familias, con la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad.
- La realización del Cálculo de la Dotación de Personal de acuerdo a la Cédula de Producción.
- Obtención del Costo de Mano de Obra de los productos elaborados en la línea de ensamble.
- Proporcionar información para la realización de simulaciones de la línea de ensamble.

Manteniendo información de lo siguiente:

- Tiempos estándar: tiempos por sub-ensambles y ensambles; para apoyar tanto a balanceos como a costos.
- Operaciones de Ensamble: Descripción de la operación, antecendencias, precedencias, materiales, tiempos estándar, herramental, etc.

Limitaciones y restricciones del proyecto.

El sistema de información que resulte tiene que ser amigable con el usuario, para dar mayor flexibilidad al personal de ingeniería. Es decir, para realizar un balanceo no será necesario que el ingeniero sea un experto en la línea de ensamble ni en el paquete computacional.

Considerando todo lo expuesto con anterioridad, el sistema a desarrollar debe contener algunas características principales que son las que a continuación se plantean.

- Que brinde la posibilidad de realizar balanceos de acuerdo a criterios.
- Capacidad para implementarse en una computadora que pudiera ser adquirida por una empresa mediana.
- Ser desarrollado en un programa computacional fácil de adquirir y manejable por cualquier persona con conocimientos básicos de computación.
- Que permita que el balanceo de trabajo pueda desarrollarse por cualquier persona aunque no conozca a fondo la línea de ensamble.

Premisas y suposiciones.

Se desarrollará el algoritmo para que el actual método heurístico de balanceos se convierta en uno lo suficientemente determinístico como para ser implementado en computadora.

Se plantea realizar el proyecto para una planta mediana que reúne las siguientes características:

- Producción en serie en una línea de ensamble.
- Tiene varias familias de productos.
- Necesidad de realizar balanceos de trabajo periódicamente.
- Mantiene actualizados los tiempos estándar de las operaciones productivas que se realizan.

1.4. DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO.

Este Proyecto de Tesis, se realizó en la Planta Tractores de Industrias John Deere, S.A. de C.V.

La empresa se dedica a la fabricación y comercialización de maquinaria agrícola para el mercado nacional principalmente. Cuenta con tres plantas: una en Garza García, N.L., Planta Implementos, donde se fabrican implementos agrícolas; la segunda en Santa Catarina N.L. Planta Cucharones, en donde se fabrican los cucharones de exportación para cargadores frontales; y la tercera, Planta Tractores, en Saltillo, Coah. en donde se fabrican tractores agrícolas para abastecer al mercado nacional principalmente.

La Planta Tractores cuenta con aproximadamente cincuenta empleados y cien operarios. Se fabrican tres familias de productos con una producción de unos 4000 tractores anualmente.

La primera familia la conforman los tractores 2755 que incluyen los tractores Utility de 4 cilindros siendo 7 los modelos:

- N.A. Equipado (2755 N.A.E.),
- N.A.E. Huertero (2755 N.A.H.)
- Turbo-cargado toma de fuerza independiente (2755 T.F.I.),
- Turbo TFI con transmisión Sincronizada (2755 Synchron),
- Turbo TFI con transm. Sincron. y Roll Guard(2755 Synchron c/R.G.),
- Turbo TFI Synchron con Doble Tracción (2755 D.T.),
- Turbo TFI Synchron D.T. con Roll Guard (2755 D.T. c/R.G.) y
- Turbo TFI Synchron DT Alto Despeje (2755 H.C.).

La segunda familia la constituyen los modelos 4455 con motor de 6 cilindros Turbo-cargado, transmisión sincronizada y toma de fuerza independiente.

- Rodado Sencillo (4455 R.S.) y
- Rodado Dual (4455 R.D.)

La tercera familia está constituida por el tractor 2300 con motor de 4 cilindros. Los modelos de esta familia son

- Tractor 2300 con Tracción Sencilla (2300 S)
- Tractor 2300 con Doble Tracción (2300 D)

Los estudios y análisis de esta investigación se desarrollaron en la parte final del proceso de producción, que es la Línea de Acabado de tractores, departamento donde se termina de vestir al tractor después de ser pintado.

1.5. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN.

Estos son los pasos seguidos para la realización de este proyecto de Tesis:

1. Estructuración de la situación problemática:
 - Planteamiento de Objetivos,
 - Estudio de la Factibilidad de llevarlo a cabo.
 - Propuesta para llevarlo a cabo - Autorización.Desarrollo de un programa para solucionar la situación problemática.
2. Investigación de la información bibliográfica disponible:
 - Búsqueda en Biblioteca : libros, manuales y publicaciones.
 - Análisis y selección de la información relevante.
3. Investigación de la Situación Actual:
 - Entrevistas con personal de ingeniería de producción en diversas empresas.
 - Estructuración de la información obtenida.
4. Proceso iterativo para desarrollar el nuevo sistema:
 - Diseño conceptual del sistema.
 - Construcción del Sistema.
 - Implementación y pruebas de campo.
5. Simulación, validación y optimización del sistema resultante.
6. Preparación del reporte preliminar.
7. Revisión y re-evaluación.
8. Elaboración del reporte definitivo.

CAPITULO 2.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS GENERALES.

2.1. QUÉ ES UN BALANCEO DE TRABAJO DE LINEAS DE ENSAMBLE.

Ensamblar significa unir dos o mas componentes en una sola unidad. Para realizarlo, pueden utilizarse diversos sistemas de producción, como son las celdas de manufactura o las líneas de ensamble.

Generalmente más de dos componentes son requeridos para completar un ensamble, con lo que se tiene un tiempo muy grande para terminarlo, lo cual crea la necesidad de repartir el trabajo en estaciones de trabajo, de tal manera que la unidad se irá completando progresivamente. Esta es la idea básica de una línea de ensamble tradicional que es una secuencia de estaciones de trabajo en la que los operarios realizan tareas asignadas a cada unidad

En tales líneas de ensamble, una unidad llega a una estación de trabajo, y el operario debe realizarle las operaciones que tiene asignadas. Una vez completadas tales operaciones, la unidad se retira hacia la siguiente estación en la que se le completarán más operaciones. Esto se repite a lo largo de toda la línea de ensamble hasta que la unidad queda terminada.

Los movimientos entre estaciones pueden ser realizados de diferentes maneras. Por ejemplo, en las líneas de ensamble las unidades pueden ser movidas por una cadena, por una banda transportadora, mediante rodillos y gravedad, o simplemente un operario la lleva a la siguiente estación.

Si queremos que cuando un operario termine su labor sobre una unidad, le esté llegando la siguiente para trabajar, surge la necesidad de realizar un *Balanceo de Trabajo* que es la distribución de elementos de trabajo a lo largo de varias estaciones de tal manera que el trabajo productivo total asignado a cada estación presente la menor variación posible, respetando las restricciones de la precedencia de los elementos de trabajo y el tiempo y cumpliendo con la cédula de producción. El operario de cada estación desarrollará su tarea repetidamente a cada unidad, según como ésta vaya pasando por cada estación.

Si se tiene que en la línea se ensambla únicamente un modelo, el problema es relativamente sencillo, ya que es posible conseguir programas computacionales para la realización del balanceo de trabajo. Aún si se tienen varios productos parecidos

es posible llevar a cabo un reparto de labores sin mayor problema. Sin embargo, la situación se complica cuando por la misma línea de ensamble se fabrican diversas familias de productos, y cada familia incluye varios modelos o versiones.

2.2. REQUERIMIENTOS PARA UN BALANCEO DE TRABAJO.

Para poder desarrollar un balanceo de trabajo en un departamento productivo, se presentan los siguientes requerimientos:

Existencia de un Sistema de Horas Estándar. Este es uno de los principales requisitos. Casi toda la planeación de un balanceo de trabajo exige un sistema de horas estándar para poder llevarlo a cabo. Los tiempos serán indispensables para calcular dotación de personal, calcular tiempos ciclos, longitud de estaciones, etc.

Operarios flexibles en las áreas de trabajo. Tener operarios con conocimientos de varias operaciones dentro de un área de trabajo, nos permitirá la planeación de un balanceo, al poder asignarle trabajo que él podrá realizar. Si no todos los operarios presentan flexibilidad completa, es importante conocer las habilidades de cada uno de los operarios de la línea.

Conocimiento de la secuencia de operaciones (restricciones de precedencia). Cada proceso de fabricación lleva una secuencia de operaciones que debe ser respetada en el momento de realizar un balanceo de trabajo. La manera más sencilla de tenerlo en cuenta, es mantener la descripción de trabajo escrita en el orden requerido.

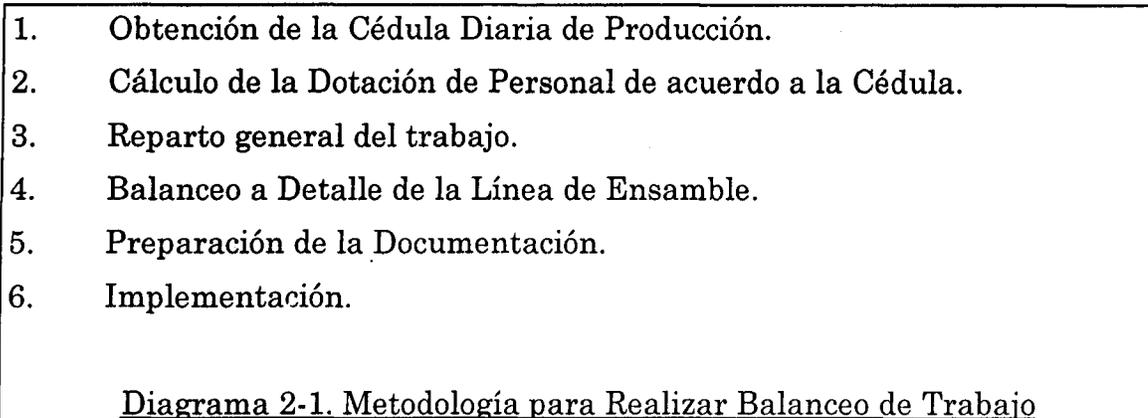
Conocimiento de las restricciones por instalaciones. Algunas instalaciones llegan a ser restricciones para un balanceo de trabajo, limitando alguna operación a una estación determinada. Es importante tenerlo en cuenta para lograr que el balanceo de trabajo planeado pueda llevarse a la práctica.

2.3. PASOS PARA REALIZAR UN BALANCEO DE TRABAJO.

El trabajo a realizar en nuestra planta se divide básicamente por áreas o departamentos. Como en cada área productiva el tiempo productivo puede ser muy grande, es necesaria la participación de varias personas para completar el trabajo, surgiendo el requerimiento de repartir éste de tal manera que cada una de ellas tenga su asignación de tareas en cantidad suficiente para completar su turno, y de tal manera que facilite el flujo de las operaciones productivas.

La realización de un balanceo de trabajo en un área operativa de la planta sigue una metodología muy sencilla cuyos pasos van desde la definición de la cédula de producción hasta la implementación del nuevo reparto de trabajo.

Los pasos de la metodología se muestran en el diagrama 2-1.



Sobre cada uno de los pasos enunciados se hace una explicación en las siguientes páginas, siendo el paso 4) Balanceo a detalle de la línea de ensamble, el que es motivo de la investigación, por lo que no se especifica totalmente, dejando su explicación para el siguiente capítulo.

1. Obtención de la Cédula Diaria de Producción.

Para poder definir la manera de realizar un trabajo, calcular personal, realizar el balanceo de trabajo, etc., el primer paso que requerimos es obtener la cédula de producción para el mes fiscal.

Esta información se obtiene a partir de los pronósticos de producción, ventas e inventarios de unidades para el mes fiscal en cuestión. Teniendo la información relativa a producción mensual que se propone y la cantidad de días hábiles por mes, se calcula la producción diaria promedio propuesta a partir de los pronósticos.

Con esta información, se procede a un acuerdo entre los departamentos involucrados para la definición de la Cédula de Producción Diaria. Los departamentos involucrados son: Producción, Ingeniería de Producción y Control de Materiales. Entre otros, deben tomarse en cuenta los siguientes puntos para llegar al acuerdo:

- Inventarios de los materiales necesarios para la producción
- Fechas promesa de llegada de embarques de materias primas
- Requerimientos de personal
- Cursos, o actividades especiales que en que se incluya a personal operario, restando tiempo productivo.
- Inventario en patio de producto terminado

Una vez considerados los puntos anteriores y llegado a un acuerdo, se procede al cálculo de la dotación de personal.

2. Cálculo de la Dotación de Personal de acuerdo a la Cédula.

Teniendo las Horas Estándar de un ensamble y la Cédula de producción, es posible calcular la cantidad de personal requerido de acuerdo a la fórmula mostrada a continuación:

$$\text{Dotación} = \frac{(\text{Horas Estándar}/100) (\text{Cédula}/\text{turno})}{(\text{Eficiencia esperada})(\text{Cobertura})(\text{Horas}/\text{turno})}$$

Esta fórmula nos permite obtener el porcentaje de turnos de mano de obra requerido para cumplir con la cédula de producción.

Por ejemplo:

Si tenemos un ensamble con una duración de 57 Horas Estándar y se requiere producir 25 piezas durante un turno de 8.5 horas teniendo al personal trabajando a una eficiencia de 130% durante el 95% del turno, se tiene lo siguiente:

Horas Estándar	57 Hrs. Std. /100 Pzas
Cédula / Turno	25 pzas.
Eficiencia esperada	130%
Cobertura	95%
Horas / Turno	8.5 Hrs.
Dotación	= $\frac{(57/100)(25)}{(1.3 \times 0.95 \times 8.5)}$
	= 1.36 personas

Es decir que para producir 25 pzas. se requerirá contar con una persona de tiempo completo y el 36% del turno (3.06 horas) de otra persona.

Este procedimiento puede extenderse para calcular la dotación de personal en una línea de ensamble considerando todos los ensambles y sub-ensambles involucrados, así como la cédula de producción de todos los modelos a fabricar.

Teniendo calculada la dotación de personal para cada área de trabajo en la planta, debe definirse la cantidad real de operarios que se asignará a cada área operativa. Esto es necesario para definir cuántas personas deben incorporarse al departamento o cuántos serán reasignados a otras funciones.

3. Reparto General del Trabajo.

En cada área de la planta debe realizarse un reparto de trabajo a nivel general, que es el que nos indica la manera en que se asignarán las diferentes tareas productivas a los operarios. El ingeniero analista y el supervisor del área son los responsables de este trabajo.

En este procedimiento debe definirse cuántas personas estarán trabajando en el área de trabajo.

Los pasos que normalmente se siguen para lograr el reparto son los siguientes:

1. Definir la cantidad de trabajos que deben ser repartidos en el área operativa.
2. Definir la dotación de personal para cada trabajo.
3. Asignar de manera general el trabajo a cada operario de tal forma que complete su turno.

4. Balanceo a Detalle de la Línea de Ensamble.

La metodología seguida para la realización de este tipo de balanceos se menciona brevemente a continuación. Un análisis más detallado de las diferentes metodologías existentes para el balanceo de la línea de ensamble se menciona en el siguiente capítulo.

1. Determinar la cantidad de estaciones en la línea. La cantidad de estaciones de trabajo en la línea se determina de igual manera que el cálculo de dotación por cédula.
2. Determinación del tiempo ciclo por estación y por modelo. Para cada modelo se divide el tiempo total de ensamble entre la cantidad de estaciones en la línea de ensamble.
3. Asignación del trabajo al personal en la línea. Tomando el tiempo estándar de ensamble de cada modelo, se le convierte a tiempo real y

se divide entre la dotación de personal (o cantidad de estaciones), calculando la cantidad de trabajo que le corresponde a cada operario.

6. Documentación.

Una vez que se ha definido el trabajo que a cada operario en la línea le corresponde realizar, se procede a la preparación de la documentación que se ha de entregar.

La documentación entregada puede ser presentada en diversas maneras. Básicamente debe contener la información suficiente para que pueda implementarse adecuadamente el nuevo balanceo. Normalmente se presenta de las siguiente formas:

1. Reparto General del Trabajo. Consiste en una hoja con toda la información del área operativa y la manera en que se repartió a nivel general entre los operarios.
2. Balanceo a Detalle. A cada operario se le entrega una copia parcial de la descripción general del trabajo donde se indique lo que le corresponde hacer en cada modelo dentro de cédula. Se indica el primer y último elemento que le corresponde llevar a cabo.

Si para una estación dada se tiene que por cada modelo son 5 páginas de la descripción general del trabajo, y son 10 modelos en total, se cuentan 50 páginas que cada operario debe leer.

3. Descripción General de Trabajo. Para cada modelo, es conveniente entregar una Descripción General del Trabajo, la cual se incorpora a la información que se tiene para fines de auditoría.

Generalmente la documentación es manejada de la siguiente manera:

1. Información al supervisor.
 - Reparto General del Trabajo.
 - Balanceo a Detalle.

- Descripción General de Trabajo.
- 2. Información a cada operario de la línea.
 - Reparto General del Trabajo.
 - Balanceo a Detalle.
- 3. Información al auditor de la línea.
 - Descripción General de Trabajo.
- 4. Información para el ingeniero de la línea.
 - Reparto General del Trabajo.

7. Implementación.

Para llevar a cabo la implementación del nuevo balanceo de trabajo, se requiere entregar toda la información al supervisor de la línea para luego entregarla a cada operario.

El supervisor debe revisar a nivel de detalle el balanceo, para decidir si todo el trabajo puede ser desempeñado de acuerdo a como se definió, o si es necesario dar entrenamiento en alguna operación en particular.

Cada operario revisa la documentación una vez recibida, para poder determinar si cuenta con la herramienta necesaria para llevar a cabo el trabajo asignado.

Pequeños ajustes entre operarios son permitidos al balanceo. Pueden hacerse directamente como un acuerdo entre los mismos operarios, o por el supervisor.

CAPITULO 3.

ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS ACTUALES.

3.1 INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS ACTUALES

Con la finalidad de determinar las diferentes metodologías que existen en la actualidad, diversas investigaciones se llevaron a cabo, encontrándose una situación muy particular.

En relación a los balanceos de trabajo de líneas de ensamble, es posible encontrar mucha bibliografía cuando se trata de repartir el trabajo a líneas en las que sólo se fabrica un único modelo de producto. Existen muchos libros de texto, revistas y manuales de fábrica que mencionan el problema del balanceo para éste tipo de líneas, sin embargo no se encontró material para desarrollar un balanceo cuando por la línea de ensamble pasan varios modelos de diferentes familias de productos.

Debido a lo anterior, la investigación se basó prácticamente en visitas a diversas plantas y entrevistas a personas consideradas expertas en ésta área de trabajo, para así formar un marco teórico de referencia que sirviera al desarrollo de la presente tesis.

Con este marco de referencia mencionado, se logró la identificación de los principales criterios que se utilizan al repartir el trabajo en un área operativa, los cuales en este capítulo se mencionan, así como la agrupación de las diferentes metodologías utilizadas en cinco principales. Tales metodologías se mencionan en el Diagrama 3-1 y su explicación se desarrolla en el resto del capítulo.

1. Sistemas de Producción donde no se realiza balanceo por cambio de cédula.
2. Tiempo Ciclo y Dotación a partir del Tiempo Mayor.
3. Reparto realizado dividiendo el tiempo total de cada modelo entre la cantidad de operarios necesarios.
4. Sistemas con balanceo de trabajo para todo un año, sin posibilidades de cambio
5. Balanceos de trabajo con métodos computacionales.

Diagrama 3-1. Metodologías Actuales.

3.2. CRITERIOS TRADICIONALES A CONSIDERAR EN EL DESARROLLO DE UN BALANCEO DE TRABAJO.

Un balanceo de trabajo debe contar con ciertas características con la finalidad de hacerlo efectivo. Tales características son las que a continuación se mencionan.

- Productividad. Debe estar orientado a cumplir con la cédula de producción buscando productividad en términos de horas producidas entre horas trabajadas. Esto nos lleva a repartir el trabajo entre la cantidad justa de personal para cumplir con la cédula de producción.

