



**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

---

---

**Facultad de Ingeniería**

**Colegio de Ingeniería Industrial**

**“PROPUESTA DE BALANCEO DE LA LÍNEA DE  
ENSAMBLE DE RODILLOS EN UNA EMPRESA  
DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE  
MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN”**

**T E S I S**

**PRESENTA:**

**Monica Rosas López      201434334**

**ASESOR:**

**Dr. Juvencio Roldán Rivas**



**BUAP**

Oficio No. SAC/1765/2021

**C. MÓNICA ROSAS LÓPEZ**  
**PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA**  
**INDUSTRIAL**  
**Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional en línea, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**"PROPUESTA DE BALANCEO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE RODILLOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN"**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor de tema al Dr. Juvencio Roldán Rivas.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**Atentamente**

**"Pensar bien, para vivir mejor"**

H. Puebla de Z. a 29 de septiembre de 2021

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director



M'ACGZ /barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director de la Facultad de Ingeniería  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
P r e s e n t e.

El que suscribe: Dr. Juvencio Roldán Rivas, asesor del tema de tesis:

**“PROPUESTA DE BALANCEO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE RODILLOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN”**

Presentada por la C. Mónica Rosas López, pasante del Colegio de Ingeniería Industrial, y en atención al oficio No. SAC/1765/2021 con fecha de emisión 29 de septiembre de 2021, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
H. Puebla de Z. a 30 de septiembre de 2021



**Dr. Juvencio Roldán Rivas**  
Asesor de Tema

D’JRR/BARV  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

# ÍNDICE

SÍNTESIS .....	10
CAPÍTULO 1  INTRODUCCIÓN .....	12
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	14
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.2.1 Objetivo general .....	16
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	17
1.4.1 Alcances.....	17
1.4.2 Limitaciones .....	17
1.5 MÉTODO .....	18
CAPÍTULO 2  MARCO TEÓRICO .....	19
2 LÍNEAS DE ENSAMBLE .....	20
2.1 BALANCEO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.....	21
2.2 HEIJUNKA.....	24
2.3 DISEÑO DEL TRABAJO.....	27
2.4 DISEÑO DEL AMBIENTE DE TRABAJO.....	29
2.5 DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS .....	31
2.6 ESTUDIO DE TIEMPOS .....	32
2.6.1 Deber del analista .....	34
2.6.2 Deber del supervisor.....	34
2.6.3 Deber del sindicato .....	35

2.6.4	Deber del operador .....	35
2.7	EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS.....	36
2.7.1	Cronómetro.....	36
2.7.2	Cámaras de videograbación.....	36
2.8	MÉTODO DE REGRESOS A CERO .....	37
2.9	MÉTODO CONTINUO .....	38
2.10	DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO.....	38
2.11	TIEMPO SUPLEMENTARIO.....	39
2.12	TIEMPO DE TACTO .....	41
2.13	DESCRIPCIÓN Y FORMULAS PARA EL BALANCEO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN .....	41
2.13.1	Tiempo estándar.....	41
2.13.2	Índice de producción.....	41
2.13.3	Tiempo de ciclo .....	42
2.13.4	Número de operadores .....	42
2.13.5	Eficiencia .....	42
CAPÍTULO 3  SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....		43
3	SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	44
3.1	ESTACIONES DE TRABAJO.....	45
3.2	TOMA DE TIEMPOS .....	49
3.3	MODELO A .....	51
3.3.1	Tiempos por estación.....	61
3.3.2	Tiempos por estación (operación y actividades NVA).....	61
3.4	MODELO B.....	64
3.4.1	Tiempos por estación.....	70