- Carga de trabajo completa. Independientemente de la mezcla de productos, el personal dentro de la línea deberá tener trabajo asignado para completar todo el turno.

- Producción Justo a Tiempo. Un buen balanceo de trabajo debe procurar que el inventario en proceso entre las diferentes estaciones sea el mínimo posible, buscando que las unidades lleguen a cada operario en el momento en que termina con la unidad anterior.

- Variación máxima permitida. Con respecto a la carga de trabajo que un operario debe tener para un modelo en particular, se acepta una variación máxima de un $\pm 5\%$. Contra el tiempo total del turno, la variación máxima permitida será de $+1\% - 5\%$ considerando la mezcla de productos promedio.

3.3. ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS ACTUALES.

Dentro de las investigaciones realizadas, se encontró que los balanceos de líneas de ensamble pueden ser realizados de diferentes maneras, las cuales se detallan a continuación.

3.3.1. Sistemas de Producción donde no se realiza balanceo por cambio de cédula

En algunas empresas no se realizan repartos de trabajo con el cambio de la cédula de producción. Se encuentran tres categorías de empresas que realizan lo anterior.

Primero encontramos a las empresas que mantienen una dotación fija de personal para la realización de todas las labores productivas, por lo que la gente simplemente trabaja más aprisa o más despacio de lo que se indica el Estudio de Tiempos y Movimientos - cuando lo tienen -.

Lo anterior es correcto si se acompaña de un sistema de pago de salarios a destajo y la compañía puede vender todo lo que se produzca sin problema. Sin embargo, en tales empresas el costo de producción es difícil de calcular y se pierde mucho control.

En segundo lugar se encuentran las empresas que cuentan con celdas de manufactura, y únicamente se proporciona la dotación de personal necesaria para cumplir con la cédula de producción programada para el período. Prácticamente el sistema puede funcionar solo cuando se cuenta con un sistema de producción Justo a Tiempo.

Por último, encontramos algunas empresas que por arreglos sindicales, no pueden repartir el trabajo de los operarios, sino que ellos mismos se asignan las labores productivas.

Para lo que interesa al desarrollo de esta Tesis, ninguno de los sistemas resulta adecuado. Se busca productividad en líneas de ensamble, no en celdas.

3.3.2. Tiempo Ciclo y Dotación a partir del Tiempo Mayor.

Esta metodología consiste de los pasos que se detallan el Diagrama 3-2 y que posteriormente se detallan:

1. Determinar cuál es modelo con el Tiempo Mayor.
2. Calcular Tiempo Ciclo.
3. Calcular cantidad de estaciones de trabajo.
4. Asignación del trabajo al personal en la línea.

Diagrama 3-2. Metodología de T.C. y dotación a partir del Tiempo Mayor.

1. Determinar cuál es modelo con el Tiempo Mayor.

Para cada modelo, debe calcular el tiempo en minutos reales y escoger el del tiempo mayor, que es la base para la realización del reparto de trabajo.

Por ejemplo, si por la línea deben ensamblarse cinco modelos con los siguientes tiempos reales en minutos:

Modelo	Tiempo Total
A	150
B	185
C	210
D	193
E	270

Escogiendo el modelo del tiempo mayor seleccionamos E.

2. Calcular Tiempo Ciclo.

El tiempo ciclo se determina en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Ciclo} = \frac{\text{Duración del Turno}}{\text{Cédula Diaria de Producción}}$$

Con los tiempos anteriores, si se tiene una dotación del turno de 8 horas (480 minutos) y una cédula de producción de 40 unidades, tendremos el siguiente tiempo ciclo:

$$\text{Tiempo Ciclo} = 480 / 40 = 12 \text{ minutos/unidad}$$

3. Calcular cantidad de estaciones de trabajo.

Para el cálculo de la cantidad de estaciones de trabajo en la línea de ensamble se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Estaciones de Trabajo} = \frac{\text{Tiempo Mayor}}{\text{Tiempo Ciclo}}$$

Continuando con el ejemplo se tiene la siguiente cantidad de estaciones de trabajo:

$$\text{Estaciones de trabajo} = 270/12 = 22.5 \rightarrow 23 \text{ Estaciones}$$

4. Asignación del trabajo al personal en la línea.

Sabiendo la cantidad de estaciones de trabajo y el tiempo ciclo por unidad, se empieza a repartir el trabajo a cada estación y para cada uno de los diferentes modelos que se tienen.

Para el modelo del tiempo mayor se repartirá a cada estación trabajo suficiente para completar el tiempo ciclo. Sin embargo, en los

restantes modelos el tiempo que se le asignará a cada operario dependerá de la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo asignado modelo (i)} = \frac{\text{Tiempo total modelo (i)}}{\text{Estaciones de trabajo}}$$

Con esto, cada persona permanecerá ociosa en una fracción del tiempo ciclo, aunque la línea en su totalidad podrá avanzar a un ritmo sostenido.

Este procedimiento es el que se acostumbraba en la planta antes de implementar un programa de incentivos llamado Plan de Premio a la Productividad, pero como difícilmente se lograban índices de productividad satisfactorios, se retiró su práctica.

3.3.3. Reparto realizado dividiendo el tiempo total de cada modelo entre la cantidad de operarios necesarios.

En tales sistemas se cuenta generalmente con las descripciones de trabajo escritas a mano desde la realización del Estudio de Tiempos y Movimientos, y el balanceo se realiza utilizando una calculadora.

Lo primero que se realiza es el cálculo de personal de acuerdo a la cédula. Posteriormente, para cada producto que debe pasar por la línea de ensamble se divide el tiempo estándar total entre la cantidad de operarios obteniendo la cantidad de trabajo que corresponde asignarle a cada uno de los operarios. Tal cálculo es realizado con calculadora.

Tal sistema funciona cuando los tiempos estándar totales de ensamble son proporcionalmente parecidos entre los diferentes modelos que deben producirse, ya que no importará mucho si se fabrica de un producto o de otro en un día dado.

Sin embargo se ha visto que con esta metodología la línea se vuelve muy sensible a las variaciones diarias del plan de producción, ya que si en un día se requiere fabricar cierto modelo que tenga mucho más tiempo de ensamble que los demás, difícilmente se logrará obtener la cuota diaria, ya que se requeriría de mayor personal. Igualmente, si se producen más modelos de los de menor tiempo requerido, el personal se verá ocioso.

La metodología seguida para la realización de este tipo de balanceos se muestra a continuación.

1. Cálculo de dotación de personal para la línea de ensamble.

Teniendo las Horas Estándar se procede a calcular la dotación de personal, de acuerdo al paso 2 en la Sección 2.3.

2. Para cada modelo dentro de la cédula:

a. *Calcular el Tiempo Ciclo por estación para cada uno de los modelos.*

Tomando el tiempo estándar de ensamble de ese modelo, se le convierte a tiempo real y se divide entre la dotación de personal, calculando la cantidad de trabajo que le corresponde a cada operario.

Para convertir el tiempo estándar a tiempo real se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Real} = \frac{(\text{Hrs. Std. por 100 unidades})}{(\text{Cobertura})(\text{Eficiencia})(100)}$$

Entonces, para calcular el tiempo ciclo, se utiliza:

$$\text{Tiempo Ciclo Modelo (i)} = \frac{(\text{Tiempo Real Modelo (i)})}{(\text{Cantidad de Operarios})}$$

Por ejemplo, si se tiene una línea en la que se requiere de 4.5 personas, y en un modelo se tiene un tiempo estándar de 350 Hrs. Std., pasando este dato a tiempo real (con eficiencia esperada de 130% y cobertura de 95%) tenemos 2.83 horas reales, o sea, 170 minutos reales.

Estos 170.0 minutos deben dividirse entre los 4.5 operarios, dando que a a cuatro de ellos se les debe asignar 37.8 minutos de trabajo y al último se le asignarían 18.8 minutos. Teniendo estos datos es posible empezar a asignar los elementos de trabajo a cada operario

b. Asignar a cada operario el trabajo hasta completar su tiempo ciclo.

Teniendo la descripción estándar de trabajo, se asigna a cada operario el trabajo hasta completar su tiempo ciclo. Esta asignación puede ser de dos maneras, las cuales dependen de si es posible modificar la secuencia de operaciones en la línea de ensamble.

Digamos que a un operario se le han asignado elementos de trabajo por 36 minutos, debiéndole dar 37.8 min., y el siguiente elemento en la descripción tiene una duración de 2.3 minutos, advertimos que se pasa.

Si no puede modificarse la secuencia, ese elemento tendría que asignársele. Sin embargo, si el orden puede ser modificado, buscaríamos un elemento para lograr que el tiempo asignado sea realmente de 37.6 minutos o muy aproximado. La variación máxima que podría permitirse es del 5% de acuerdo al criterio.

Este procedimiento debe realizarse para cada modelo a ser producido.

c. *Preparar la documentación para cada operario.*

Posteriormente, se tendría que generar un reporte para cada operario en el que se detalle el trabajo que le corresponde realizar. Esto se logra sacando copias (fotostáticas o heliográficas) de la descripción general del trabajo para cada modelo.

El procedimiento continúa para cada modelo, hasta terminar de repartir el trabajo del área operativa.

En este sistema las descripciones de trabajo se actualizan directamente sobre el papel, por lo que usualmente la presentación es poco clara. Además, suelen presentarse problemas de demoras entre estaciones de trabajo. En la planta donde se desarrolló el proyecto era práctica común esta metodología.

3.3.4. Sistemas con balanceo de trabajo para todo un año, sin posibilidades de cambio

En algunas empresas los cambios en la cédula de producción se realizan cada año, es decir, cuando cambia el modelo y se requieren acomodados en las líneas de ensamble. De esta manera, los balanceos de trabajo se realizan sólo una vez en el período y es un trabajo que tarda de cuatro a seis semanas, requiriendo la participación de gran número de personas.

Aún así, los balanceos no cuentan con la robustez necesaria para mantener elevados los índices de productividad.

Pequeños ajustes se manejan entre una estación de trabajo y otra cuando cambia el trabajo. Tales cambios pueden deberse a especificaciones que fueron modificadas y que deben implementarse en la línea de ensamble.

Las líneas de ensamble son, entonces, algo que no requiere de cambios frecuentes completos en los balanceos de trabajo, por lo que los métodos empleados no son muy complejos, ya que se cuenta con suficiente tiempo para desarrollarse. Este es el caso las principales armadoras de automóviles en que la cédula de producción pronosticada para el año, no es afectada por la demanda.

3.3.5. Balanceos de trabajo con métodos computacionales.

El principal software para la realización de balanceos de trabajo que existe, llamado Linebal, fue desarrollado por el Tecnológico de Georgia y es muy útil para repartir el trabajo en una línea de ensamble de un sólo producto. Es posible balancear varios modelos, pero la tarea no se ve simplificada en mucho comparada contra los métodos tradicionales.

Adicionalmente, se puede conseguir el paquete DSS, con el cual es posible realizar balanceos, pero igualmente será para líneas con un solo producto.

CAPITULO 4.

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

4.1 INTRODUCCIÓN A LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Como se plantea en el capítulo anterior, los sistemas actualmente utilizados para realizar balanceos de trabajos en una línea de ensamble con varios productos, no cumplen con los objetivos perseguidos.

Algunas metodologías toman demasiado tiempo en desarrollarse e implementarse, mientras que otras no pueden ser utilizadas en una línea en la que se ensamblen varias familias de productos.

Sin embargo, el haber considerado la situación actual nos beneficia al poder definir un rumbo más específico.

Algunos nuevos criterios en cuestión de balanceos fueron desarrollados en el transcurso de la investigación, con la finalidad de obtener mayor provecho de la misma. Adicionalmente, las condiciones de herramientas computacionales también fue definida.

Cinco alternativas de solución fueron diseñadas y puestas a prueba en la línea de acabado de tractores. Cada una con ventajas sobre la anterior. En las siguientes páginas se profundiza todo lo expuesto.

4.2. SELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE.

4.2.1 Alternativas para el Software.

Varias alternativas se generaron para los programas computacionales a utilizar. A continuación se menciona cada una de ellas, indicándose las principales ventajas y desventajas.

Bases de datos:

1. Utilizar sistema operativo de discos DOS 5.0 utilizando el paquete Fox-Pro, para computadoras tipo Sistema Personal.

- Ventajas:

Relativamente baja inversión en sistemas.

Capacidad para manejar gran cantidad de datos y operaciones.

Sencillez en el manejo (no en el mantenimiento).

- Desventajas:

Requiere un mantenimiento muy complicado.

Necesario un amplio conocimiento para la programación.

2. Utilizar sistema operativo Unix, el cual involucra una plataforma de tipo RISC, para computadoras tipo Work-Station, con el paquete Oracle el cual es una base de datos relacional.

- Ventajas:

Gran capacidad para integrar este sistema a otros.

Rapidez en los cálculos.

Gran capacidad en cuanto a almacenaje y manejo de datos.

- Desventajas:

Alta inversión en programas y en equipo.

Requiere de un experto para la programación.

Se necesita amplio conocimiento para manejar el programa.

Hojas Electrónicas de Cálculo:

1. Utilizar una plataforma Windows con el paquete Excel 4.0 para utilizar en computadoras tipo Sistema Personal.

- Ventajas:

Facilidad en el manejo.

Facilidad de programación.

- Desventajas:

Procesamiento demasiado lento en computadoras de menos de 25 Mhz.

2. Utilizar un sistema operativo DOS 5.0 con el paquete Lotus 1-2-3 para utilizarse tanto en Computadora Personal como en Sistema Personal.

- Ventajas:

Baja inversión.

Paquete de uso común.

Los posibles usuarios lo dominan.

- Desventajas:

Limitado en la capacidad para manejar datos.

4.2.2. Selección del Software.

Considerando los criterios principales y cuestionando a los posibles usuarios, la alternativa seleccionada fue la utilización del paquete Lotus 1-2-3.

Cabe mencionar que en el momento en que la selección fue realizada las computadoras tipo Sistema Personal con una velocidad de procesamiento mayor de 25 Mhz. se encontraban a un precio demasiado elevado, siendo que ahora la tendencia es la reducción en los costos de estos equipos.

Por lo tanto, a pesar de que todo el desarrollo de la programación se realizó en Lotus 1-2-3, ahora podría ser implementado en el paquete Excel, ya que la transferencia es relativamente sencilla.

4.2.3 Selección del Hardware.

Tomando en cuenta la selección del programa, se tiene que definir a continuación el equipo a utilizar. Tomando en cuenta que debe ser fácil de adquirir por una empresa mediana, se presenta la sugerencia de que el equipo debe contener las siguientes características:

Procesador: 80386 o superior.

Velocidad del procesador: 16 Mhz mínimo.

Memoria RAM: 2 Mbytes mínimo.

Sistema operativo: DOS 3.3 o posterior.

Coprocesador Matemático: No indispensable.

Disco Duro: 30 Mbytes Mínimo.

Drive para disco flexible: 1 para discos de 3.5".

4.3. CRITERIOS A CONSIDERAR EN NUEVA METODOLOGÍA DE BALANCEOS DE TRABAJO.

Adicionalmente a los criterios mencionados con anterioridad, se elaboró una lista de nuevos criterios con los que deberían tomarse en cuenta en el desarrollo de una nueva metodología para la realización de un balanceo de trabajo. A continuación se mencionan:

- Trabajos críticos similares asignados a la misma persona para todos los modelos. Con la finalidad de que una persona asuma la responsabilidad por la buena calidad de la producción en un ensamble crítico dado y para que sea fácilmente localizable el punto de control para el supervisor de la línea, los elementos similares de varios modelos de la misma familia deben ser asignados a la misma persona en los posible.
- Para cada persona en la línea de ensamble igual tiempo ciclo. Este se calcula a partir de la duración del turno entre la cantidad de unidades a producir durante el mismo. Esto es particularmente importante mantenerlo en todos los modelos a fabricar en la línea, a fin de garantizar un adecuado flujo entre estaciones.
- La diferencia en tiempo entre modelos, amortiguada por personal realizando sub-ensambles. Dado que es difícil que sean iguales los tiempos requeridos para completar el ensamble de cada modelo , existen diferencias entre ellos. Por lo tanto, si queremos que en la línea las estaciones de trabajo cuenten con igual tiempo, se hace necesario sacar algunas operaciones, siendo los sub-ensambles los que debemos realizar fuera de lo que es la línea en sí.
- Visión del ensamble completo. En lo posible, debe procurarse que en el reparto los ensambles queden asignados a una sola persona completamente, con la finalidad de que no quede en manos de varios operarios la responsabilidad por la calidad del proceso.

4.4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS.

Habiendo analizado la situación actual en cuanto a métodos para la realización de balanceos de trabajo, se procedió a desarrollar una metodología que cumpliera con las expectativas de este proyecto.

Varias alternativas se desarrollaron a medida que se avanzó en la investigación. Cada una de ellas se desarrolló y se implementó, analizándose las ventajas y desventajas que presentaba contra los objetivos de esta tesis. De esta manera se mejoraba cada vez a lo anterior.

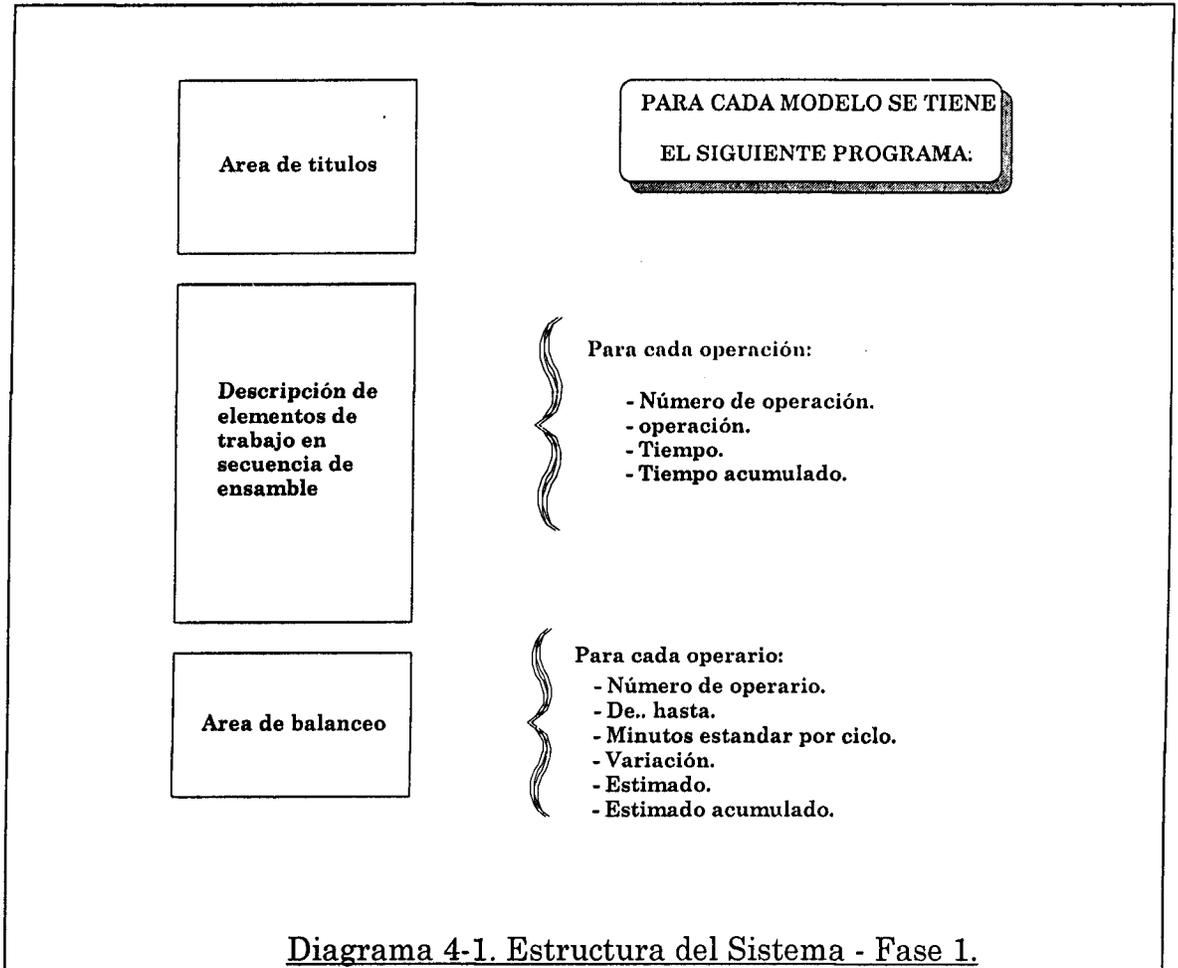
En este reporte se presentarán cinco fases que muestran la metodología en diferentes etapas, con la finalidad de mostrar el camino recorrido en este estudio. Así, se mostrará la evolución de la solución, desde el primer intento, hasta lo que se considera la respuesta al problema presentado al inicio de este reporte.

4.4.1. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 1.

Como parte de la búsqueda de una mejor manera de realizar los balanceos de trabajo, se crearon archivos en una hoja electrónica de cálculo, seleccionando el programa de Lotus 1-2-3 para tal efecto.

Los archivos debían contener la descripción general del trabajo así como los tiempos de cada elemento de trabajo. De esta manera sería posible desarrollar los balanceos de una manera parecida a la actual, pero se harían los cálculos más rápidamente.

Para esta primera fase se muestra la estructura del sistema en el Diagrama 4-1 y el procedimiento para realizar el balanceo se detalla en el Diagrama 4-1. Posteriormente se explica cada uno de estos puntos.



1. Determinar la cantidad de operarios necesarios.
 2. Para cada uno de los modelos :
 - 2.1. Calcular columnas de "Estimado" y "Estimado Acumulado".
 - 2.2. Asignación de trabajo para cada operario, considerando "Variación".
 - 2.3. Impresión de información para cada operario.
- Diagrama 4-2. Procedimiento en Sistema-Fase 1.

1. Estructura del sistema.

El programa cuenta con varias columnas principales que son las siguientes, y para facilitar su comprensión, un ejemplo se muestra en el Anexo 1:

- Número del elemento de trabajo.
- Descripción del elemento de trabajo.
- Tiempo requerido para el elemento de trabajo.
- Suma parcial de los tiempos de los elementos.

Número del elemento de trabajo. Cada elemento es numerado y capturado en el programa de acuerdo a la secuencia de ensamble. La numeración nos servirá para poder realizar la asignación de elementos de trabajo a cada operario al realizar el balanceo. Si por alguna razón se ve cambiada la secuencia de ensamble, debe modificarse la numeración en el programa, colocándola en un orden creciente.

Descripción del elemento de trabajo. La descripción de cada elemento de trabajo debe capturarse en el programa. Al lado de cada número inicia un párrafo con tal descripción, puede tomar varios renglones y la longitud de cada uno de éstos debe adecuarse al ancho de la hoja y al tipo de caracteres en que vaya a ser realizada la impresión.

Tiempo requerido para el elemento de trabajo. El tiempo total para realizar el elemento de trabajo, en Minutos Estándar debe ser incluido en otra columna, en el mismo renglón que el Número del elemento. Este tiempo nos servirá para la asignación del trabajo.

Suma parcial de los tiempos de los elementos. Empezando en cero, se va haciendo un acumulado de los tiempos hasta el elemento actual. Esta columna nos servirá para el rápido cálculo de los tiempos por operario.

Al final del archivo se tiene el rango con las fórmulas para calcular el tiempo para cada operario. Contiene la información que a continuación se detalla.

- Cantidad de Operarios
- Número de Operario

- De-Hasta (Inicio y fin de estación)
- Min. Std. (Minutos Estándar)
- Var. (Variación Porcentual)
- Estimado
- Estimado Acumulado

Cantidad de Operarios. Aparece primeramente la cantidad de operarios para la cual se realizará el balanceo de trabajo. Esta información es modificada por el usuario al empezar el balanceo. Luego aparecen las columnas con la información para balancear.

Número de Operario. La primera columna es la correspondiente al número de operario, que es un consecutivo en la secuencia de la línea de ensamble.

De-Hasta (Inicio y fin de estación). Posteriormente se encuentra la columna de los elementos que le corresponde llevar a cabo, en cual empieza y en cual termina

Min. Std. (Minutos Estándar). La siguiente columna contiene la cantidad de tiempo que se le está asignando, que son los Minutos Estándar por ciclo. El cálculo para esta columna es en base a la del acumulado que se mencionó anteriormente.

Var. (Variación Porcentual). A continuación está la columna con la variación porcentual con respecto a la columna del Estimado, que es lo que se supone debe tener cada operario, y se establece que la variación máxima no debe ser mayor de un 5% para decir que se tiene un balanceo aceptable. Le puede seguir una columna del porcentaje de trabajo que tenga cada operario en relación al tiempo total.

Estimado. La siguiente columna es la del Estimado, calculado a partir del tiempo total dividido entre la cantidad de operarios que el usuario alimentó al programa.

Estimado Acumulado. La última columna es la del Acumulado de los estimados, y constituye una ayuda para el balanceo, ya que indica el tiempo en donde se supone debe terminar su tarea cada operario, por lo que buscando este dato en la columna del Acumulado del Tiempo Requerido para cada elemento,

podemos asignar como última operación a cada operario aquella que se encuentre más cerca de este valor.

2. Procedimiento para realizar el balanceo.

Como se mencionó anteriormente, lo primero que tenemos que hacer es determinar la cantidad de operarios involucrados en la línea de ensamble.

Realizar el cálculo de la columna de los Estimados y de los Acumulados de éstos. Este paso puede realizarse automáticamente.

Luego se buscaría asignar el último elemento a cada operario de tal manera que coincidiera con el acumulado de los estimados que el programa calcula. Debe considerarse la Variación porcentual con respecto al estimado.

Posteriormente se realizaría la impresión del rango de operaciones que le corresponde a cada operario. Esta impresión se realiza asignando nombres de Rangos (lo cual puede realizarse con la instrucción /RNC de Lotus 123) y utilizando macroinstrucciones para la impresión. Este trabajo se repetiría en un programa para cada uno de los modelos a fabricar.

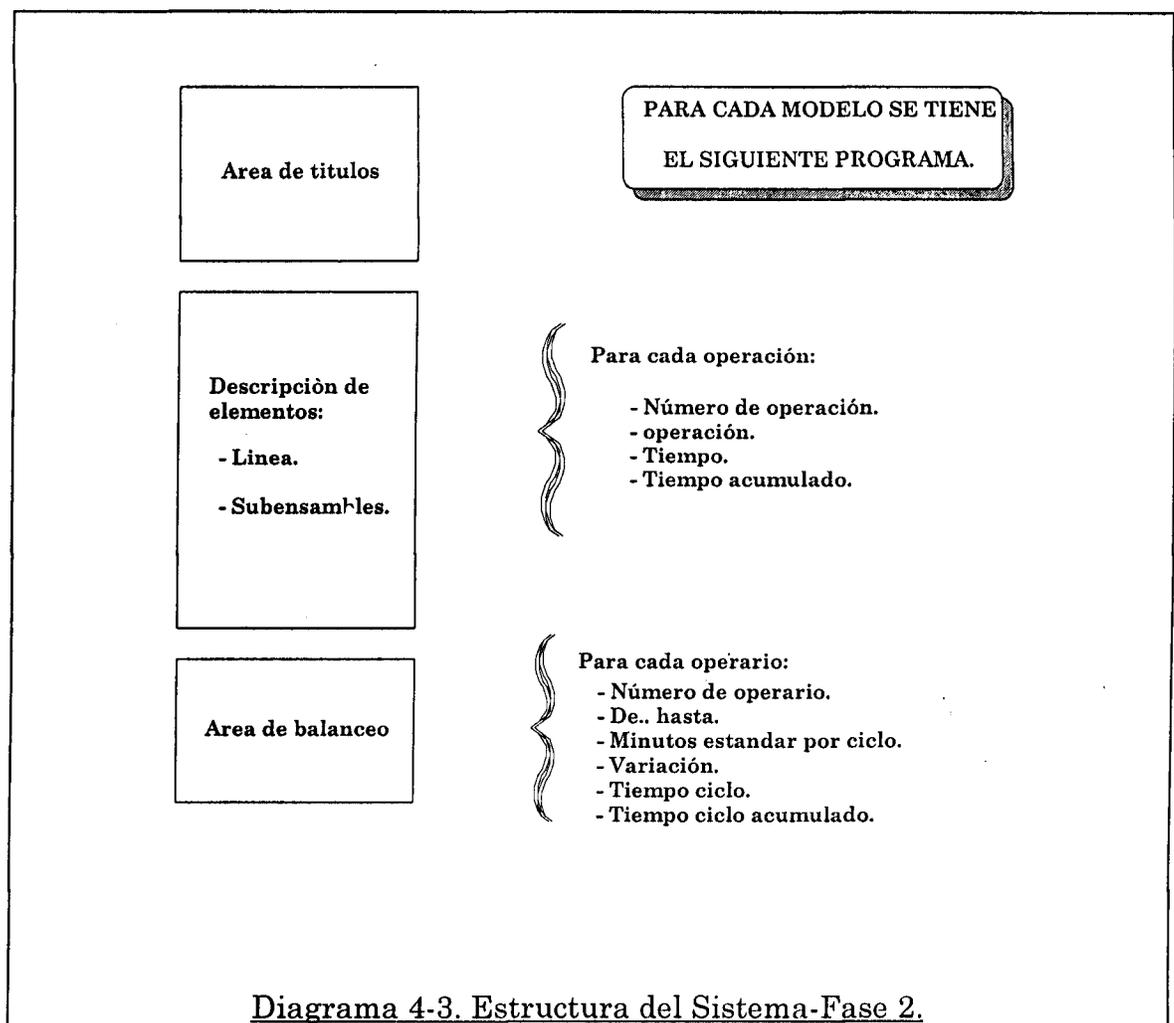
Este sistema se desarrolló y se implementó, habiendo necesidad de capturar en un archivo para cada modelo, toda la información de la descripción general de trabajo. Algunas mejoras se encontraron en cuanto al tiempo de balanceo, e igualmente se encontraron dificultades.

Una de las principales dificultades era que, como cada uno de los modelos debe ser balanceado independientemente, algunos de nuestros criterios serían muy difíciles de conseguir. Por ejemplo, si se cuenta con una diferencia considerable en el tiempo total entre los diversos modelos, tenemos que los tiempos asignados a cada operario variarían de un modelo a otro. Adicionalmente, si queremos que elementos similares sean asignados a una misma persona, tenemos que buscar en el material ya impreso la manera en que el trabajo se repartió para pretender hacer lo mismo en el modelo que se esté balanceando actualmente.

Por lo tanto algunas mejoras pueden hacerse para corregir este proceso según se muestra en la siguiente sección.

4.4.2. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 2.

Para la realización de un mejor balanceo de trabajo se buscó que cada persona en la línea tuviera el mismo tiempo ciclo, de acuerdo a uno de los criterios mencionados anteriormente, por lo que esto sería lo primero en calcular. Adicionalmente, se tiene que calcular la cantidad de personas que intervendrán en el ensamble. La estructura y el procedimiento para el Sistema-Fase 2 se muestra en los Diagrama s 4-3 y 4-4.



1. Calcular personal de acuerdo a cédula
2. Calcular "Tiempo Ciclo" y "Tiempo Ciclo Acumulado".
3. Para cada uno de los modelos :
 - 3.1. Asignación de trabajo para cada operario, considerando "Variación".
 - 3.2. Impresión de información para cada operario.

Diagrama 4-4. Procedimiento en Sistema-Fase 2.

1. Estructura del sistema.

En cada uno de los modelos debemos llevar a cabo los siguientes cambios en la estructura, la cual se muestra en el Diagrama 4-3:

Primero, cada *Estimado* lo cambiamos por el *Tiempo Ciclo* requerido, e igual sustituimos la columna de su *Acumulado*.

En *Descripción de Trabajo* cambiamos la secuencia de los elementos, de tal manera que los sub-ensambles queden al final, cambiando toda la numeración de los elementos de trabajo para que ésta quede en orden ascendente.

Ahora podremos empezar a repartir el trabajo, el procedimiento es el siguiente.

2. Procedimiento para realizar el balanceo.

El trabajo puede ser balanceado si lo hacemos, como ya se mencionó anteriormente, buscando en el Acumulado del Tiempo Ciclo requerido para cada elemento, el acumulado del estimado, que en este caso es el acumulado del tiempo ciclo de la línea. Así, las diferencias de tiempo entre modelos será amortiguada por personal que realiza sub-ensambles, que es lo último en la descripción, pero como se

trata de trabajo que puede ser realizado aún sin la presencia física de la unidad, no importa si se tienen diferentes tiempos entre los diversos modelos.

El balanceo se realizaría de manera independiente para cada modelo de la línea utilizando el programa y podría imprimirse de manera automática utilizando macros, volviendo más rápida la tarea de sacar los reportes para cada operario.

Esta idea es un gran paso en comparación con lo anterior, ya que se ahorra mucho tiempo en su realización sin embargo todavía falta lograr cumplir con todos los criterios para el desarrollo de los balanceos.

Una de las principales deficiencias que se encontraron a este método durante las pruebas realizadas, es que el volumen de información que se le proporciona a cada operario es tanto que difícilmente lo leen todo. Por lo tanto, se pensó en la posibilidad de crear reportes que efectivamente sirvieran, es decir que se leyeran con facilidad para que los operarios estuvieran consientes del trabajo que les corresponde realizar.

4.4.3. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 3.

El siguiente paso es la modificación de los archivos en la hoja electrónica de cálculo para tenerlos agrupados ya no por elementos, sino juntar todos ellos en operaciones y éstas en ensamble, es decir, en lugar de mencionar cada uno de los elementos que se utilizaron en la descripción inicial, se están agrupando éstos de acuerdo al ensamble para que pueda ser más fácil de leer.

Por ejemplo, anteriormente se tenía todo un desglose de elementos de trabajo para toda la línea, ahora, si en lugar de tener renglones para cada elemento se tienen pequeños párrafos para cada operación es más sencillo de leer. Adicionalmente, si estas operaciones se agrupan en lo que es un ensamble, con un título que nos refiera a lo que es cada operación, resulta que puede tenerse un entendimiento más claro de la descripción de trabajo.

Adicionalmente, se trabajaría en el balanceo de trabajo con menos números, ya que no se mencionarían los tiempos de cada elemento, sino los de cada ensamble, para poder asignar a una misma persona un determinado ensamble, no como ocurría anteriormente, que podían existir problemas de calidad al dejar el ensamble en manos de diferentes personas, en lugar de una sola.

Una pequeña muestra de lo que sería este archivo se muestra en el Anexo 2.

Ya se tiene una mejora sustancial en lo que es el proceso de balanceo, sin embargo es difícil todavía lograr que el reparto de trabajo para toda la línea en todos los modelos contenga los mismos lineamientos en cuanto a cuáles ensambles fueron asignados a qué persona.

Es decir, si para un modelo asignamos un ensamble a cierto operario y queremos hacer lo mismo en el resto de los modelos de la misma familia, tenemos que volver a ver el archivo del modelo ya balanceado. Esto deja la posibilidad de tener que modificar el balanceo de un modelo en el que el trabajo ya había sido repartido.

Este sistema da la idea para el siguiente paso en la búsqueda de un sistema de balanceo completo.

4.4.4. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 4.

Dado que ya podemos contar con una lista de ensamble y su tiempo para cada uno de los modelos de la misma familia y los ensambles son muy similares, podemos crear otro archivo en hoja electrónica de cálculo que cuente con las características que a continuación se mencionan y cuya estructura se muestra en el Diagrama 4-5. Adicionalmente un ejemplo de un programa para este sistema se detalla en el Anexo 3.

En este archivo se tendrían por bloques, para cada modelo, la lista de ensambles con su tiempo, así como su correspondiente rango de fórmulas para el balanceo de dicho modelo. De esta manera, en un solo archivo podría tenerse la información para desarrollar los balanceos para toda la familia de productos.

Así, para cada modelo de la familia de productos se le daría a cada operario la lista de ensambles que le corresponde realizar, junto con el tiempo para llevarlo a cabo. Adicionalmente, se le entregaría al supervisor de la línea una descripción general del trabajo completa para cada uno de los modelos de la familia, de esta manera, si un operario tiene duda sobre lo que implica determinado ensamble, puede acudir a revisar la descripción.

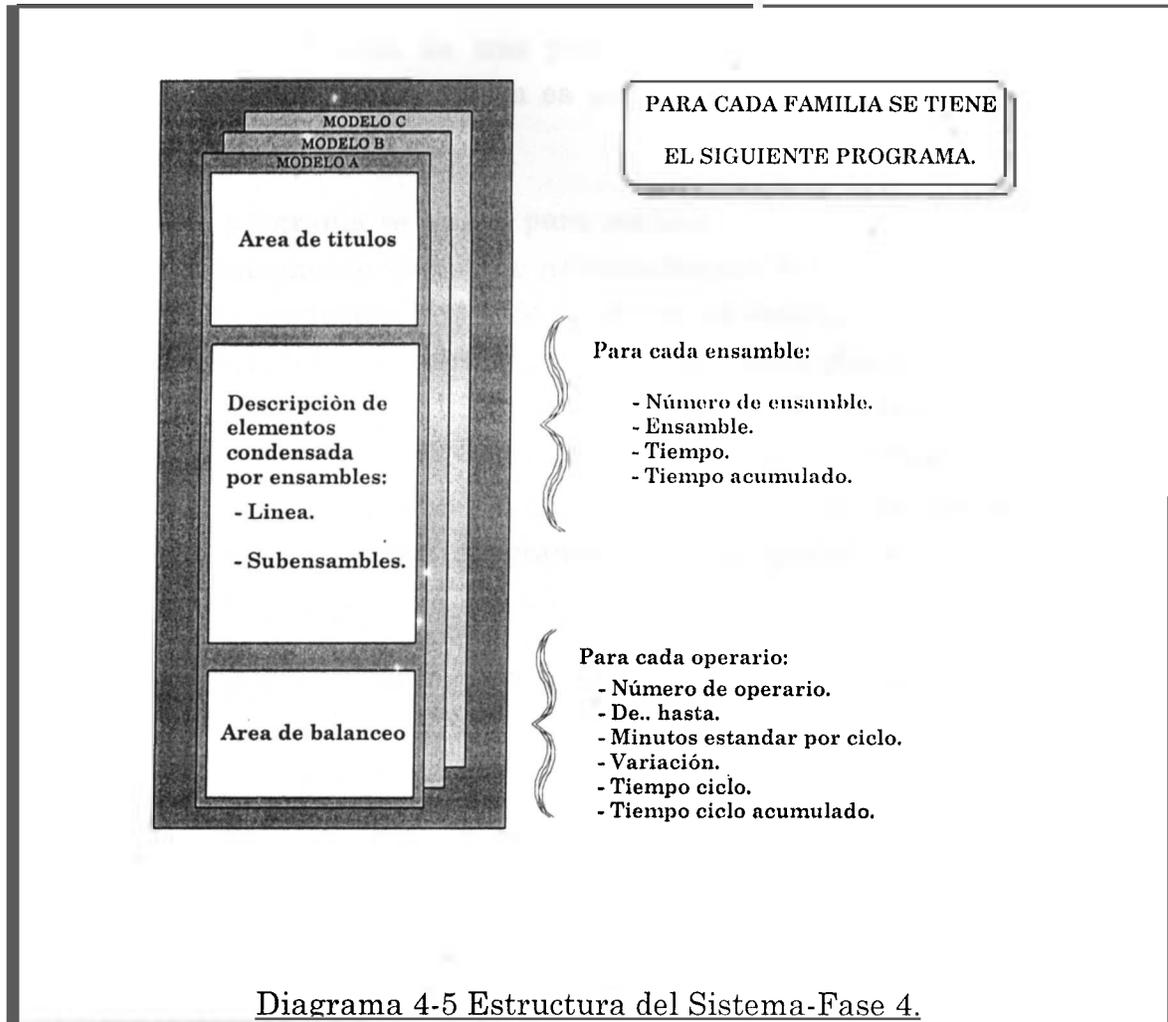
Esto nos permite una más rápida realización de los repartos de trabajo al personal de la línea de ensamble y es posible entregar la información con más tiempo, antes de ponerse en marcha el nuevo balanceo en la línea. Así el supervisor puede ponerse de acuerdo con su personal para identificar los posible faltantes de herramienta que cada quien necesita.