3.4.2	Tiempos por estación (operación y actividades NVA).....	70
3.5	DEMANDA ACTUAL.....	72
3.6	PRECIO POR EQUIPO.....	74
CAPÍTULO 4  PROPUESTA DE BALANCEO.....		75
4	PROPUESTA .....	76
4.1	NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	77
4.2	BALANCEO DE LINEA DE ENSAMBLE DE RODILLOS .....	79
4.2.1	Lista de operaciones ejecutadas por estación y su precedencia modelo A.....	79
4.2.2	Lista de operaciones ejecutadas por estación y su precedencia modelo B.....	88
4.2.3	Tiempo suplementario .....	92
4.2.4	Tiempo estándar .....	93
4.2.5	Tiempo ciclo.....	93
4.2.6	Número de operadores.....	94
4.2.7	Asignación de operaciones por estación.....	95
4.2.7.1	Modelo A.....	95
4.2.7.2	Modelo B .....	106
4.2.8	Eficiencia.....	111
4.3	RESUMEN DE TIEMPOS DE ENSAMBLE.....	112
4.4	ESTACIONES DE TRABAJO.....	113
CAPÍTULO 5  CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		116
5	CONCLUSIONES.....	117
5.1	RECOMENDACIONES.....	119
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos en SAP de los modelos A y B.....	49
Tabla 2. Estación 1 - Diagrama de flujo del modelo A .....	53
Tabla 3. Estación 2 - Diagrama de flujo del modelo A .....	55
Tabla 4. Estación 3 - Diagrama de flujo del modelo A .....	57
Tabla 5. Estación 4 - Diagrama de flujo del modelo A .....	59
Tabla 6. Estación 5 - Diagrama de flujo del modelo A .....	60
Tabla 7. Tiempos por estación del modelo A .....	61
Tabla 8. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA.....	62
Tabla 9. Estación 1 - Diagrama de flujo del modelo B.....	65
Tabla 10. Estación 2 - Diagrama de flujo del modelo B.....	66
Tabla 11. Estación 3 - Diagrama de flujo del modelo B.....	67
Tabla 12. Estación 4 - Diagrama de flujo del modelo B.....	68
Tabla 13. Estación 5 - Diagrama de flujo del modelo B.....	69
Tabla 14. Tiempos por estación del modelo B .....	70
Tabla 15. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA.....	70
Tabla 16. Demanda anual 2020 .....	72
Tabla 17. Precio por equipo.....	74
Tabla 18. Demanda del modelo A del año 2019 y 2020.....	78
Tabla 19. Demanda del modelo B del año 2019 y 2020.....	78
Tabla 20. E1. Operaciones y precedencia – Modelo A .....	80
Tabla 21. E2. Operaciones y precedencia – Modelo A .....	82
Tabla 22. E3. Operaciones y precedencia – Modelo A .....	84
Tabla 23. E4. Operaciones y precedencia – Modelo A .....	86

Tabla 24. E5. Operaciones y precedencia – Modelo A .....	87
Tabla 25. E1. Operaciones y precedencia – Modelo B.....	88
Tabla 26. E2. Operaciones y precedencia – Modelo B.....	89
Tabla 27. E3. Operaciones y precedencia – Modelo B.....	90
Tabla 28. E4. Operaciones y precedencia – Modelo B.....	91
Tabla 29. E5. Operaciones y precedencia – Modelo B.....	91
Tabla 30. Suplementos considerados para balanceo.....	92
Tabla 31. Tiempo suplementario .....	93
Tabla 32. Balanceo - Estación 1 - Modelo A.....	96
Tabla 33. Balanceo - Estación 2 - Modelo A.....	99
Tabla 34. Balanceo - Estación 3 - Modelo A.....	101
Tabla 35. Balanceo - Estación 4 - Modelo A.....	104
Tabla 36. Balanceo - Estación 1 - Modelo B.....	107
Tabla 37. Balanceo - Estación 2 - Modelo B.....	108
Tabla 38. Balanceo - Estación 3 - Modelo B.....	108
Tabla 39. Balanceo - Estación 4 - Modelo B.....	109
Tabla 40. Tiempo SAP vs Tiempo Real .....	112
Tabla 41. \$ Perdida al año .....	112



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA .....	62
Gráfica 2. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA .....	71
Gráfica 3. Demanda anual 2020 .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de suplementos por descanso.....	40
Figura 2. Lay Out actual Planta 2 .....	44
Figuras 3 - 6. 5´s no implementadas en línea de ensamble.....	46
Figuras 7 - 10. Condiciones de diseño del trabajo no optimas. ....	47
Figuras 11 - 14. Sobre inventario en la línea de ensamble. ....	48
Figura 15. Modelo A.....	51
Figura 16. Modelo B .....	64
Figura 17. Modelo A – Inicio del ensamble .....	105
Figura 18. Modelo A – Mitad del ensamble .....	105
Figura 19. Modelo A – Final del ensamble .....	105
Figura 20. Modelo B – Inicio del ensamble.....	110
Figura 21. Modelo B – Mitad del ensamble .....	110
Figura 22. Modelo B – Final del ensamble.....	110
Figura 23 - 24. Estación previa a la implementación de 5´s.....	114
Figura 25 - 26. Implementación de 5´s .....	115