Asimismo, es más seguro que el operario lea toda la información que se le proporciona por lo que los problemas por el cambio se ven reducidos a unos cuantos.

Como adición se incorporó una fórmula en los tiempos de cada ensamble para que pudiera calcularse rápidamente el tiempo real del mismo, o modificarlo a la cobertura y la eficiencia esperada que se desee.

Aparentemente se ha logrado que los balanceos se puedan realizar de una manera más eficiente, sin embargo todavía quedan algunos inconvenientes por resolver. Uno de ellos es que se tiene que estar recorriendo toda la hoja de cálculo

para comparar que las operaciones similares hayan sido asignadas a la misma persona. De ahí que surgió el plan para desarrollar la siguiente opción.



4.4.5. Sistema de Balanceo de Líneas : Fase 5.

Una vez llevadas a cabo las alternativas anteriores pudo ser desarrollada una metodología que cumpliera con los requerimientos establecidos. Tal metodología es explicada a continuación.

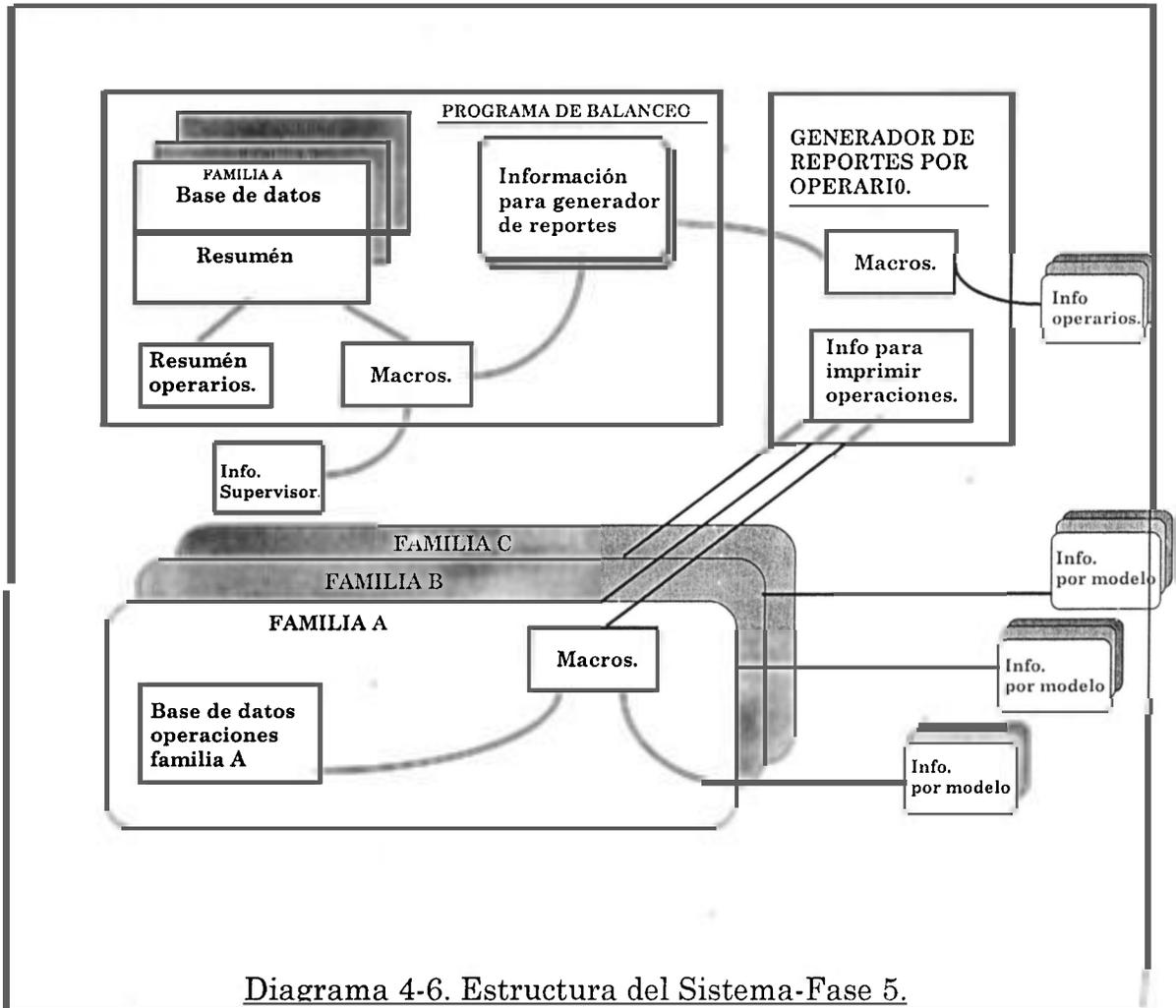
Esta metodología consta de tres programas, cada uno con una finalidad diferente, de tal manera que se integra es un solo sistema, que se muestra en el Diagrama 4-6.

En el primer programa se utiliza para realizar el reparto de trabajo de todos los modelos simultáneamente, pudiendo adicionalmente realizarse el reparto para todas las familias de productos. De este programa se obtiene la información para entregar al supervisor del área para que tenga una visión global en relación a la manera en que el trabajo ha sido repartido al personal. De igual modo, se obtiene información para poder realizar las simulaciones y evaluar el posible desempeño de la línea de ensamble. Adicionalmente con este programa se obtiene información para alimentar a los otros dos programas cuyo propósito a continuación se menciona.

En segundo programa sirve para presentar a cada operario la información condensada que se entregará a cada operario, conteniendo el trabajo que le corresponderá ejecutar. De esta forma, a cada operario se le entrega un reporte sencillo y fácil de leer y entender, asegurándonos que quede bien comprendido qué es lo que tiene que hacer.

El tercer programa - o los terceros - contienen información detallada de cada una de las operaciones diferentes que deben ser realizadas en cada familia de productos. Así, si a un modelo de la familia se le ensamble cierta pieza que varía en relación a otro modelo, pero es similar, se detallan dos operaciones. Por ejemplo, si la operación en la familia de productos es colocar una salpicadera y a un modelo se le ensambla una salpicadera tipo A, y al resto de los modelos una salpicadera tipo B, se cuenta con la descripción a detalle de cada operación. De esta manera, con este programa se pueden imprimir descripciones detalladas para todos los modelos de la línea, para solo algunos, o para algunas operaciones de un modelo en particular - como cuando queremos una descripción a detalle de las operaciones que le corresponde realizar a un operario -.

Se mencionó "o los terceros" en el párrafo anterior debido a que se tendrá este tipo de programa para cada una de las familias que se ensamblan en la línea.



De esta manera tenemos que es posible realizar el balanceo de una manera muy sencilla o acorde a los criterios señalados con anterioridad.

1. Estructura del Sistema.

Se cuenta con tres programas implementados en Lotus 1-2-3. El primero tiene información para cada familia de productos en un bloque para cada familia, conteniendo cada uno de estos la siguiente información.

- + Base de datos que incluye:
- Número del ensamble (i)
- Descripción del ensamble en menos de cincuenta letras (E_i):
- Para cada modelo (j):
- Operario al que se le asignará el ensamble (k_{ij} donde $1 \leq k \leq K$ y K es la cantidad total de operarios en la línea de ensamble). Si para algún ensamble se requiere que el operario sea el mismo para todos o para varios de los modelos, aquellos en que sea igual se incluirá una fórmula para que al modificar primer k_{ij} los siguientes se modificarán de acuerdo a este. Adicionalmente se protegen (Instrucción /WGPE de Lotus) para que no pueda ser alterada la fórmula.
- Tiempo requerido para llevar a cabo el ensamble (T_{ij}) (Con una fórmula para ser modificado por la eficiencia y la cobertura). De igual manera que en el párrafo anterior, si los tiempos son completamente iguales entre modelos, se modificarán las fórmulas y se protegerán.
- Referencia del número del ensamble en la Descripción General de Trabajo en un archivo que sirve para todos los modelos de la familia (R_{ij}). Esta información nos servirá para imprimir la descripción a detalle de cada ensamble.

Si un ensamble determinado no se realiza para cierto modelo, los tres campos anteriores quedan en blanco.

- + Para cada familia de productos se tiene el resumen siguiente:
- Título para cada modelo .
- Cantidad de días hábiles en el período.

- Cédula del período para cada modelo.
- Cédula diaria para cada modelo.
- Tiempo ciclo para cada operario en cada modelo (TC_{kj}).
- Para cada operario el tiempo total asignado en cada uno de los modelos y la variación porcentual respecto al tiempo ciclo calculado (S_{kj})
- Para cada operario el tiempo ciclo promedio ponderado.

Para facilitar el balanceo, los ensambles deben acomodarse en el archivo de tal manera que queden agrupados. Podemos colocar primero, por grupos, los ensambles que están dentro de una rigurosa secuencia (precedencia o antecendencia), luego los ensambles que pueden ser realizados fuera de la línea (sub-ensambles) y por último, aquellos que se pueden hacer en cualquier parte de la línea porque no están secuenciados. Inclusive, podemos meter o sacar de la línea operaciones para minimizar la diferencia en tiempo entre los diferentes modelos.

Adicionalmente se cuenta con un resumen de la información que incluye el tiempo total asignado a cada operario, que sirve para calcular la carga de trabajo total que le corresponde a cada persona en la línea de ensamble. Un listado del programa se muestra en el Anexo 4.

El segundo programa en Lotus es una serie de instrucciones -Macros- que nos sirve para capturar la información del primer programa e imprimir los reportes para cada operario.

El tercer programa contiene toda la información requerida para imprimir las descripciones detalladas de todos los ensamble de una familia de productos.. Además, se cuenta con Macros para llevar a cabo la impresión.

2. Procedimiento para realizar el balanceo.

El procedimiento para llevar a cabo el balanceo se menciona a continuación, un resumen de estos pasos se presenta en el Diagrama 4-7.

1. Determinar cédula de producción.
En Programa 1:
2. Calcular dotación personal de acuerdo a cédula (K).
3. Calcular Tiempo Ciclo (TC).
4. Definir Personal en Línea (PL) y Personal en Sub-ensambles (PS).
5. Definir trabajo en Línea y trabajo en Sub-ensambles
- 5.1. Calcular Tiempo en Línea y Tiempo en Sub-ensambles.
- 5.2. Definir operaciones en Línea y en Sub-ensambles.
6. Repartir el trabajo a los operarios.
- 6.1 Modificando la variable Operario (k_{ij}) .
- 6.2 Verificando Variación (S_{kj}) .
7. Imprimir información para el supervisor.
En Programa 2.
8. Preparar información para operarios e imprimir.
9. Preparar macroinstrucciones para siguiente programa.
En Programa 3.
10. Preparar información a detalle requerida e imprimir.

Diagrama 4-4. Procedimiento en Sistema-Fase 5.

1. Lo primero es obtener la cédula de producción para cada modelo durante el período así como la cantidad de días hábiles durante el mismo.
2. Estos datos deben alimentarse al programa para poder calcular la dotación de personal de acuerdo a la cédula (K) para toda el área operativa y obtener la cédula diaria a partir de la mensual.
3. Se continúa con el cálculo del tiempo ciclo (TC) para las personas en la línea de ensamble. Se divide el tiempo total del turno entre la cantidad total de unidades a producir en el mismo tiempo. Por ejemplo, si deseamos fabricar 19 unidades en un turno de 9 horas (540 minutos) tenemos que

$$TC = 540/19 = 28.4 \text{ minutos/unidad}$$

4. Se define la cantidad de personal que se tendrá trabajando en la línea (PL) propiamente y los que trabajarán en los Sub-ensambles (PS) apoyando a ésta. Para definirlo, se toma el menor tiempo total de los modelos a fabricar y se divide entre el tiempo ciclo, redondeando al entero más cercano.

$$PL = \text{ROUND} (\text{MIN} (\Sigma T_{i1}, \Sigma T_{i2}, \dots, \Sigma T_{iJ}) / TC)$$

$$\text{y } PS = K - PL$$

5. Definir para cada modelo el trabajo a repartir en la línea y en sub-ensambles. Para realizarlo debemos conocer, para cada modelo, el tiempo en la línea y el tiempo en sub-ensambles, con las fórmulas siguientes:

$$\text{Tiempo en línea} = PL \times TC$$

$$\text{Tiempo en sub-ensambles} = \Sigma T_{iJ} - \text{Tiempo en línea}$$

$$= PS \times TC$$

Cabe aclarar que el tiempo en línea será el mismo para todos los modelos, mientras que el tiempo en sub-ensambles variará entre los

diferentes modelos, lo cual nos da la ventaja de tener la línea balanceada para poder ensamblar cualquier combinación de unidades (independientemente del tiempo total de cada una), mientras que la cédula total diaria se mantenga sin cambios. El punto de control será en las personas que se encuentran fuera de la línea. De esta manera, el supervisor al darse cuenta de un problema de calidad, puede atenderlo inmediatamente desde el origen.

Luego debemos definir cuáles son las operaciones que debemos realizar en la línea y cuáles en sub-ensambles. Este trabajo se simplifica teniendo los ensambles acomodados, como se mencionó en párrafos anteriores, de acuerdo a la secuencia de ensamble.

6. A continuación debe repartirse el trabajo a cada uno de los operarios dentro de la línea. Para llevar a cabo lo anterior, se modifica el Operario (k_{ij}) para cada uno de los ensambles. Parece un trabajo complicado, pero en realidad se está simplificando en mucho el trabajo, ya que es posible tener al mismo tiempo una perspectiva de todos los modelos involucrados en la línea de ensamble, y resulta que el reparto de trabajo lo podemos realizar de una manera más eficiente.

Este trabajo se realiza para cada operario en particular, por ejemplo, si queremos repartir el trabajo al primer operario de la línea de ensamble, debemos buscar todos los elementos que se le pueden asignar, que son los primeros en la base de datos. En la celda correspondiente a operario (k_{ij}) se tecléa "1", el programa calculará el tiempo total que se le asignó en cada modelo de esa familia. Una vez que las variaciones (S_{kj}) de cada operario no son mayores a un 5%, y la variación porcentual del tiempo promedio ponderado no es mayor al 1%, se puede considerar que el operario tiene su carga de trabajo adecuada. Se procede entonces a repartir el trabajo al siguiente operario, y así sucesivamente hasta terminar con el balanceo.

7. Este programa puede imprimirse para entregar la información al supervisor de la línea para que tenga la información respecto a cómo se repartió el trabajo. Se prepara también la información para pasar al siguiente programa.

8. Se continúa entonces con el programa 2 que sirve para preparar la información a entregar a los operarios, en la que es posible ordenar la información obtenida en el programa anterior, de tal manera que se obtenga un listado con la lista de operaciones que le corresponde realizar a cada operario en cada uno de los diferentes modelos.
9. En este mismo programa se prepara la información para poder preparar una serie de instrucciones tipo Macro para ser utilizadas en el programa 3, e imprimir la operación a detalle si es necesario.

Un listado de este programa, así como la lista de macroinstrucciones y un ejemplo de impresión se presenta en el Anexo 5.

10. Si es necesario, como ya se mencionó, se prepara en el Programa 3 la información a detalle para tenerla a la mano en caso de dudas sobre la manera en que los ensambles deben ser realizados.

En este mismo programa es posible generar una lista de materiales necesarios para cada ensamble de la línea.

Para fines de clarificar mejor lo que es este programa, se incluye un listado parcial de un ejemplo del mismo, así como las macroinstrucciones en el Anexo 6.

CAPITULO 5.

ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA.

5.1. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA.

La Fase 5 del Sistema de Balanceo de Líneas fue considerada adecuada en base al análisis realizado, el cual consistió en su estudio contra los objetivos de la tesis para poder definir si era la adecuada. Para poder realizar tal estudio, tuvieron que llevarse a cabo los siguientes pasos, que fueron los mismos que para cada uno de los sistemas en las fases anteriores:

- 1.- Diseño del sistema a nivel conceptual.
- 2.- Implementación del sistema en computadora (paquete Lotus 1-2-3).
- 3.- Utilización del sistema para el balanceo real (no en paralelo) de la Línea de Acabado de la planta.
- 4.- Retroalimentación de los usuarios (ingeniero de producción del área, supervisor del área, auditor, operarios.)
- 5.- Evaluación de los objetivos de la Tesis.
- 6.- Retroalimentación y mejora del sistema.

En seguida se presenta la evaluación que se realizó al Sistema de Balanceo de Líneas - Fase 5.

Primeramente se consideró el objetivo principal:

"Desarrollar e implementar un Sistema de Información Integrado en Computadora para apoyar a la Ingeniería de la Manufactura en una empresa que tenga una familia de productos en una línea de ensamble única, para la realización eficiente de balanceos de trabajo".

El sistema generado como Fase 5, es un sistema de información que se integró en computadora para apoyar a la ingeniería de la manufactura en una

empresa que tiene varias familias de productos en una sola línea de ensamble, para la realización eficiente de balanceos de trabajo. Por lo tanto, este objetivo general se considera satisfecho.

Ahora consideremos las prioridades de los objetivos.

- La realización de Balanceos de Líneas de Ensamble en donde se fabriquen varios productos de una misma familia, con la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad.

Lo anterior se cumple, ya que el sistema se creó para una línea de ensamble en la que se fabrican varios productos, y existe la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad al modificar la cédula de producción en el programa y analizar lo que puede suceder.

- La realización del Cálculo de la Dotación de Personal de acuerdo a la Cédula de Producción.

El cálculo de la dotación de personal puede realizarse directamente en el mismo programa 1 del Sistema-Fase 5, o bien, es posible tomar los datos de horas totales y hacer el cálculo manualmente o con otro programa.

- Obtención del Costo de Mano de Obra de los productos elaborados en la línea de ensamble.

A partir de las horas totales para cada modelo es posible obtener el costo de mano de obra. Se requiere en adición conocer el costo por hora-hombre para poder efectuar el cálculo.

- Proporcionar información para la realización de simulaciones de la línea de ensamble.

El programa proporciona un pequeño resumen de los tiempos reales para cada operario, por lo que con esta información, es posible realizar simulaciones de la línea de ensamble.

Manteniendo información de lo siguiente:

- Tiempos estándar: tiempos por sub-ensambles y ensambles; para apoyar tanto a balanceos como a costos. OK
- Operaciones de Ensamble: Descripción de la operación, precedencias, precedencias, materiales, tiempos estándar, herramental, etc. OK

Limitaciones y restricciones del proyecto.

El sistema de información que resultó es amigable con el usuario, para dar mayor flexibilidad al personal de ingeniería.

El sistema desarrollado contiene algunas características principales que son las que a continuación se mencionan.

- Brinda la posibilidad de realizar balanceos de acuerdo a criterios - tanto los criterios anteriores como los nuevos -.
- Capacidad para implementarse en una computadora que puede ser adquirida por una empresa mediana.
- Está desarrollado en un programa computacional fácil de adquirir y manejable por cualquier persona con conocimientos básicos de computación.
- Permite que el balanceo de trabajo pueda desarrollarse por cualquier persona aunque no conozca a fondo la línea de ensamble.

CONCLUSIONES.

La investigación realizada ha sido una experiencia bastante enriquecedora, al poner en práctica algunos de los conocimientos que fueron adquiridos a lo largo de estos últimos semestres.

El caso analizado es algo real, ya que la problemática existía y algo se tenía que hacer para solucionarla. Considero que con el sistema desarrollado, la situación problemática tenderá a eliminarse.

Haciendo una comparación contra el sistema utilizado anteriormente en la planta, el cual se menciona a detalle en la sección 3.3.3., obtenemos las siguientes conclusiones.

Se lograron muchos beneficios, ya que con la metodología anterior, se estaba desperdiciando mucho de todo: tiempo del ingeniero de la línea, papel de copiadora, tiempo de secretaria sacando copias de las descripciones de trabajo, y más, pero todo sin un resultado que se apreciara en beneficios para la línea de ensamble.

Como se mencionó anteriormente, las copias eran poco claras por lo que los operarios prácticamente no las leían, llegando en algunos casos a hacer ellos mismos el trabajo de ensamble que consideraban correcto.

El sistema utilizado anteriormente, se estaba utilizando como si por la línea se ensamblaran varios productos independientemente, ya que la metodología es para utilizarse en líneas donde sólo se fabrica un producto. Es decir, no se consideraba el conjunto, el "todo", sino sólo las "partes". Con el sistema desarrollado se tiene una visión completa de todos los modelos y familias que se producirán.

La metodología anterior pudo simplemente haber sido computarizada al utilizar cualquiera de las metodologías que existen para balanceo de líneas de ensamble, con lo que se hubiera podido simplificar o reducir el tiempo de trabajo, pero difícilmente se podrían lograr los objetivos para un balanceo de líneas de ensamble, ya que estas metodologías consideran un solo producto en la línea, no una familia.

Al implementar el nuevo sistema, los tiempos de respuesta ante un cambio de cédula se disminuyeron considerablemente, ya que en pocas horas se puede ahora contar con la documentación para realizar el cambio. En cuanto a la puesta en marcha de cada cambio, lo que más agradecen los operarios y el supervisor, es la eliminación de papeles al haber simplificado la información.

Igualmente se han visto mejoras en el flujo de unidades a lo largo de la línea, ya que las demoras entre estaciones se han disminuido, manteniéndose un paso constante durante todo el turno de labores.

Otro punto enriquecedor que surge como resultado de esta investigación es el haber encontrado los criterios deseables para la realización de un balanceo, tanto los que se llevaban anteriormente, como los que se consideraban adecuados para el balanceo de una línea de ensamble altamente flexible.

En la planta, cada ingeniero seguía sus propios criterios para la realización de balanceos. En otras plantas el único criterio era : que salga la producción. Después de este trabajo de investigación al menos en la planta se han unificado los criterios y han permanecido utilizados cada vez que cambia la cédula.

Este proyecto de tesis lo quise realizar para plantear soluciones a un caso real, más que investigar la manera en que en otros lugares solucionan sus propios problemas. Es válido conocer los puntos de vista de los demás, e investigar sobre sus metodologías. Sin embargo, si tenía que hacer un proyecto, preferí solucionar un problema con el que periódicamente he tenido que enfrentarme en mi trabajo.

Asimismo, de los problemas existentes, éste se seleccionó debido a la aplicabilidad en otras empresas que presenten la misma situación.

En la planta donde se realizó el proyecto, se ha buscado la flexibilidad de las líneas de ensamble, al permitir que por ellas pasen familias de productos diferentes: tractores grandes, chicos y medianos, al tiempo que se logra una respuesta muy positiva del personal que en ellas trabajan, pues se adquiere habilidad en muy diversos trabajos. Con esto se obtiene una empresa que responde rápido a cambios del medio ambiente.

Ésta está siendo la tendencia de las plantas, por lo que este trabajo de Tesis, pone su aportación para que en nuestras plantas manufactureras se pueda sacar la máxima flexibilidad de las líneas de ensamble.

Respondiendo a la pregunta de investigación:

¿Es posible que en una empresa un sistema de información integrado en computadora apoye a la Ingeniería de la Manufactura a la realización de balanceos de trabajo de líneas de ensamble que tengan una familia de productos y se disminuya el tiempo requerido para esa actividad?

La respuesta es: Sí, sí es posible. En este reporte se menciona cómo.

ANEXO 1.

SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS - FASE 1.

DESCRIPCION STANDARD DEL TRABAJO

OPERACION: LINEA DE ACABADO DE TRACTOR 2755-TURBO T.F.I.

| PIEZA No. AP81028 | OPER. No. 10 | DEPTO. 145 | FECHA: 30-OCT-1994 |

DESCRIPCION ELEMENTAL	MIN.STD.	
	/CICLO	ACUM.
		0.000
1 Tomar grua, descolgar de kit un gancho que contiene (1) R51679 Soporte de Contrapesos, colocar en el piso; quitar gancho de soporte de contrapesos; colocar gancho en kit; tomar hta. especial (F72-12-11003) colocar en grua, ganchar y levantar soporte de contrapesos; tomar de Bco 66 (2) 19H3405 Tornillos y de y de Bco 65 (2) 24H1393 Arandelas de presion, ensamblar cada tornillo con cada arandela; ensamblar soporte de contrapesos a tractor sujetando con los dos tornillos apretando manualmente.	2.019	2.019 2.019 2.019 2.019 2.019 2.019 2.019 2.019
2 Tomar pistola neumatica desde el banco de trabajo, apretar (2) 19H3405 Tornillo, usando (1) dado (1 1/8), dejar pistola en banco de trabajo al terminar, desenganchar y retirar grua.	0.858	2.877 2.877 2.877
3 Tomar (1) torque (0-600 LBS-PIE) de banco de trabajo, calibrar a 300 LBS-PIE dar torque a tornillos del soporte de contrapesos delanteros a soporte delantero del tractor, dejar torque en banco de trabajo.	0.423	3.300 3.300 3.300
4 Tomar (1) R51680 Contrapeso Delantero, con grua desde kit hacia soporte delantero del tractor.	3.834	7.134 7.134
5 Tomar de Bco 64 (1) R51681 Tornillo, (1) 24H1367 Arandela, (1) 12H294 Arandela de presion y (1) 14H760 Tuerca; atornillar contrapesos apretando con pistola de impacto, dado (15/16) y dar torque de 125 LBS-PIE.	1.668	8.802 8.802 8.802
6 Despapelar tractor por completo: Radiador, enfriador, tablero, bomba de inyeccion, varillas de cambios, valvula de control selectivo, terminales electricas, placa numero de serie de la bomba hidraulica, alternador, varilla medidora de aceite de transmision, (2) conectores localizados en parte trasera de tractor, placa numero de serie de motor flecha de TDF, (2) cilindros de la bomba de frenos.	4.685	13.487 13.487 13.487 13.487 13.487 13.487 13.487
7 Tomar de Box-Pallet (1) P56939 y (1) P56940 carton corrugado (L.D Y L.I. respect.); y de Bco 65 tomar (1) P54608 Carton corrugado para estribo adicional; tomar cinta masking y pegar los cartones a los estribos.	1.806	15.293 15.293 15.293
8 Tomar de Bco 66 (2) L35009 Deflectores y (1) T22379 Amortiguador y de Bco 64 (2) T22383 Aislador; aplicarles pegamento UN7162 con varilla; pegar (1) deflector a cada lado (der. e izq.) de escudo y (1) aislador a cada lado (der. e izq.) del radiador; pegar (1) Amortiguador en cuello del radiador.	2.890	18.183 18.183 18.183 18.183
9 Ir hacia kit de pieza AP29063 Soportes del Asiento.	0.061	18.244 18.244
10 Tomar (3) AP29063 Soportes desde kit.	0.075	18.319

Anexo 1.

11	Regresar a estacion No. 1 con (3) AP29063 Soportes desde kit y dejar en rack.	0.078	18.319 18.397 18.397
12	Tomar de rack (1) AP29063 Soporte del Asiento y dejar sobre tractor; tomar (2) 19H1815 Tornillo y (2) 24H1211 Arandelas Planas; ensamblar encaminando rosca con dedos y apretar con pistola neumatica y dado de 3/4".	1.409	19.806 19.806 19.806 19.806
13	Tomar torque de (20-200 LBS-PIE), calibrar a 85 LBS-PIE y dar un par de apriete a (2) 19H1815 Tornillos .	0.523	20.329 20.329 20.329
14	Tomar de rack (1) Asiento del Operador, quitarle madera y cinta masking;	1.015	21.344 21.344
15	Colocar (1) AP29062 Asiento del Operador en tractor y ensamblar	0.615	21.959 21.959
16	Tomar desde Bco 65 (4) E50101 Tuerca; encaminar en tornillos del asiento del operador manualmente; apretar con maneral y dado de 1/2"	2.917	24.876 24.876 24.876
17	Tomar torque (20-200 LBS-PIE) calibrar a 120 LBS-PIE y dar par de apriete a (4) E50101 Tuercas	0.493	25.369 25.369 25.369
18	Tomar de rack: (1) R56903 Etiqueta filtro aire seco, (1) P56929 Etiqueta Drenado de Filtro de Combustible, (1) P56931 Etiqueta Advertencia Motor de Arranque, (1) P56933 Etiqueta Precaucion, y de Bco 65 tomar (1) R45096 Valvula de Descarga; colocar: R56903 Etiqueta en Soporte de filtro de aire, P56929 Etiqueta en filtro de combustible, P56931 Etiqueta en motor de arranque, P56933 Etiqueta en cubierta de TDF y valvula de descarga en filtro de aire.	2.525	27.894 27.894 27.894 27.894 27.894 27.894 27.894
19	Tomar de Bco.38: (1) R56903 Etiqueta filtro aire seco, (1) P56929 Etiqueta Drenado de Filtro de Combustible, (1) P56931 Etiqueta Advertencia Motor de Arranque, (1) P56933 Etiqueta Precaucion, y llevar a rack de asientos.	0.571	28.465 28.465 28.465
20	Quitar (2) cadenas que sujetan al tractor.	0.527	28.992 28.992
21	Acercar cables de energia, conectar, subirse, poner en posicion neutral las palancas de velocidad, encender tractor, bajarse, desconectar cables, subirse, llevar tractor a siguiente estacion, apagar tractor, bajarse, regresar a estacion.	1.597	30.589 30.589 30.589 30.589
...
182	Ir hacia lampara L.D. y alinearla, dejar hta. en caja de htas. al terminar.	0.734	185.802 185.802 185.802
183	Ajustar tapa trasera de lampara L.I. usando maneral, extension, dado (3/8).	0.865	186.667 186.667
184	Ajustar tapa trasera de lampara L.D. usando maneral, extension, dado (3/8) al terminar dejar hta. en caja de htas.	0.929	187.596 187.596 187.596
185	Accionar boton para subir pantalla, desconectar cables de energia, accionar interruptor de luces (apagar) quitar llaves.	0.291	187.887 187.887 187.887
186	Anotar en reporte estado de luces y # de operario, guardar en caja de htas.	0.525	188.412 188.412
187	Ayudar en colocacion de salpicaderas traseras en los elementos que deban hacerse entre (2) personas.	3.394	191.806 191.806 191.806
188	Retocar de pintura verde el tractor.	27.588	219.394 219.394 219.394

LINEA DE ACABADO DE TRACTOR 2755-TURBO T.F.I.

CANTIDAD DE ESTACIONES : 7

OPERAR No.	ELEMENTO		MIN. STD. /CICLO	VAR	ESTIM	
	DE	A			ESTIMA	ACUM
1	1	22	31.392	0.16%	31.342	31.342
2	23	39	31.629	0.92%	31.342	62.684
3	40	76	30.905	-1.39%	31.342	94.026
4	77	116	31.247	-0.30%	31.342	125.368
5	117	163	32.610	4.05%	31.342	156.710
6	164	186	30.629	-2.27%	31.342	188.052
7	187	188	30.982	-1.15%	31.342	219.394
			219.394		219.394	

ANEXO 2.

SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS - FASE 3.

DESCRIPCION STANDARD DEL TRABAJO

OPERACION: LINEA DE ACABADO DE TRACTOR 2755-TURBO T.F.I. EFICIENCIA: 130%

COBERTURA: 95%

PIEZA No.AP81028 | OPER No.10 | DEPTO 145 | FECHA: 30-OCT-1994 |

DESCRIPCION ELEMENTAL		TIEMPO CO. & EF.	ACUM.
	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	4.455	0.000 0.000 0.000
1	Tomar (1) R51680 Contrapeso Delantero, con grua desde kit hacia soporte delantero del tractor.		3.834 3.834 3.834
2	Tomar de Bco 64 (1) R51681 Tornillo, (1) 24H1367 Arandela Plana, (1) 12H294 Arandela de Presion y (1) 14H760 Tuerca; atornillar contrapesos colocando la arandela plana del lado de la cabeza del tornillo; apretando con pistola de impacto y dado (15/16); y dar torque de 125 LBS-PIE usando torquimetro de 30-200 lbs-pie; dejar herramienta al terminar.		5.502 5.502 5.502 5.502 5.502 5.502
	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1.462	5.502 5.502
3	Tomar de Box-Pallet (1) P56939 y (1) P56940 carton corrugado (L.D Y L.I. respect.); y de Bco 65 tomar (1) P54608 Carton corrugado para estribo adicional; tomar cinta masking y pegar los cartones a los estribos.		7.308 7.308 7.308 7.308
	COLOCAR SOPORTE DEL ASIEN TO.	1.738	7.308 7.308
4	Ir hacia kit de pieza AP29063 Soportes del Asiento.		7.369
5	Tomar (3) AP29063 Soportes desde kit.		7.369 7.444
6	Regresar a estacion No. 1 con (3) AP29063 Soportes desde kit y dejar en rack.		7.444 7.522 7.522
7	Tomar de rack (1) AP29063 Soporte del Asiento y dejar sobre tractor; tomar (2) 19H1815 Tornillo y (2) 24H1211 Arandelas Planas; ensamblar encaminando rosca con dedos y apretar con pistola neumatica y dado de 3/4"; dejar hta. al terminar.		8.931 8.931 8.931 8.931
8	Tomar torque de (20-200 LBS-PIE), calibrar a 85 LBS-PIE y dar un par de apriete a (2) 19H1815 Tornillos; dejar herramienta en su lugar.		8.931 9.454 9.454 9.454
	ENSAMBLAR ASIEN TO DEL OPERADOR.	4.081	9.454 9.454
9	Tomar de rack (1) AP29062 Asiento del Operador, quitarle madera y cinta masking.		10.469 10.469
10	Colocar (1) AP29062 Asiento del Operador en tractor y ensamblar		10.469 11.084

11	Tomar desde Bco 65 (4) E50101 Tuerca; encaminar en tornillos del asiento del operador manualmente; apretar con maneral y dado de 1/2"		11.084
			14.001
			14.001
			14.001
12	Tomar torque (20-200 LBS-PLG) calibrar a 120 LBS-PLG y dar par de apriete a (4) E50101 Tuercas		14.494
			14.494
			14.494
...
	COLOCAR PLACA No. DE SERIE.	2.85	221.711
			221.711
237	Tomar desde el banco de trabajo las ordenes de ensamble, ir a parte trasera del tractor, revisar No. de serie de transmision, motor y buscar No. de orden. Tomar (1) P55886 Placa No. Serie del banco de trabajo y dejar resto de ordenes de ensamble, tomar (2) 37H30 Remaches, (1) martillo y ensamblar en tractor, dejar orden de ensamble correspondiente en tablero.		223.632
			223.632
			223.632
			223.632
			223.632
			223.632
238	Tomar registro de datos y anotar: A) No. de serie del tractor B) No. de transmision C) No. de motor D) fecha y volver a dejar registro en banco de trabajo.		225.231
			225.231
			225.231
			225.231
			225.231
			225.231
	ALINEAR LUCES DELANTERAS.	2.789	225.231
			225.231
239	Alinear lampara lado izquierdo usando llave espanola (3/4).		225.857
			225.857
240	Ir hacia lampara L.D.; alinear; dejar hta. en caja de htas. al terminar.		226.591
			226.591
			226.591
241	Accionar boton para subir pantalla, desconectar cables de energia, accionar interruptor de luces (apagar) quitar llaves.		226.882
			226.882
			226.882
242	Ajustar tapa trasera de lampara L.I. usando maneral, extension, dado 3/8".		227.747
			227.747
			227.747
243	Ajustar tapa trasera de lampara L.D. usando maneral, extension, dado (3/8) al terminar dejar hta. en caja de htas.		228.676
			228.676
			228.676
	MOVER TRACTOR (DE ULTIMA ESTACION A AUDITORIA).	1.507	228.676
			228.676
244	Llevar tractor a estación de rodillos para la prueba de auditoría. Alinear tractor con rodillos, apagar tractor y dejar conectados cables de corriente. Regresar a última estación.		230.537
			230.537
			230.537
			230.537

La presente Descripción Standard del Trabajo es el trabajo mínimo que se espera de Usted.

El método aquí descrito es su guía de trabajo. Puede poner en práctica su propio método con notificación y aprobación previa de su supervisor y sin atentar contra: la calidad del producto, Buen uso de maquinaria, equipo y su seguridad personal.

LINEA DE ACABADO DE TRACTOR 2755-TURBO T.F.I.

CANTIDAD DE ESTACIONES : 5

OPERARIO No.	ELEMENTO		MIN. STD.		ESTIMADO	
	DE	A	/CICLO	VAR	ESTIMA	ACUMULADO
1	1	23	28.979	-3.40%	30.000	30.000
2	24	61	52.113	3.95%	50.134	80.134
3	62	141	50.416	0.56%	50.134	130.269
4	142	222	50.259	0.25%	50.134	180.403
5	223	244	48.770	-2.72%	50.134	230.537
TOTAL :			230.537		230.537	
PROMEDIO :			46.107			

EJEMPLOS DE MACROINSTRUCCIONES
PARA IMPRESION POR ESTACIONES DE TRABAJO

/ppcaop66~

Q

rtit~agrest1~grch~grrec~gp

rtit~agrest2~grch~grrec~gp

rtit~agrest3~grch~grrec~gp

rtit~agrest4~grch~grrec~gp

rtit~agrest5~grch~grrec~gp

CA

Q

/ppcaop66~s

\027(8U\027(s0p12.00h10.0v0s0b3T~q

rtit~agrest1~grch~grrec~gp

rtit~agrest2~grch~grrec~gp

rtit~agrest3~grch~grrec~gp

rtit~agrest4~grch~grrec~gp

rtit~agrest5~grch~grrec~gp

rtit~agrest6~grrec~gp

rtit~agrest7~grch~grrec~gp

CA

Q

ANEXO 3.

SISTEMA DE BALANCEO DE LÍNEAS - FASE 4.

DESCRIPCION STANDARD DEL TRABAJO

OPERACION: LINEA DE ACABADO DE TRACTOR 2755-TURBO T.F.I.