## SÍNTESIS

El balanceo de líneas tiene como fin garantizar un flujo continuo y uniforme, asignando operaciones en estaciones de trabajo, de tal forma que se designen correctamente los recursos al proceso de fabricación, minimicen los costos, se conserve la calidad y que los tiempos estén equilibrados. Generalmente una línea de ensamble tiene un sistema de transporte automático.

Todos los propósitos planteados anteriormente son un problema de los sistemas de producción, en el cual, el balanceo de líneas busca contribuir.

La presente tesis tiene como finalidad conocer técnicas de métodos y tiempos para llevar a cabo un balanceo de líneas de ensamble, así como, conocer los beneficios de su aplicación. La investigación se realizó en una empresa dedicada a la fabricación de maquinaria para la construcción específicamente en las líneas de ensamble de rodillos de los modelos A y B.

Como toda empresa de fabricación pueden llegarse a presentar problemas en su producción. Uno de los problemas que tiene la empresa es el tiempo que tardan en ensamblar los modelos A y B, donde se producen altos costos, cuellos de botella, pérdida de consumibles directos e indirectos, tiempos de ocio por parte de los operadores y traspaleos. El área de ensamble trabaja con una baja eficiencia en efectuar su producción por desconocer el orden correcto de operaciones.

La tesis está compuesta por cinco capítulos que se detallan a continuación:

En el capítulo 1, se presenta la introducción donde se plantea el problema de la investigación, el porque es importante que se aplique un balanceo de líneas en dicha empresa y el método a usar.

En el capítulo 2, se llevó a cabo una búsqueda y revisión bibliográfica sobre conceptos que conllevan la aplicación correcta de un balanceo de líneas.

En el capítulo 3, se presenta la situación actual de la empresa en cuanto a sus estaciones de trabajo y la división de operaciones en cada una de ellas aplicando técnicas de métodos y tiempos, así como, la demanda actual y precio por cada modelo de rodillos.

En el capítulo 4, se plantea la propuesta de balanceo de la línea de ensamble de rodillos: las listas de operaciones ejecutadas por estación y su precedencia, la asignación de tiempo suplementario, tiempo estándar, tiempo de ciclo, número de operadores por cada estación, la asignación de operaciones y la eficiencia de la línea. También un breve resumen de los tiempos de ensamble y el antes y después de las estaciones de trabajo.

Finalmente, en el capítulo 5 se plantean conclusiones y recomendaciones sugeridas para actividades posteriores a la implementación del balanceo de la línea de rodillos. En un apartado más las referencias bibliográficas.

# CAPÍTULO 1 | INTRODUCCIÓN

## 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En una empresa dedicada a la fabricación de maquinaria para la construcción, la línea de ensamble de rodillos no está estandarizada; no hay una toma de tiempos desde el año 2000, no hay Hojas de Operación Estándar (HOE), hay cuellos de botella, pérdida de consumibles directos e indirectos, altos costos en la producción, tiempos de ocio por parte de los operadores y traspaleos. La línea de ensamble de rodillos no cumple con las 5'S, por tanto, hay un desorden total.

La línea de ensamble de rodillos actualmente cuenta con cinco estaciones y cinco operadores con un solo turno de 9 horas efectivas. En la línea se ensamblan dos equipos diferentes el modelo A y modelo B, ambos equipos de compactación.

Los operadores ensamblan en el orden en el que se han acostumbrado, por ende, unos tienen más carga en operaciones que otros, esto conlleva a los cuellos de botella y tiempos de ocio, ya que acuden más de media hora al sanitario, conversan con sus demás compañeros y permanecen de pie en sus estaciones por periodos largos.

El área de ensamble trabaja con una baja eficiencia en efectuar su producción por desconocer el orden correcto de operaciones. Si bien lo hacen en el tiempo programado, no utilizan un control de balanceo de la línea, donde puedan controlar los movimientos de cada modelo, obteniendo un costo elevado de mano de obra y consumibles directos e indirectos.