PIEZA No. AP81028 | OPER. No. 10 | DEPTO. 145 | FECHA: 30-OCT-1994 |

DESCRIPCION ELEMENTAL		MIN.STD. /CICLO	ACUM.
			0.000
1	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	5.502	5.502
2	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1.806	7.308
3	COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.	2.146	9.454
4	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.	5.040	14.494
5	DESPAPELAR TRACTOR COMPLETO.	4.685	19.179
6	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD.	0.410	19.589
7	ENSAMBLAR CUBIERTA T.D.F., PEGARLE CALCOMANIA "PRECAUCION".	3.537	23.126
8	COLOCAR BRAZO CENTRAL DE ENGANCHE EN GANCHO DE TRANSPORTE.	0.224	23.350
9	APLICAR FERROCOTE.	3.792	27.142
10	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.).	2.294	29.436
11	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN AL TRACTOR.	0.527	29.963
12	MOVER TRACTOR (DE SEGUNDA A TERCERA ESTACION).	1.597	31.560
13	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES.	0.803	32.363
14	COLOCAR CONTRAPESOS TRASEROS.	24.136	56.499
15	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.	1.399	57.898
16	COLOCAR TUBO DE ADMISION.	3.805	61.703
17	COLOCAR DEFLECTORES, AISLADORES Y AMORTIGUADORES.	2.890	64.593
18	SUB-ENSAMBLE SOPORTE Y CUBIERTA.	2.033	66.626
19	SOPORTE DEL RADIADOR Y CUBIERTA BOMBA HIDRAULICA.	3.270	69.896
20	INSTALAR RESORTES DE LAS MALLAS.	0.592	70.488
21	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS.	1.682	72.170
22	MOVER TRACTOR (DE SEGUNDA A TERCERA ESTACION).	1.861	74.031

23	QUITAR TORNILLO CON BUJE; LAVAR Y SECAR.	0.382	74.031 74.413
24	SUB-ENSAMBLAR CUBIERTA DE LA TRANSMISION.	2.505	74.413 76.918
25	ENSAMBLAR CUBIERTA DE LA TRANSMISION.	3.852	76.918 80.770
26	INSTALAR MEDALLON "JOHN DEERE" EN CORAZA DELANTERA.	0.601	80.770 81.371
27	COLOCAR TAPONES PLASTICOS EN TABLERO Y EMBLEMA DE VOLANTE.	1.836	81.371 83.207
28	COLOCAR TAPONES PLASTICOS EN AGUJEROS ROSCADOS.	1.598	83.207 84.805
29	COLOCAR PERILLAS EN PALANCAS Y AMORTIGUADOR EN SOPORTE.	2.150	84.805 86.955
30	PERILLA DE LA VALVULA DE CONTROL DE BRAZO DE LEVANTE.	0.577	86.955 87.532
31	COLOCAR EMPUÑADURA DE PALANCA DE CONTROL DE LEVANTE.	0.450	87.532 87.982
32	EMPUÑADURA DE CUADRANTE DE EJE DE LEVANTE	0.737	87.982 88.719
33	EMPUÑADURA PALANCA T.D.F. Y CALCOMANIA.	0.857	88.719 89.576
34	COLOCAR ETIQUETAS.	3.096	89.576 92.672
35	COLOCAR CALCOMANIAS.	2.400	92.672 95.072
36	COLOCAR ETIQUETA DE AVISO DE ANTICONGELANTE.	0.915	95.072 95.987
37	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE.	0.359	95.987 96.346
38	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	2.720	96.346 99.066
39	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	0.875	99.066 99.941
40	MOVER TRACTOR (DE TERCERA A CUARTA ESTACION).	1.861	99.941 101.802
41	ENSAMBLAR BARRA DE TIRO.	4.412	101.802 106.214
42	INSTALAR SOPORTES DE CADENAS ESTABILIZADORAS.	4.067	106.214 110.281
43	INSTALAR CADENAS ESTABILIZADORAS.	6.996	110.281 117.277
44	AJUSTAR CADENAS ESTABILIZADORAS.	0.983	117.277 118.260
45	CHECAR ALTERNADOR.	8.786	118.260 127.046
46	AJUSTAR DIRECCION (RETOCAR CON BROCHA).	9.545	127.046 136.591
47	MOVER TRACTOR (DE CUARTA A QUINTA ESTACION).	1.861	136.591 138.452
48	PREPOSICIONAR AMORTIGUADOR, PLACA Y TORNILLERIA.	1.626	138.452 140.078
49	ENSAMBLAR SALPICADERAS TRASERAS.	7.550	140.078 147.628
50	SUB-ENSAMBLAR EL COFRE.	11.575	147.628 159.203
51	ENSAMBLAR EL COFRE.	5.309	159.203 164.512
52	MOVER TRACTOR (DE QUINTA A SEXTA ESTACION).	1.861	164.512 166.373
			166.373

Anexo 3.

53	AYUDAR EN ENSAMBLE DE SALPICADERAS.	3.394	169.767
			169.767
54	ENGRASAR TRACTOR COMPLETO.	2.314	172.081
			172.081
55	SUB-ENSAMBLAR CUBIERTAS SUPERIORES.	5.923	178.004
			178.004
56	ENSAMBLAR CUBIERTAS LATERALES SUPERIORES.	6.355	184.359
			184.359
57	SUB-ENSAMBLAR CUBIERTAS INFERIORES.	7.554	191.913
			191.913
58	ENSAMBLAR CUBIERTAS INFERIORES.	0.438	192.351
			192.351
59	AYUDAR EN MOVIMIENTO DE COFRE.	0.704	193.055
			193.055
60	MOVER TRACTOR (DE SEXTA A SEPTIMA ESTACION).	1.861	194.916
			194.916
61	RETOCAR TRACTOR COMPLETO.	27.588	222.504
			222.504
62	MOVER TRACTOR (DE SEPTIMA A OCTAVA ESTACION).	1.861	224.365
			224.365
63	ENSAMBLAR SILENCIADOR.	3.780	228.145
			228.145
64	ENSAMBLAR PERNO, ESFERA Y CANDADO EN BRAZO CENTRAL.	0.475	228.620
			228.620
65	CHECAR R.P.M.	2.077	230.697
			230.697
66	COLOCAR CAJA DE HERRAMIENTAS CON HERRAMIENTAS.	2.784	233.481
			233.481
67	COLOCAR AISLADORES EN COFRE.	0.585	234.066
			234.066
68	COLOCAR CALCOMANIAS EN COFRE.	5.861	239.927
			239.927
69	COLOCAR CALCOMANIAS EN SALPICADERAS.	3.047	242.974
			242.974
70	COLOCAR PLACA No. DE SERIE.	3.520	246.494
			246.494
71	QUITAR CINTA DE BOCA DEL TANQUE.	0.238	246.732
			246.732
72	COLOCAR TAPON DIESEL, TAPON RADIADOR Y PRELIMPIADOR.	0.251	246.983
			246.983
73	COLOCAR MALLAS.	1.136	248.119
			248.119
74	VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE LUCES.	1.245	249.364
			249.364
75	ALINEAR LUCES DELANTERAS.	3.445	252.809
			252.809
76	MOVER TRACTOR (DE ULTIMA ESTACION A AUDITORIA).	1.861	254.670
			254.670

254.67

Anexo 3.

LINEA DE ACABADO DE TRACTOR 2755-TURBO T.F.I.

CANTIDAD DE ESTACIONES : 8

OPERARIO No.	ELEMENTO		MIN. STD.			
	DE	A	/CICLO	VAR		
1	1	13	32.363	1.66%	31.834	31.834
2	14	17	32.230	1.24%	31.834	63.668
3	18	36	31.394	-1.38%	31.834	95.501
4	37	45	31.059	-2.43%	31.834	127.335
5	46	50	32.157	1.02%	31.834	159.169
6	51	57	32.710	2.75%	31.834	191.003
7	58	61	30.591	-3.90%	31.834	222.836
8	62	76	32.166	1.04%	31.834	254.670
	TOTAL		254.670			
	PROME		31.834			

EJEMPLOS DE MACROINSTRUCCIÓN PARA IMPRIMIR.

/PPCAOS
\027\038\107\050\083~Q
LDT~
AGP
RTFI~
GP
CR
Q
RNA~
GP
CR
Q

Anexo 4.

ANEXO 4.

SISTEMA - FASE 5 - PROGRAMA 1.

FAMILIA DE MODELOS

No.	ENSAMBLE	MODELO A			MODELO B			MODELO j		
		OP	TM	RA	OP	TM	RA	OP	TM	RA
1	Ensamblar cubierta	1	2.05	1.1	1	2.05	1.1	k_{1j}	T_{1j}	R_{1j}
2.	Ensamblar soporte frontal	1	3.04	2.1	1.	3.04	2.1	k_{2j}	T_{2j}	R_{2j}
.
i	E_i	k_{iA}	T_{iA}	R_{iA}	k_{iB}	T_{iB}	R_{iBe}	k_{ij}	T_{ij}	R_{ij}
.
N.	Realizar prueba final.	5	5.06	N.1	5	5.06	N.2	k_{Nj}	T_{Nj}	R_{Nj}

LINEA VERDE.

OPERACIONES POR ESTACION DE TRABAJO.

TRACTORES 2755

FECHA 30/OCT/94

124% PRODUCTIVIDAD
 130% EFICIENCIA
 95% COBERTURA
 106% J.D.F. OPERACIONES EN LINEA
 103% J.D.F. OPERACIONES EN SUB-ENSAMBLES

		NAE	MC	NAH	TFI	SYN
1	PRIMERA ESTACION.					
1	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	1 2.913 01.1	1 2.913 01.1	1 2.913 01.1	1 4.282 01.2	1 4.282 01.2
2	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1 1.814 02.1	1 1.814 02.1	1 1.814 02.1	1 1.634 02.2	1 1.634 02.2
3	COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.	-	-	-	1 1.893 03.1	1 1.893 03.1
4	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.	1 4.386 04.1	1 4.386 04.1	1 4.386 04.1	1 3.138 04.2	1 3.138 04.2
5	DESPAPELAR TRACTOR.	1 2.777 05.1	1 2.777 05.1	1 2.777 05.1	1 2.905 05.2	1 2.905 05.3
7	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.	1 2.542 07.1	1 2.542 07.1	1 2.542 07.1	1 2.542 07.2	1 2.542 07.2
17	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD.	1 0.314 17.1	1 0.314 17.1	1 0.314 17.1	1 0.314 17.1	1 0.314 17.1
45	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	1 0.917 45.1	1 0.917 45.1	1 0.917 45.1	1 0.917 45.1	1 0.917 45.1
10	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR.	1 0.147 10.1	1 0.147 10.1	1 0.147 10.1	1 0.147 10.1	1 0.147 10.1
11	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION).	1 1.291 11.1	1 1.291 11.1	1 1.291 11.1	1 1.291 11.1	1 1.291 11.1
12	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES.	1 0.632 12.1	1 0.632 12.1	1 0.632 12.1	1 0.632 12.1	1 0.632 12.1
2	SEGUNDA ESTACION.					
6	APLICAR FERROCOTE FLECHAS EJES TRASEROS.	-	-	-	2 4.273 06.1	2 4.273 06.1
8	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS.	1 1.451 08.1	1 1.451 08.1	1 1.451 08.1	1 1.235 08.2	1 1.235 08.2
13	ENSAMBLAR SILENCIADOR N.A.	1 3.895 13.1	1 3.895 13.1	2 7.791 13.2	-	-
14	COLOCAR CONTRAPESOS TRASEROS.	2 3.613 14.1	2 3.613 14.1	2 3.613 14.4	2 19.005 14.2	2 4.423 14.3

26	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I).	1	1.146	26.1	1	1.146	26.1	1	1.146	26.1	1	1.146	26.1	1	1.146	26.1
31	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	1	1.669	31.1	1	1.669	31.1	1	1.669	31.1	1	1.669	31.1	1	1.669	31.1
96	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA.	1	0.137	96.1	1	0.137	96.1	1	0.137	96.1	1	0.137	96.1	1	0.137	96.1
25	MOVER TRACTOR (DE SEGUNDA A TERCERA ESTACION).	2	0.567	25.1	2	0.567	25.1	2	0.567	25.1	2	0.567	25.1	2	0.567	25.1
3	TERCERA ESTACION.															
18	QUITAR TORNILLO CON BUJE, LAVAR Y SECAR.	2	0.457	18.1	2	0.457	18.1	2	0.457	18.1	1	0.457	18.1	1	0.457	18.1
19	ENSAMBLAR CUBIERTA DE LA TRANSMISION.	2	3.571	19.1	2	3.571	19.1	2	3.571	19.1	2	3.571	19.1	2	3.571	19.1
32	COLOCAR ETIQUETAS, CALCOMANIAS Y VALVULA EN TRACTOR.	2	3.247	32.1	2	3.247	32.1	2	3.247	32.1	2	3.247	32.2	2	3.247	32.2
33	COLOCAR PERILLAS PALANCAS DE VELOCIDAD.	2	1.423	33.1	2	1.423	33.1	2	1.423	33.1	2	1.423	33.1	2	1.423	33.1
35	EMPUÑADURA PALANCA DE T.D.F. Y CALCOMANIA.	2	0.778	35.1	2	0.778	35.1	2	0.778	35.1	2	0.778	35.1	2	0.778	35.1
94	COLOCAR CANDADOS EN FLECHAS DE EJE TRASERO.	-	-	-	-	-	-	-	2	0.667	94.1	2	0.667	94.1	2	0.667
39	MOVER TRACTOR (DE TERCERA A CUARTA ESTACION).	2	0.670	39.1	2	0.670	39.1	2	0.670	39.1	2	0.670	39.1	2	0.670	39.1
	...															
8	OCTAVA ESTACION.															
74	RETOCAR TRACTOR COMPLETO.	4	23.679	74.1	4	23.679	74.1	4	23.679	74.1	4	23.679	74.1	4	23.679	74.1
75	COLOCAR PLACA No. DE SERIE Y ANOTAR Nos. DE SERIE.	4	1.729	75.1	4	1.729	75.1	4	1.729	75.1	4	1.729	75.1	4	1.729	75.1
76	ALINEAR LUCES DELANTERAS.	4	3.957	76.1	4	3.957	76.1	4	3.957	76.2	4	3.957	76.1	4	3.957	76.1
78	MOVER TRACTOR (DE ULTIMA ESTACION A AUDITORIA).	4	0.925	78.1	4	0.925	78.1	4	0.925	78.1	4	0.925	78.1	4	0.925	78.1
SE	SUB-ENSAMBLES															
43	SUB-ENSAMBLAR BARRA DE TIRO	2	1.245	43.1	2	1.245	43.1	2	1.245	43.1	2	1.245	43.1	2	1.245	43.1
61	SUB-ENSAMBLAR EL COFRE.	3	8.315	61.1	3	8.315	61.1	3	8.315	61.3	5	8.315	61.2	3	8.315	61.4

72	COLOCAR CALCOMANIAS DEL COFRE.	3	4.717	72.1	3	4.717	72.1	3	4.717	72.1	5	4.717	72.2	3	4.717	72.2
101	SUB-ENSAMBLE DE ROLL GUARD.	-			5	7.089	101.	-			-			-		
102	SUB-ENSAMBLE DE SALPICADERAS EN ROLL GUARD.	-			5	34.549	102.	-			-			-		
103	APRETAR Y DAR TORQUE A POSTES CON TRAVESAÑO.	-			2	1.668	103.	-			-			-		
79	SUB-ENSAMBLE DE SALPICADERAS.	3	25.151	79.1	-			3	3.982	79.3	3	25.996	79.2	3	25.996	79.2
80	COLOCAR CALCOMANIAS A SALPICADERAS.	3	2.498	80.1	5	2.498	80.2	3	2.498	80.1	3	2.498	80.2	3	2.498	80.2
86	AUTOSURTIDO DE CHAROLAS S-E SALPICADERAS.	3	0.647	86.1	5	0.647	86.1	3	0.647	86.1	3	0.647	86.1	3	0.647	86.1
87	SUB-ENSAMBLAR CUBIERTA DE LA TRANSMISION.	2	2.054	87.1	2	2.054	87.1	2	2.054	87.1	2	2.054	87.2	2	2.054	87.3
88	SUB-ENSAMBLAR SOPORTE DEL RADIADOR Y CUBIERTA BOMBA H.	2	1.566	88.1	2	1.566	88.1	2	1.566	88.1	2	1.566	88.1	2	1.566	88.1
89	SUB-ENSAMBLAR CUBIERTAS SUPERIORES.	4	4.856	89.1	4	4.856	89.1	4	4.856	89.1	4	4.856	89.1	4	4.856	89.1
90	SUB-ENSAMBLAR CUBIERTAS INFERIORES.	4	6.193	90.1	4	6.193	90.1	4	6.193	90.1	4	6.193	90.1	4	6.193	90.1
X																
91	AUTOSURTIDO DE CHAROLAS POR ESTACION	X	3.864	91.1	X	3.864	91.1	X	3.864	91.1	X	3.864	91.1	X	3.864	91.1
98	CHECAR TORQUIMETROS EN PROBADOR	X	0.621	98.1	X	0.621	98.1	X	0.621	98.1	X	0.621	98.1	X	0.621	98.1

TOTALES	LINEA DE ACABADO	134.94	185.40	137.79	141.43	144.54
	COLOCAR CONTRAPESOS TRASEROS	3.613	3.613	3.613	19.005	4.423
	SUB-ENSAMBLAR EL COFRE	8.315	8.315	8.315	8.315	8.315
	KIT SUJECION DE B ^ TERIAS					
	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTERO	2.913	2.913	2.913	4.282	4.282
	SALPICADERAS TRASERAS	25.151	0.000	3.982	25.996	25.996
	SALPICADERAS DELANTERAS					
	RETOQUE	23.679	23.679	23.679	23.679	23.679
	CHAROLAS LINEA	3.864	3.864	3.864	3.864	3.864
	CHAROLAS SALPICADERAS	0.647	0.647	0.647	0.647	0.647
	TOTAL	203.12	228.43	184.81	227.22	215.75
HORAS BASE POR 100 PZS.	LINEA DE ACABADO	238.43	327.61	243.48	249.91	255.41
	COLOCAR CONTRAPESOS TRASEROS	6.385	6.385	6.385	33.582	7.815
	SUB-ENSAMBLAR EL COFRE	14.693	14.693	14.693	14.693	14.693
	KIT SUJECION DE BATERIAS					
	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTERO	5.148	5.148	5.148	7.567	7.567
	SALPICADERAS TRASERAS	43.185	0.000	6.836	44.636	44.636
	SALPICADERAS DELANTERAS					
	RETOQUE	41.842	41.842	41.842	41.842	41.842
	CHAROLAS LINEA	6.830	6.830	6.830	6.830	6.830
	CHAROLAS SALPICADERAS	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140
	TOTAL	357.66	403.65	326.36	400.20	379.93

10 DIAS CEDULA MENSUAL	15	3	0	23	19	TOTALES	
	1.50	0.30	0.00	2.30	1.90	60.00	6.00
CEDULA DIARIA	NAE	MC	NAH	TFI	SYN	PROMED.	T.C.
1	28.825	1 28.825	28.209	27.836	28.605	28.376	28.500
2	56.115	2 52.932	55.843	62.035	62.437	60.227	63.333
3	56.042	3 39.758	38.618	62.179	62.571	59.648	63.333
4	61.859	4 61.859	61.859	61.859	61.859	61.859	63.333
5	0.000	5 45.680	0.000	13.929	0.000	7.623	63.333
6	0.000	6 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.333
7	0.000	7 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.333
8	0.000	8 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.333
9	0.000	9 0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.333