La última toma de tiempos de la línea de ensamble de rodillos se hizo en el año 2000 para tener un registro en el Systeme Anwendungen und Produkte (SAP), de manera que, los tiempos de ensamble de los modelos A y B no están actualizados y a la vez por encima de lo esperado, lo cual se refleja en cálculo de costos superiores a lo actual.

El traspaleo del material es debido a que almacén surte en sus propios carritos y la línea de ensamble no tiene los suyos, solo tiene racks donde se acomoda su material, pero estos racks no se dan abasto. Por consiguiente, se quiere balancear la línea para mejorar la productividad.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN

La presente tesis se elaborará con el propósito de servir de guía para el balanceo de cualquier línea de producción de la empresa o sin importar el giro de la empresa.

Como sabemos, el objetivo de toda empresa es conseguir maximizar la productividad con un número mínimo de recursos. A partir de la perspectiva del balanceo de línea, esto se consigue cumpliendo con la capacidad de producción deseada, con un número mínimo de recursos.

Con la presente investigación se pretende que, mediante el balanceo de la línea de ensamble, se resuelvan los problemas rápidamente que hoy en día la empresa tiene en cuanto a la capacidad de producción, a la toma de tiempos para actualizar la información en SAP, tiempos de ocio, costos de producción y traspaleos que afectan la productividad. Por lo que, esta investigación propiciará un soporte para tomar mejores decisiones en los requerimientos de tiempos balanceados de las estaciones de trabajo de la línea de ensamble de rodillos.

La propuesta de balanceo de la línea de ensamble de rodillos permitirá reducir costos de fabricación e incrementar los beneficios económicos en la empresa al producir más con la menor cantidad de recursos o producir lo mismo con un menor costo, por lo tanto, se logrará ofrecer un precio menor en comparación a la competencia logrando un equilibrio competitivo.

Así mismo esta investigación reducirá las pérdidas económicas generadas por el descontento de entrega de pedidos de producción de sus clientes mediante la herramienta Heijunka. El descontento es debido a que, al no estar balanceada la línea de ensamble de rodillos, los modelos de compactación A y B no salen en fechas establecidas en la planeación del mes.

De igual modo la eficiencia de la línea de ensamble de rodillos mejorará al balancear la línea y al tener un control de la producción y un buen manejo de su productividad, la empresa

podrá ser competitiva en el mercado, por lo tanto, se llevará un control adecuado en la empresa.

Además, se pretende que los operadores tengan una menor carga mental y física, que, por consecuente, implicaría un mejor desempeño por parte de ellos.

Para esto cuando se haya balanceado la línea de ensamble de rodillos se nivelarán operaciones y se les colocaran Hojas de Operación Estándar (HOE) o ayudas visuales que proporcionarán la información necesaria para que el ensamble sea fácil de ejecutar y rápido.

Incluso otros podrían ser los beneficiados, si llega un operador a la línea y no es de esa área, las Hojas de Operación Estándar (HOE) le sirvan de apoyo en cuanto a su curva de aprendizaje. De esta forma la línea de ensamble de rodillos no pierde tiempo con la implementación de enseñanza poniendo a otro operador a explicarle.

Al balancear la línea de ensamble de rodillos, se establecerá el tiempo estándar y el tiempo de ciclo, la línea estará trabajando con el número adecuado de operadores, se trabajará a un ritmo constante y se surtirá el material necesario de los modelos A y B que puedan ensamblarse por jornada laboral.

## 1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1 *Objetivo general*

Balancear la línea de ensamble de rodillos de los modelos A y B mediante la aplicación de técnicas de métodos y tiempos, con la finalidad de alcanzar la meta de producción, mejorar la eficiencia de la línea de ensamble y reducir costos de producción; estableciendo la cantidad necesaria de operadores e igualando actividades.

### 1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Mejorar el orden en la línea de producción mediante un flujo continuo para establecer una mejora en la eficiencia del proceso.
- Establecer el tiempo de estándar y de ciclo mediante técnicas de métodos para determinar una meta de producción.
- Determinar la cantidad de material necesario a través de un análisis para poder ensamblar modelos A y B.
- Reducir los tiempos muertos dentro de la línea de ensamble de rodillos por medio del balanceo de líneas para mejorar en un 30%.
- Reducir los costos de producción del modelo A y modelo B con apoyo de técnicas de métodos y tiempos para lograr la meta de un 20%.

## 1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cómo estandarizar la línea de ensamble de rodillos sin afectar la producción de los próximos meses?
2. ¿En qué forma habrá mejorado la producción de la línea de rodillos con el balanceo de la línea?
3. ¿Cuál es el número de operadores en la línea de ensamble de rodillos que optimiza la eficiencia de la línea?



4. ¿Los costos de producción del modelo A y modelo B disminuirán con el balanceo de la línea?

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### ***1.4.1 Alcances***

El alcance de la presente propuesta de balanceo de la línea de ensamble de rodillos será implementado en el modelo A y modelo B, y que sirva de guía para las demás líneas de la organización.

### ***1.4.2 Limitaciones***

- Falta de información en cuanto a la toma de tiempos de la línea de ensamble de rodillos, la última toma se hizo en el año 2000.
- No tengo acceso a los costos de producción de la organización.
- Mi tiempo de estadía en la empresa terminó, así que si requiero de información no tendré acceso a ella.

## 1.5 MÉTODO

El método a implementar para balancear la línea de ensamble de rodillos de los modelos A y B será mediante la aplicación de técnicas de métodos y tiempos.

En el estudio de métodos se hará un registro crítico y riguroso de las operaciones realizadas con la finalidad de efectuar mejoras en la línea.

Para el estudio de tiempos se llevará a cabo la aplicación de técnicas para poder determinar el tiempo de cada operación realizada por el operador, máquina o dependiendo el método establecido en la línea.

1. Identificar y listar las operaciones ejecutadas en el proceso de producción (por estación).
2. Determinar la precedencia de cada operación.
3. Tiempo necesario de cada operación (con cronómetro digital).
4. Asignar tiempos suplementarios a la línea.
5. Calcular tiempo estándar.
6. Calcular el tiempo de ciclo.
7. Establecer el tiempo de tacto.
8. Asignar las operaciones a cada estación.
9. Calcular el número de operadores.
10. Evaluar la eficiencia de balanceo de línea.
11. Rebalancear de ser necesario.

# CAPÍTULO 2 | MARCO TEÓRICO

## 2 LÍNEAS DE ENSAMBLE

El término línea de ensamble se refiere a un ensamble progresivo que está ligado por algún tipo de aparato que maneja los materiales. El supuesto común es que los pasos siguen alguna forma de ritmo y que el tiempo permitido para el procesamiento es el mismo en todas las estaciones de trabajo (Chase et al., 2009, p. 251).

La descripción anterior hace mención de que hay disimilitud entre líneas de ensamble; en cuanto aparatos que manejan materiales se refiere a bandas o rodillos transportadores, grúa aérea, etc.

Las líneas de ensamble son una parte esencial de empresas manufactureras donde se lleva a cabo el ensamblaje de productos constituidos por varias piezas, además de que requieren de un operador dedicado en cada estación de trabajo por sus múltiples estaciones hasta que se complete. El operador tiene la posibilidad de estar sentado, parado, caminar con la línea o trasladarse simultáneamente que la línea, estas pueden ser manuales o automáticas. Por mejor decir, las operaciones se realizan de estación de trabajo a estación de trabajo secuencialmente y el producto es idéntico o muy similar, por tanto, se tiene una mayor facilidad para cumplir con lo que los clientes demandan. Cuando la demanda por el producto es alta o media son estos factores los que promueven la utilización de líneas de ensamble.

Muchos componentes de antemano manufacturados son recabados en las líneas de ensamble, algunos internamente y otros obtenidos de forma externa. Indistintamente sea el caso, deben almacenarse o producirse en las cantidades correctas para no manejar sobre inventarios, ni parar el flujo de producción y ensamble.

GIEICOM (2015) concluye que: “La optimización de las líneas de ensamble se traduce en productividad y en un ahorro significativo de tiempo y costos de producción, además de garantizar elevados y estables niveles de calidad”.

## 2.1 BALANCEO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

El balanceo de línea es el análisis de las líneas de producción que divide por igual el trabajo a realizarse entre estaciones de trabajo, de forma que sea mínima la cantidad de estaciones de trabajo requeridas en la línea de producción (Gaither & Frazier, 2003, p. 284).