1 N.A. EQUIPADO						2 N.A. MULTICROP					
1 N.A.	ESNAE No.	RANAE	OPERACI	TINAE		2 N.A.	ESMC No.	RAMC	OPERACI	TIMC	
1 N.A.	1	1	01.1	COLOCAR	2.913	2 N.A.	1	1	01.1	COLOCAR	2.913
1 N.A.	1	2	02.1	COLOCAR	1.814	2 N.A.	1	2	02.1	COLOCAR	1.814
1 N.A.	1	4	04.1	ENSAMB	4.386	2 N.A.	1	4	04.1	ENSAMB	4.386
1 N.A.	1	5	05.1	DESPAPE	2.777	2 N.A.	1	5	05.1	DESPAPE	2.777
1 N.A.	1	7	07.1	ENSAMB	2.542	2 N.A.	1	7	07.1	ENSAMB	2.542
1 N.A.	1	17	17.1	COLOCAR	0.314	2 N.A.	1	17	17.1	COLOCAR	0.314
1 N.A.	1	45	45.1	TENSAR	0.917	2 N.A.	1	45	45.1	TENSAR	0.917
1 N.A.	1	10	10.1	QUITAR C	0.147	2 N.A.	1	10	10.1	QUITAR C	0.147
1 N.A.	1	11	11.1	MOVER T	1.291	2 N.A.	1	11	11.1	MOVER T	1.291
1 N.A.	1	12	12.1	CONTROL	0.632	2 N.A.	1	12	12.1	CONTROL	0.632
1 N.A.	1	8	08.1	KIT PART	1.451	2 N.A.	1	8	08.1	KIT PART	1.451
1 N.A.	1	13	13.1	ENSAMB	3.895	2 N.A.	1	13	13.1	ENSAMB	3.895
1 N.A.	2	14	14.1	COLOCAR	3.613	2 N.A.	2	14	14.1	COLOCAR	3.613
1 N.A.	1	26	26.1	COLOCAR	1.146	2 N.A.	1	26	26.1	COLOCAR	1.146
1 N.A.	1	31	31.1	CHECAR	1.669	2 N.A.	1	31	31.1	CHECAR	1.669
1 N.A.	1	96	96.1	METER C	0.137	2 N.A.	1	96	96.1	METER C	0.137
1 N.A.	2	25	25.1	MOVER T	0.567	2 N.A.	2	25	25.1	MOVER T	0.567
1 N.A.	2	18	18.1	QUITAR T	0.457	2 N.A.	2	18	18.1	QUITAR T	0.457
1 N.A.	2	19	19.1	ENSAMB	3.571	2 N.A.	2	19	19.1	ENSAMB	3.571
1 N.A.	2	32	32.1	COLOCAR	3.247	2 N.A.	2	32	32.1	COLOCAR	3.247
1 N.A.	2	33	33.1	COLOCAR	1.423	2 N.A.	2	33	33.1	COLOCAR	1.423
1 N.A.	2	35	35.1	EMPUÑA	0.778	2 N.A.	2	35	35.1	EMPUÑA	0.778
1 N.A.	2	39	39.1	MOVER T	0.670	2 N.A.	2	39	39.1	MOVER T	0.670
1 N.A.	2	27	27.1	ENSAMB	3.309	2 N.A.	2	27	27.1	ENSAMB	3.309
1 N.A.	2	28	28.1	INSTALA	0.398	2 N.A.	2	28	28.1	INSTALA	0.398
1 N.A.	2	44	44.1	ENSAMB	1.732	2 N.A.	2	44	44.1	ENSAMB	1.732
1 N.A.	2	47	47.1	ENGRASA	3.141	2 N.A.	2	47	47.1	ENGRASA	3.141
1 N.A.	2	48	48.1	ENSAMB	1.620	2 N.A.	2	48	48.1	ENSAMB	1.620
1 N.A.	2	42	42.1	COLOCAR	2.008	2 N.A.	2	42	42.1	COLOCAR	2.008
1 N.A.	2	54	54.1	INSTALA	3.341	2 N.A.	3	54	54.1	INSTALA	3.341
1 N.A.	2	57	57.1	PREPOSI	1.510	2 N.A.	3	57	57.1	PREPOSI	1.510
1 N.A.	2	51	51.1	MOVER T	0.341	2 N.A.	2	51	51.1	MOVER T	0.341
1 N.A.	2	29	29.1	COLOCAR	1.929	2 N.A.	2	29	29.1	COLOCAR	1.929
1 N.A.	3	58	58.1	ENSAMB	5.526	2 N.A.	3	58	58.1	ENSAMB	12.687
1 N.A.	2	83	83.1	AYUDAR	2.783	2 N.A.	2	83	83.1	AYUDAR	2.783
1 N.A.	3	60	60.1	MOVER T	0.369	2 N.A.	3	60	60.1	MOVER T	0.369
1 N.A.	2	55	55.1	INSTALA	3.081	2 N.A.	2	55	55.1	INSTALA	3.081
1 N.A.	3	56	56.1	AJUSTAR	0.512	2 N.A.	3	56	56.1	AJUSTAR	0.512
1 N.A.	2	59	59.1	AYUDAR	0.647	2 N.A.	2	59	59.1	AYUDAR	0.647
1 N.A.	3	62	62.1	LLEVAR	0.695	2 N.A.	3	62	62.1	LLEVAR	0.695
1 N.A.	3	92	92.1	ATORNIL	4.128	2 N.A.	3	92	92.1	ATORNIL	4.128
1 N.A.	3	63	63.1	VERIFICA	0.764	2 N.A.	3	63	63.1	VERIFICA	0.764
1 N.A.	3	66	66.1	QUITAR C	0.155	2 N.A.	3	66	66.1	QUITAR C	0.155
1 N.A.	3	67	67.1	COLOCAR	1.190	2 N.A.	3	67	67.1	COLOCAR	1.190
1 N.A.	3	68	68.1	MOVER T	0.478	2 N.A.	3	68	68.1	MOVER T	0.478
1 N.A.	4	65	65.1	ENSAMB	2.635	2 N.A.	4	65	65.1	ENSAMB	2.635
1 N.A.	4	69	69.1	ENSAMB	5.012	2 N.A.	4	69	69.1	ENSAMB	5.012
1 N.A.	4	70	70.1	ENSAMB	0.513	2 N.A.	4	70	70.1	ENSAMB	0.513
1 N.A.	4	71	71.1	CHECAR	2.567	2 N.A.	4	71	71.1	CHECAR	2.567
1 N.A.	4	85	85.1	AYUDAR	0.695	2 N.A.	4	85	85.1	AYUDAR	0.695
1 N.A.	4	73	73.1	MOVER T	0.925	2 N.A.	4	73	73.1	MOVER T	0.925
1 N.A.	4	74	74.1	RETOCAR	23.679	2 N.A.	4	74	74.1	RETOCAR	23.679
1 N.A.	4	75	75.1	COLOCAR	1.729	2 N.A.	4	75	75.1	COLOCAR	1.729
1 N.A.	4	76	76.1	ALINEAR	3.957	2 N.A.	4	76	76.1	ALINEAR	3.957
1 N.A.	4	78	78.1	MOVER T	0.925	2 N.A.	4	78	78.1	MOVER T	0.925
1 N.A.	2	21	21.1	COLOCAR	0.612	2 N.A.	2	21	21.1	COLOCAR	0.612
1 N.A.	2	24	24.1	AJUSTAR	3.488	2 N.A.	2	24	24.1	AJUSTAR	3.488

Anexo 4.

	1	N.A.	1	30	30.1	COLOCAR	1.321		2	N.A.	1	30	30.1	COLOCAR	1.321	
	1	N.A.	2	34	34.1	ENS. PER	0.978		2	N.A.	2	34	34.1	ENS. PER	0.978	
	1	N.A.	2	36	36.1	COLOCAR	1.638		2	N.A.	2	36	36.1	COLOCAR	1.638	
	1	N.A.	2	37	37.1	COLOCAR	0.000		2	N.A.	2	37	37.1	COLOCAR	0.000	
	1	N.A.	4	38	38.1	INSTALA	0.537		2	N.A.	4	38	38.1	INSTALA	0.537	
	1	N.A.	2	40	40.1	ENSAMB	3.471		2	N.A.	2	40	40.1	ENSAMB	3.471	
	1	N.A.	1	41	41.1	COLOCAR	0.242		2	N.A.	1	41	41.1	COLOCAR	0.242	
	1	N.A.	4	46	46.1	CHECAR	6.739		2	N.A.	4	46	46.1	CHECAR	6.739	
	1	N.A.	1	93	93.1	COLOCAR	0.334		2	N.A.	1	93	93.1	COLOCAR	0.334	
	1	N.A.	2	43	43.1	SUB-ENS	1.245		2	N.A.	2	43	43.1	SUB-ENS	1.245	
	1	N.A.	3	61	61.1	SUB-ENS	8.315		2	N.A.	3	61	61.1	SUB-ENS	8.315	
	1	N.A.	3	72	72.1	COLOCAR	4.717		2	N.A.	3	72	72.1	COLOCAR	4.717	
	1	N.A.	3	79	79.1	SUB-ENS	25.151		2	N.A.	5	101	101.1	SUB-ENS	7.089	
	1	N.A.	3	80	80.1	COLOCAR	2.498		2	N.A.	5	102	102.1	SUB-ENS	34.549	
	1	N.A.	3	86	86.1	AUTOSUR	0.647		2	N.A.	2	103	103.1	APRETAR	1.668	
	1	N.A.	2	87	87.1	SUB-ENS	2.054		2	N.A.	5	80	80.2	COLOCAR	2.498	
	1	N.A.	2	88	88.1	SUB-ENS	1.566		2	N.A.	5	86	86.1	AUTOSUR	0.647	
	1	N.A.	4	89	89.1	SUB-ENS	4.856		2	N.A.	2	87	87.1	SUB-ENS	2.054	
	1	N.A.	4	90	90.1	SUB-ENS	6.193		2	N.A.	2	88	88.1	SUB-ENS	1.566	
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	4	89	89.1	SUB-ENS	4.856	
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	4	90	90.1	SUB-ENS	6.193	
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	MULTICROP					
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	MULTICROP					
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	MULTICROP					
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	MULTICROP					
	1	N.A.	EQUIPADO						2	N.A.	MULTICROP					

Anexo 4.

	28.500	228.000	28.500	256.500		
	63.333	506.667	63.333	570.000		
		8	1	9		
OPERARIO	2755	4455	TOTAL			
1	227.813	28.669	256.482	45.0%	---	
2	477.520	60.276	537.796	94.4%		
3	475.689	56.926	532.615	93.4%	>	3.74
4	494.872	61.300	556.172	97.6%		0.7484
5	127.763	121.998	249.761	43.8%	---	
6	0.000	0.000	0.000	0.0%		
7	0.000	0.000	0.000	0.0%		0.00
8	0.000	0.000	0.000	0.0%		
9	0.000	0.000	0.000	0.0%		
total de personas:				3.74		

{GOTO}VALE~{DOWN}	{EDIT}	/PPA
1{DOWN}	{~}G	RREP27-1~GP
2{DOWN}	{LEFT 3}	RREP44-1~GP
3{DOWN}	{BS}	RREP27-2~GLLLLLL
4{DOWN}	{LEFT 2}	RREP44-2~GP
5{DOWN}	ROP-	RABALANC~GP
6{DOWN}	{DOWN}	Q
7		
{DOWN}	{EDIT}	/PPA
/DQR	{~}G	RTODO27~GP
IBDTOTAL27~	{LEFT 4}	RTODO44~GP
CVALE~Q	ROP-	RTOD27~GLLLLLL
{GOTO}VALE~ESNAE~	{DOWN}	RTOD44~GP
/DQOSANAE~		Q
EQ	/PPCA	
ESMC~	RTIT~AG	
/DQOSAMC~		ESRD
EQ	ROP-911~GRREC~GPRTIT~AG	1
ESNAH~		2
/DQOSANAH~	ROP-911~GRREC~GPQ	3
EQ		4
ESTFI~	@ROUND(*F569/F565,3)	5
/DQOSATFI~		6
EQ	{EDIT}	7
ESSYN~	*O4/O1,3)	
/DQOSASYN~	{HOME}	
EQ	@ROUND(~	
ESSRG~	{END}{DOWN}	
/DQOSASRG~		
EQ	+{END}{LEFT}{RIGHT}~{RIGHT 4}	
ESDT~		
/DQOSADT~	+{LEFT 20}~{END}{DOWN}	
EQ		
ESDRG~	+{END}{LEFT}{RIGHT}~	
/DQOSADRG~	{END}{DOWN}	
EQ		
ESHC~	/COTRO~~	
/DQOSAHC~		
EQ	/PPA	
ESDP~	RREP27-1~GP	
/DQOSADP~	RREP44-1~GP	
EQ	RREP27-2~GLLLLLL	
/DQR	RREP44-2~GP	
IBDTOTAL44~	RABALANC~GP	
CVALE~Q	Q	
ESRS~		
/DQOSARS~		
EQ	{EDIT}	
ESRD~	{BS }	
/DQOSARD~	@ROUND(@ROUND(5.443*O4,3)/(O2*O3),3)	
EQ		
{GOTO}SALIDA~		

ANEXO 5.

SISTEMA - FASE 5 - PROGRAMA 2.

MODELO	ELEM OPERACION	TIEMPO
PRIMERA ESTACION		
1		
1		
1	N.A. EQUIPADO 01.1	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS. 2.913
1	N.A. EQUIPADO 02.1	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS. 1.814
1	N.A. EQUIPADO 04.1	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR. 4.386
1	N.A. EQUIPADO 05.1	DESPAPELAR TRACTOR. 2.777
1	N.A. EQUIPADO 07.1	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS. 2.542
1	N.A. EQUIPADO 08.1	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS. 1.451
1	N.A. EQUIPADO 10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR. 0.147
1	N.A. EQUIPADO 11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION). 1.291
1	N.A. EQUIPADO 12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES. 0.632
1	N.A. EQUIPADO 13.1	ENSAMBLAR SILENCIADOR N.A. 3.895
1	N.A. EQUIPADO 17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD. 0.314
1	N.A. EQUIPADO 26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.). 1.146
1	N.A. EQUIPADO 30.1	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA. 1.321
1	N.A. EQUIPADO 31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE. 1.669
1	N.A. EQUIPADO 41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE. 0.242
1	N.A. EQUIPADO 45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR. 0.917
1	N.A. EQUIPADO 93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS. 0.334
1	N.A. EQUIPADO 96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA. 0.137
2		
2		
2	N.A. MULTICROP 01.1	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS. 2.913
2	N.A. MULTICROP 02.1	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS. 1.814
2	N.A. MULTICROP 04.1	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR. 4.386
2	N.A. MULTICROP 05.1	DESPAPELAR TRACTOR. 2.777
2	N.A. MULTICROP 07.1	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS. 2.542
2	N.A. MULTICROP 08.1	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS. 1.451
2	N.A. MULTICROP 10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR. 0.147
2	N.A. MULTICROP 11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION). 1.291
2	N.A. MULTICROP 12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES. 0.632
2	N.A. MULTICROP 13.1	ENSAMBLAR SILENCIADOR N.A. 3.895
2	N.A. MULTICROP 17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD. 0.314
2	N.A. MULTICROP 26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.). 1.146
2	N.A. MULTICROP 30.1	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA. 1.321
2	N.A. MULTICROP 31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE. 1.669
2	N.A. MULTICROP 41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE. 0.242
2	N.A. MULTICROP 45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR. 0.917
2	N.A. MULTICROP 93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS. 0.334
2	N.A. MULTICROP 96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA. 0.137
3		
3		
3	N.A. HUERTERO 01.1	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS. 2.913
3	N.A. HUERTERO 02.1	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS. 1.814
3	N.A. HUERTERO 04.1	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR. 4.386
3	N.A. HUERTERO 05.1	DESPAPELAR TRACTOR. 2.777
3	N.A. HUERTERO 07.1	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS. 2.542
3	N.A. HUERTERO 08.1	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS. 1.451
3	N.A. HUERTERO 10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR. 0.147
3	N.A. HUERTERO 11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION). 1.291
3	N.A. HUERTERO 12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES. 0.632
3	N.A. HUERTERO 17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD. 0.314
3	N.A. HUERTERO 26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.). 1.146
3	N.A. HUERTERO 30.1	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA. 1.321

Anexo 5.

3	N.A. HUERTERO	31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	1.669
3	N.A. HUERTERO	41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE.	0.242
3	N.A. HUERTERO	45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	0.917
3	N.A. HUERTERO	93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS.	0.334
3	N.A. HUERTERO	95.1	ENSAMBLAR LAMPARAS DELANTERAS EN CORAZA DEL TRACTOR.	3.279
3	N.A. HUERTERO	96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA.	0.137
4				
4				
4	T.F.I.	01.2	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	4.282
4	T.F.I.	02.2	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1.634
4	T.F.I.	03.1	COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.	1.893
4	T.F.I.	04.2	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.	3.138
4	T.F.I.	05.2	DESPAPELAR TRACTOR.	2.905
4	T.F.I.	07.2	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.	2.542
4	T.F.I.	08.2	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS.	1.235
4	T.F.I.	10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR.	0.147
4	T.F.I.	11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION).	1.291
4	T.F.I.	12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES.	0.632
4	T.F.I.	17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD.	0.314
4	T.F.I.	18.1	QUITAR TORNILLO CON BUJE, LAVAR Y SECAR.	0.457
4	T.F.I.	21.2	COLOCAR BRAZO CENTRAL EN GANCHO.	0.112
4	T.F.I.	26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.).	1.146
4	T.F.I.	30.2	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA.	1.445
4	T.F.I.	31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	1.669
4	T.F.I.	41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE.	0.242
4	T.F.I.	45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	0.917
4	T.F.I.	77.1	ENSAMBLAR CUBREPOLVO Y PERILLA V.C.S.	0.467
4	T.F.I.	93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS.	0.334
4	T.F.I.	96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA.	0.137
5				
5				
5	SYNCRHON.	01.2	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	4.282
5	SYNCRHON.	02.2	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1.634
5	SYNCRHON.	03.1	COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.	1.893
5	SYNCRHON.	04.2	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.	3.138
5	SYNCRHON.	05.3	DESPAPELAR TRACTOR.	2.905
5	SYNCRHON.	07.2	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.	2.542
5	SYNCRHON.	08.2	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS.	1.235
5	SYNCRHON.	10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR.	0.147
5	SYNCRHON.	11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION).	1.291
5	SYNCRHON.	12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES.	0.632
5	SYNCRHON.	15.1	CALCOMANIAS L29440 Y "SYNCHRON".	1.236
5	SYNCRHON.	17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD.	0.314
5	SYNCRHON.	18.1	QUITAR TORNILLO CON BUJE, LAVAR Y SECAR.	0.457
5	SYNCRHON.	21.2	COLOCAR BRAZO CENTRAL EN GANCHO.	0.112
5	SYNCRHON.	26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.).	1.146
5	SYNCRHON.	30.2	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA.	1.445
5	SYNCRHON.	31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	1.669
5	SYNCRHON.	41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE.	0.242
5	SYNCRHON.	45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	0.917
5	SYNCRHON.	93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS.	0.334
5	SYNCRHON.	96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA.	0.137
6				
6				
6	SYN. C/R.G.	01.2	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	4.282
6	SYN. C/R.G.	02.2	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1.634
6	SYN. C/R.G.	03.1	COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.	1.893
6	SYN. C/R.G.	04.2	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.	3.138
6	SYN. C/R.G.	05.3	DESPAPELAR TRACTOR.	2.905
6	SYN. C/R.G.	07.2	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.	2.542
6	SYN. C/R.G.	08.2	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS.	1.235

Anexo 5.