Es decir, la finalidad de un balanceo de línea es equilibrar la carga de trabajo en todas las estaciones de la línea.

Cuando se tiene una línea de producción balanceada hay ciertas variables que afectan la productividad del proceso las cuales deben optimizarse, tales como:

- El inventario del producto en proceso de fabricación
- Los tiempos de fabricación

La implementación del balanceo de una línea de producción precisa de una serie de datos, aplicación teórica, recursos e incluso altas inversiones económicas. Es importante considerar las condiciones que puedan limitar la aplicación de un balanceo de línea, puesto que no siempre se justifica su aplicación en el proceso.

Las condiciones son las siguientes: asegurar un aprovisionamiento continuo de materiales, piezas y herramientas. Así como una estrategia de mantenimiento que reduzca las fallas en los equipos usados en el proceso para poder asignar operaciones por igual a cada operador en cuanto a tiempo productivo.

Hay tres tipos de balanceo de línea; el tradicional, el de peso posicional y el heurístico, a continuación, se explica brevemente cada uno (Rivera, 2019).

**Tradicional**, en este método se toma el tiempo de la estación más tardada que marcará el tiempo de ciclo por estación para la realización del balanceo de la línea.

**Peso posicional**, se ordenan las operaciones sucesivamente una vez estimado el tiempo posicional de manera que las de mayor tiempo sean las primeras estaciones y que ninguna estación sobre pase el tiempo de ciclo.

**Heurístico**, este método proporciona un equilibrio entre productividad y el bienestar del operador y se realiza con la cantidad de estaciones u operadores que se tengan para hacer el balance de la línea.

El método Tradicional diseña estaciones de trabajo a partir de la operación más tardada, ninguna estación debe rebasar el tiempo de la operación más tardada, es decir, consiste en un balanceo. El método de Peso Posicional asigna tareas de acuerdo a su peso y se obtiene de la sumatoria de las operaciones secuenciales cuidando de no exceder el tiempo de ciclo ni infringir las precedencias. Pretende que todas las estaciones de la línea tengan la misma carga de trabajo con el fin de minimizar los tiempos de ocio y el método Heurístico labora con las condiciones con las que se cuentan, por ejemplo, el número de operadores disponibles en la línea.

Procedimiento de balanceo de líneas de producción:

1. Identificar y listar las operaciones ejecutadas en el proceso de producción (por estación).
2. Determinar la precedencia de cada operación.
3. Realizar un diagrama de precedencia.
4. Tiempo necesario de cada operación (con cronómetro digital).
5. Asignar tiempos suplementarios a la línea.
6. Calcular tiempo estándar.
7. Calcular el tiempo de ciclo.
8. Establecer el tiempo de tacto.

9. Asignar las operaciones a cada estación.
10. Calcular el número de operadores.
11. Evaluar la eficiencia de balanceo de línea.
12. Rebalancear de ser necesario

Se han diseñado las líneas de ensamble para minimizar el tiempo de inactividad de los operadores, pero se ha dejado en el trasfondo al ser consideradas menos importantes la utilización de equipo e instalaciones con la intención de tener más variación en las estaciones de trabajo (como el número de operadores y el tamaño), más confiabilidad (por medio de un mantenimiento preventivo de rutina) y un producto de mayor calidad.

## 2.2 HEIJUNKA

Heijunka es una de las técnicas más importantes que forma parte de la implementación de manufactura esbelta, y que conlleva cierta responsabilidad con la filosofía Justo a tiempo – JIT.

Salazar (2019) refiere que el fin de esta técnica es nivelar el flujo del producto conforme al comportamiento real de la demanda y que la nivelación se hará en el flujo de producción, esto es, el ritmo, no en la capacidad de producción, teniendo en cuenta que, si se opera sin órdenes de pedido en pie u operando al máximo de la capacidad, se genera una sobreproducción con los siguientes efectos como resultado:

- Inventario de producto en proceso excedente
- Inventario de producto terminado excedente
- Costos altos de oportunidad

Heijunka (hi-JUNE-kuh) es una palabra japonesa que significa “nivelar”. Es parte de la metodología Lean de mejora de procesos y es una técnica pensada para planificar y nivelar la demanda de los clientes en volumen y variedad en un periodo de tiempo, reduciendo los desperdicios en los procesos de producción (“Nivelar la producción mediante Heijunka”, 2020).