6 SYN. C/R.G.	10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR.	0.147
6 SYN. C/R.G.	11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION).	1.291
6 SYN. C/R.G.	12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES.	0.632
6 SYN. C/R.G.	15.1	CALCOMANIAS L29440 Y "SYNCHRON".	1.236
6 SYN. C/R.G.	17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD.	0.314
6 SYN. C/R.G.	18.1	QUITAR TORNILLO CON BUJE, LAVAR Y SECAR.	0.457
6 SYN. C/R.G.	21.2	COLOCAR BRAZO CENTRAL EN GANCHO.	0.112
6 SYN. C/R.G.	26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.).	1.146
6 SYN. C/R.G.	30.2	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA.	1.445
6 SYN. C/R.G.	31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	1.669
6 SYN. C/R.G.	41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE.	0.242
6 SYN. C/R.G.	45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	0.917
6 SYN. C/R.G.	93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS.	0.334
6 SYN. C/R.G.	96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA.	0.137
7			
7			
7 DOBLE TRACCION	01.2	COLOCAR CONTRAPESOS DELANTEROS.	4.282
7 DOBLE TRACCION	02.2	COLOCAR CARTONES EN ESTRIBOS.	1.634
7 DOBLE TRACCION	03.1	COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.	1.893
7 DOBLE TRACCION	04.2	ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.	3.138
7 DOBLE TRACCION	05.3	DESPAPELAR TRACTOR.	2.905
7 DOBLE TRACCION	07.2	ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.	2.542
7 DOBLE TRACCION	08.3	KIT PARTES DE SUJECION DE BATERIAS.	1.323
7 DOBLE TRACCION	10.1	QUITAR CADENAS QUE SUJETAN EL TRACTOR.	0.147
7 DOBLE TRACCION	11.1	MOVER TRACTOR (DE PRIMERA A SEGUNDA ESTACION).	1.291
7 DOBLE TRACCION	12.1	CONTROLAR SWITCH DE AVANCE DE TRACTORES.	0.632
7 DOBLE TRACCION	15.1	CALCOMANIAS L29440 Y "SYNCHRON".	1.236
7 DOBLE TRACCION	17.1	COLOCAR RESORTE DE PALANCAS DE CAMBIOS DE VELOCIDAD.	0.314
7 DOBLE TRACCION	18.1	QUITAR TORNILLO CON BUJE, LAVAR Y SECAR.	0.457
7 DOBLE TRACCION	21.2	COLOCAR BRAZO CENTRAL EN GANCHO.	0.112
7 DOBLE TRACCION	26.1	COLOCAR DEFLECTOR DE AIRE EN EL TABLERO (L.I.).	1.146
7 DOBLE TRACCION	30.2	COLOCAR TAPONES EN TABLERO, EMBLEMA VOLANTE, MOLDURA.	1.445
7 DOBLE TRACCION	31.1	CHECAR JUEGO DEL PEDAL DEL EMBRAGUE.	1.669
7 DOBLE TRACCION	41.1	COLOCAR CORREA CON GANCHOS EN BRAZOS DE LEVANTE.	0.242
7 DOBLE TRACCION	45.1	TENSAR BANDA DEL VENTILADOR.	0.917
7 DOBLE TRACCION	77.1	ENSAMBLAR CUBREPOLVO Y PERILLA V.C.S.	0.467
7 DOBLE TRACCION	93.1	COLOCAR PIVOTES A TAPONES DE LLANTAS.	0.334
7 DOBLE TRACCION	96.1	METER COMPLETAMENTE PERILLA EN PALANCA.	0.137
8			
8			

{EDIT}	/PPCA	SORT /DSR
{~}G	RTIT~AG	D.{RIGHT}{DOWN}
{LEFT 4}		{END}{DOWN}{RIGHT 12}~
ROP-	ROP-911~GRREC~GPRIT~AG	P{RIGHT}~A~
{DOWN}		S{RIGHT 3}~A~
		G
{EDIT}	ROP-911~GRREC~GPQ	{RIGHT}{DOWN}
{~}G		{END}{DOWN 4}
{LEFT 3}	/COTRO~~{END}{DOWN 2}	{LEFT}
{BS}		
{LEFT 2}	D /DSR	MOVE /M
ROP-	D.{END}{DOWN}{RIGHT 13}~	{END}{HOME}~
{UP}	P~A~	{END}{LEFT}{RIGHT 3}
	S{RIGHT}~A~	{END}{DOWN 2}{LEFT 3}~
	G	{END}{DOWN}

ANEXO 6.

SISTEMA - FASE 5 - PROGRAMA 3.

DESCRIPCION GENERAL DEL TRABAJO.

OPERACION: LINEA DE ACABADO TRACTORES 2755

PIEZA No.	OPER. No.	10.0	DEPTO.	145	FECHA: 30 de Oct 94
-----------	-----------	------	--------	-----	---------------------

DESCRIPCION GENERAL

PRIMERA ESTACION.

1 1 ENSAMBLAR A TRACTOR 4 CONTRAPESOS DELANTEROS.

Usando grua radial tomar (4) R51680 Contrapesos Delanteros uno por uno, desde kit en monorriel y colocar en soporte delantero del tractor, alineados con coraza delantera; haciendo los movimientos de ganchos y monorrieles que sean necesarios.

Tomar de banco: (1) 08H4260 Tornillo, (1) 24H1367 Arandela Plana, (1) 12H294 Arandela de Presion y (1) 14H760 Tuerca; atornillar contrapesos colocando la arandela plana del lado de la cabeza del tornillo; apretando con pistola de impacto y dado (15/16); y dar torque de 125 LBS-PIE usando torquimetro de 30-200 lbs-pie; dejar herramienta al terminar.

1 2 ENSAMBLAR A TRACTOR 6 CONTRAPESOS DELANTEROS.

Usando grua radial tomar (6) R51680 Contrapesos Delanteros uno por uno, desde kit en monorriel y colocar en soporte delantero del tractor, alineados con coraza delantera; haciendo los movimientos de ganchos y monorrieles que sean necesarios.

Tomar de banco: (1) R51681 Tornillo, (1) 24H1367 Arandela Plana, (1) 12H294 Arandela de Presion y (1) 14H760 Tuerca; atornillar contrapesos colocando la arandela plana del lado de la cabeza del tornillo; apretando con pistola de impacto y dado (15/16); y dar torque de 125 LBS-PIE usando torquimetro de 30-200 lbs-pie; dejar herramienta al terminar.

2 1 COLOCAR EN ESTRIBOS CARTONES PROTECTORES.

Tomar de Box-Pallet (1) P56939 y (1) P56940 carton corrugado (L.D Y L.I. respect.); y de Bco 65 tomar (1) P54608 Carton corrugado para estribo adicional; tomar tramo de alambre blanco nduotermoplástico color blanco calibre 25 y coser los cartones a los estribos.

2 2 COLOCAR EN ESTRIBOS CARTONES PROTECTORES.

Tomar de Box-Pallet (1) P56939 y (1) P56940 carton corrugado (L.D Y L.I. respect.); y de Banco tomar (1) P54608 Carton corrugado para estribo adicional; tomar rollo de cinta masking y pegar los cartones a los estribos; dejar rollo de cinta en su lugar al terminar.

3 1 COLOCAR SOPORTE DEL ASIENTO.

Ir hacia kit de pieza AP29063 Soportes del Asiento; tomar (3) AP29063 Soportes de kit; regresar a estacion con (3) AP29063 Soportes y dejar en banco de trabajo.

Tomar de banco (1) AP29063 Soporte del Asiento y dejar sobre tractor; tomar (2) 19H1815 Tornillo y (2) 24H1211 Arandelas Planas; ensamblar encaminando rosca con dedos y apretar con llave de impacto y dado de 3/4"; dejar hta. en su lugar al terminar.

Dar par de apriete de 85 lbs-pié a (2) 19H1815 Tornillos usando torquímetro de 20-200 lbs-pié; dejar herramienta en su lugar al terminar.

4 1 ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.

Tomar (1) AP31323 Asiento del Operador y colocar en tractor.

Tomar de banco: (2) 19H1977 Tornillos, (2) 12H301 Arandelas de Presion, (2) 24H1347 Arandelas Planas y apretar ayudandose con maneral y dado 3/4".

Tomar torque (20-200 LBS-PIE) calibrar a 85 LBS-PIE y aplicar par de apriete a (2) 19H1977 Tornillos; dejar herramienta al terminar.

4 2 ENSAMBLAR ASIENTO DEL OPERADOR.

Tomar de rack (1) AP29062 Asiento del Operador, quitarle madera y cinta masking.

Colocar (1) AP29062 Asiento del Operador en tractor y ensamblar.

Tomar de Banco: (4) E50101 Tuerca y (4) 24H1685 Arandela; encaminar en tornillos del asiento del operador manualmente; apretar con maneral y dado de 1/2" Dar par de apriete de 120 lbs-plg a (4) E50101 Tuercas usando torquímetro 20-200 lbs-plg.

5 1 DESPAPELAR TRACTOR COMPLETO.

Despapelar tractor por completo: Radiador; enfriador; tablero; bomba de inyección; varillas de cambios; terminales eléctricas; placa número de serie de la bomba hidráulica y del motor; alternador; varilla medidora de aceite de transmisión; (2) conectores localizados en parte trasera de tractor; (2) cilindros de bomba de frenos; filtro de combustible; tapones del radiador y filtro de aire; quitar mangueras colocadas en palancas de velocidad y colgar en cadenas que sujetan el tractor.

5 2 DESPAPELAR TRACTOR COMPLETO.

Despapelar tractor por completo: Radiador, enfriador, tablero, bomba de inyeccion, varillas de cambios, valvula de control selectivo, terminales electricas, placa numero de serie de la bomba hidraulica, alternador, varilla medidora de aceite de transmision, (2) conectores localizados en parte trasera de tractor, placa numero de serie de motor, (2) cilindros de la bomba de frenos, flechas de eje trasero; filtro de combustible; tapones del radiador y filtro de aire; quitar mangueras colocadas en palancas de velocidad y colgar en cadenas que sujetan el tractor.

5 3 DESPAPELAR TRACTOR COMPLETO.

Despapelar tractor por completo: Radiador, enfriador, tablero, bomba de inyeccion, varillas de cambios, valvula de control selectivo, terminales electricas, placa numero de serie de la bomba hidraulica, alternador, varilla medidora de aceite de transmision, (2) conectores localizados en parte trasera de tractor, placa numero de serie de motor, (2) cilindros de la bomba de frenos, freno de mano, flechas de eje trasero; filtro de combustible; tapones del radiador y filtro de aire; quitar mangueras colocadas en palancas de velocidad y colgar en cadenas que sujetan el tractor.

6 1 APLICAR FERROCOTE.

Tomar (1) bote con ferrocote (anticorrosivo UN6306), (1) brocha y aplicar a flechas de mando de ejes traseros, no manchar medias mangas ni mazas traseras. (Mezclar en una proporcion de 50% con solvente NF200 manteniendo una mezcla reciente en un deposito cerrado).

7 1 ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.

Tomar de banco (2) P54227 Protector, (4) 19H1936 Tornillo, (4) 12H304 Arandela y (4) 14H812 Tuerca; colocar material en tractor repartiéndolo en estribos L.D. Y L.I.,

Posicionar (1) Protector en estribo L.D.. Colocarle (2) 19H1936 Tornillos, (2) 12H304 Arandelas; ensamblar (1) 14H812 Tuerca a mano a cada Tornillo 19H1936. Apretar (2) 19H1936 Tornillos 19H1936 de protector a

estribo L.D. usando llave ratchet.

Posicionar (1) Protector en estribo L.I.. Colocarle (2) 19H1936 Tornillos, (2) 12H304 Arandelas; ensamblar (1) 14H812 Tuerca a mano a cada Tornillo 19H1936. Apretar (2) 19H1936 Tornillos 19H1936 de protector a estribo L.I. usando llave ratchet.

Dejar herramienta en su lugar al terminar.

7 2 ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.

Tomar de banco (2) P54753 Protector, (4) 19H1936 Tornillo, (4) 12H304 Arandela y (4) 14H812 Tuerca; colocar material en tractor repartiéndolo en estribos L.D. Y L.I.,

Posicionar (1) Protector en estribo L.D.. Colocarle (2) 19H1936 Tornillos, (2) 12H304 Arandelas; ensamblar (1) 14H812 Tuerca a mano a cada Tornillo 19H1936. Apretar (2) 19H1936 Tornillos 19H1936 de protector a estribo L.D. usando llave ratchet.

Posicionar (1) Protector en estribo L.I.. Colocarle (2) 19H1936 Tornillos, (2) 12H304 Arandelas; ensamblar (1) 14H812 Tuerca a mano a cada Tornillo 19H1936. Apretar (2) 19H1936 Tornillos 19H1936 de protector a estribo L.I. usando llave ratchet.

7 3 ENSAMBLAR PROTECTORES DE ESTRIBOS.

Ir a monorrieles a kit de protectores de estribo, tomar (1) P56974 Protector L.D. y (1) P56975 Protector L.I.; regresar a tractor; posicionar (1) protector de cada lado del tractor.

Ir a banco en lado izquierdo de linea, tomar (6) 19H1936 tornillo, (6) 12H304 arandela, (6) 14H812 tuerca, (6) 19H1732 tornillo; llevar a tractor y repartir material en sobre estribos de cada lado; posicionar protectores de estribo en estribos, usando la tornilleria mencionada.

Apretar (3) 19H1936 Tornillos de protector a estribo L.D.

Apretar (3) 19H1936 Tornillos de protector a estribo L.I.

.....

.....

.....

OCTAVA ESTACION.

76 1 ALINEAR LUCES DELANTERAS.

Conectar cables de corriente a tractor; accionar botón para bajar pantalla de alineacion de luces, accionar interruptor de luces (encender).

Alinear lampara lado izquierdo usando llave española (3/4).

Ir hacia lampara L.D.; alinearla; dejar hta. en caja de htas. al terminar.

Accionar boton para subir pantalla, desconectar cables de energia, accionar interruptor de luces (apagar) quitar llaves.

Ajustar tapa trasera de lampara L.I. usando maneral, extension, dado (3/8).

Ajustar tapa trasera de lampara L.D. usando maneral, extension, dado (3/8) al terminar dejar hta. en caja de htas.

Anotar en tarjeta la operación realizada y el No. de operario que la realizó.

76 2 ALINEAR LUCES DELANTERAS (HUERTERO).

Conectar cables de corriente a tractor; accionar botón para bajar pantalla de alineacion de luces, accionar

interruptor de luces (encender).

Alinear lampara lado izquierdo usando desarmador.

Alinear lampara L.D.; dejar hta. en caja de htas. al terminar.

Accionar boton para subir pantalla, desconectar cables de energia, accionar interruptor de luces (apagar) quitar llaves.

Anotar en tarjeta la operación realizada y el No. de operario que la realizó.

78 1 MOVER TRACTOR (DE ULTIMA ESTACION A AUDITORIA).

Llevar tractor a estación de rodillos para la prueba de auditoría. Alinear tractor con rodillos, apagar tractor y dejar conectados cables de corriente. Regresar a última estación.

=====
 La presente Descripción General del Trabajo es el trabajo mínimo que se espera de Usted. El método aquí descrito es su guía de trabajo. Puede poner en práctica su propio método con notificación y aprobación previa de su supervisor y sin atentar contra: la calidad del producto, Buen uso de maquinaria, equipo y su seguridad personal.
 =====

```

{GOTO}F5~LINEA DE ACABADO TRACTORES 2755.~      /DSR
/PP                                                D.{END}{DOWN}{RIGHT}~
RTIT~AG                                           P~A~
ROP-011~G                                         S{RIGHT}~A~
ROP-022~G                                         G
ROP-031~G
ROP-041~G
ROP-042~G                                         /M
ROP-051~G                                         {END}{DOWN}{RIGHT}~
ROP-052~G                                         {DOWN 2}~
ROP-053~G
ROP-061~G                                         /PPCA
ROP-071~G                                         RTIT~AG
. . .
ROP-821~G                                         ROP-911~GRREC~GP
ROP-831~G                                         ROP-911~GRREC~GP
ROP-833~G                                         Q
ROP-841~G                                         /COTRO~~{END}{DOWN 2}
ROP-851~G
ROP-861~G
ROP-871~G
ROP-872~G
ROP-874~G
ROP-881~G
ROP-882~G
ROP-901~G
ROP-921~G
ROP-931~G
ROP-941~G
ROP-961~G
ROP-971~G
ROP-991~G
ROP-911~GRREC~GP
Q
    
```

ANEXO 7.

GLOSARIO.

GLOSARIO.

Balanceo de trabajo. Es la distribución de elementos de trabajo a lo largo de varias estaciones en una línea de tal manera que el trabajo productivo total asignado a cada estación sea lo más parecida posible.

Cobertura. Es la relación que existe de las horas en que los operarios efectuaron el trabajo cubierto por un tiempo estándar, dividido entre el total de horas trabajadas en un período dado de tiempo. Expresado en porcentaje.

Descripción General de Trabajo. El documento que contiene el método específico para efectuar una operación cubierta por un tiempo estándar.

Demoras de Trabajo (JDF). Trabajo variado, no medible o interrupciones relacionadas indirectamente con el número de piezas o unidades producidas.

Eficiencia Esperada. La relación, expresada como un porcentaje de lo que las horas estándar son de las horas productivas que se espera que trabaje un operario por un período dado de tiempo. Es decir, el factor esperado de las horas estándar para un trabajo productivo entre horas trabajadas en productivo.

Eficiencia Normal. La eficiencia esperada del trabajador promedio, experimentado en su tarea asignada, cuando sigue el método prescrito y trabaja a un paso de 100%. (Sin el estímulo de un premio).

Eficiencia Observada. Un porcentaje el cual se usa para ajustar los minutos observados a minutos normales. El valor se expresa en incrementos de 5%.

Elemento de trabajo. Una división del trabajo que puede ser medida con un cronómetro y tiene identificados sus puntos de principio y terminación.

Ensamble. Es la secuencia de varias operaciones teniendo como finalidad la unión de dos o más componentes en una sola unidad.

Estación de trabajo. Cada una de las unidades de producción en que está dividida una línea de ensamble.

Estudio de Tiempos y Movimientos. Es un procedimiento para desarrollar el método más eficiente para efectuar una cantidad específica de trabajo y determinar el tiempo necesario para efectuarlo.

Factor de Personal y Fatiga (P&F).- Un factor porcentual para incrementar el tiempo normal para proveer las necesidades personales y recuperación por la fatiga. Los valores elementales de tiempo normal son multiplicados por este factor para obtener minutos estándar.

Familia de productos. Es un conjunto de productos con características similares en cuanto a especificaciones y componentes.

Hora Estándar por 100 piezas o unidades. Es la unidad de tiempo que calculada para el trabajo requerido para producir 100 piezas o unidades.

Línea de ensamble. Es una secuencia de estaciones de trabajo en la que los operarios realizan a cada unidad la tarea asignada.

Minutos Normales. El promedio de minutos observados multiplicado por la eficiencia observada. Algunas veces llamado tiempo nivelado o normal.

Minutos Observados. Es el registro de los tiempos elementales de las lecturas con cronómetro, expresados en minutos decimales.

Minutos Estándar. Minutos normales multiplicados por un factor apropiado de personal y fatiga (P&F).

Operación. Es una secuencia de elementos de trabajo.

Piezas por Ciclo. La cantidad de unidades que son producidas o procesadas durante el espacio de un ciclo completo de una operación.

Productividad. Es la razón de lo producido comparado contra lo invertido, expresado como un porcentaje.

Secuencia de ensamble. Orden en que son realizadas las operaciones para completar un ensamble.

Tiempo Ciclo. Es el tiempo que transcurre entre la salida de un producto y la del siguiente. Es calculado dividiendo el tiempo total de un turno de trabajo entre la cantidad de unidades a producir durante el mismo.

Tiempo Estándar. La medición del tiempo establecido para una operación. Expresado en horas estándar por 100 piezas o unidades.

Tiempo Real. Medición del tiempo cuando al tiempo estándar se le aplica el factor de cobertura y eficiencia, expresado en minutos por pieza, y que se asigna a un operario para que realice su trabajo.

ANEXO 8.

FUENTES DE INFORMACIÓN.

BIBLIOGRAFÍA

"ASSEMBLY LINE BALANCING". Colin L. Moodie. Handbook of Industrial Engineering, Cap. 56. Pp. 1446 ss. Institute of Industrial Engineers- John Wiley & Sons, Inc. New York. 1992.

"LOTUS 1-2-3 RELEASE 2.1 USER'S MANUAL". Cap. 3 Macros. pp. 3.1-3.58. Lotus Software Co. 1987.

"USERS MANUAL FOR INTERACTIVE LINE BALANCING". John J. Bartholdi, III. School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. Atlanta, GA. 1991.

"EFFICIENT HEURISTIC FOR SOLVING STOCHASTICS ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEMS. Dooyoung Shin . Computers & Industrial Engineering, Vol. 18 No. 3. Pp 285-295. 1990.

KNOWLEDGE BASED METHOD FOR DESIGNING PRECEDENCE NETWORKS AND PERFORMING JOB ALLOCATION IN LINE BALANCING". Ray Arinze; Fariboz Partori. Computers & Industrial Engineering, Vol. 18 No. 3. Pp 351-362. 1990.

"MANUAL DEL CURSO 'BALANCEOS DE TRABAJO'". Jorge Montemayor. Industrias John Deere, S.A. de C.V. Saltillo, Coah. 1994.

OTRAS FUENTES

Se entrevistó a personal de las áreas de ing. de producción, manufactura, o proyectos en las siguientes empresas:

- Industrias John Deere, S.A. de C.V. Planta Saltillo. Saltillo, Coah.
- General Motors de México, S.A. de C.V. Complejo Ramos Arizpe. Ramos Arizpe, Coah.
- John Deere Dubuque Works. Dubuque, Iowa, EUA.
- John Deere Davenport Works. Davenport, Iowa, EUA.
- Deere & Company. Moline Illinois, EUA.
- Zetor a.s.. Brno, República Checa.