Esta técnica evita la producción en lotes, a la vez que, satisface la demanda de los clientes de manera eficiente, dando como resultado un inventario mínimo, bajos costos y menores tiempos de entrega.

El procesamiento por lotes es la manera más clara de entender cómo funciona la técnica Heijunka, ha sido un método generalmente utilizado para organizar el proceso de fabricación desde la invención de la producción en masa. Se crean grandes lotes de productos sin tener en cuenta la variabilidad de la demanda de los clientes. Es decir, todo lo que el cliente no compra de inmediato se coloca en el inventario, teniendo como repercusión que el costo de los bienes no vendidos en inventario disminuye la rentabilidad.



Nivelar la producción mediante Heijunka (2020) hace mención que hace algunos años Toyota llegó a la conclusión de que la producción en lotes es ineficiente. Observaron que ninguna operación comercial logra responder por completo a la demanda variable de los clientes sin tener desperdicios, así que introdujeron el concepto de Heijunka como parte de los cimientos del sistema de producción de Toyota.

Para la implementación de la técnica Heijunka es necesario el uso de ciertas herramientas que en conjunto permiten obtener un sistema de producción de flujo continuo y nivelado a partir de la demanda real.

- Aplicación de células de trabajo
- Flujo continuo pieza por pieza
- Producción ajustada al tiempo tacto
- Nivelación de la cantidad de producción.

Heijunka es una técnica que alude las ineficiencias de fabricación en lotes grandes al hacer que el proceso de producción esté conforme a la demanda de los clientes. Algunos de los beneficios de implementar correctamente Heijunka son los siguientes:

- Minimiza la sobreproducción.
- Implementa completamente el sistema pull.
- Reduce el inventario de producto en proceso y producto terminado.
- Reduce los costos de oportunidad.

De ser necesario se ajustará la producción lo más cerca posible a la demanda del cliente. Cuando la empresa produce por completo los diferentes tipos de productos y preserva un pequeño inventario a lo largo de un año, existe una mayor flexibilidad para satisfacer los cambios de demanda de los clientes.

Liker (2006) destaca que para lograr los beneficios lean del flujo continuo se necesita el principio 4: nivelar la carga de trabajo (Heijunka). Y al igual que es importante eliminar la muda lo es el eliminar el muri y suavizar el mura.

Conseguir un flujo continuo y la producción de pequeños lotes a un ritmo específico es el secreto del buen funcionamiento del Heijunka, y del sistema Justo a tiempo – JIT.

En pocas palabras, la técnica Heijunka es una labor, que, si bien es ardua, brinda muchos beneficios con relación a la demanda del cliente, además de que permite trabajar con una producción continua y de una manera eficiente, sin despilfarrar recursos.

Heijunka forma parte de un ciclo de mejoramiento continuo y el implementarlo puede durar entre 4 y 6 meses.

## 2.3 DISEÑO DEL TRABAJO

Niebel & Freivalds (2009) refieren que el diseño del trabajo manual fue dosificado por los Gilbreth mediante el estudio de movimientos y los principios de la economía de movimientos, más tarde, de manera científica, por especialistas en factores humanos en aplicaciones militares. Desde siempre, los principios se han dividido en tres subdivisiones básicas:

- 1) La utilización del cuerpo humano
- 2) Las condiciones del lugar de trabajo
- 3) El diseño de equipo y herramientas.

Algo crucial, es que los principios están fundados en principios anatómicos, biomecánicos y psicológicos conocidos del cuerpo humano y forman la base científica de la ergonomía y el diseño del trabajo.

El diseño del lugar de trabajo, el ambiente de trabajo, el equipo y las herramientas con la finalidad de adecuarlos al operador se llama ergonomía. Diseñar un buen lugar de trabajo logra una mayor producción y eficiencia operativa y reduce la cantidad de lesiones que sufren los operadores durante su jornada laboral.

Recomendaciones para el diseño del trabajo de acuerdo con capacidades y limitaciones del ser humano:

- Utilizar movimientos dinámicos (no mantenerse estático).
- Evitar movimientos extremos.
- Evitar los giros.
- Utilizar los ciclos breves de descanso.

Diversos factores conllevan a un efecto significativo en la productividad y el bienestar del operador de una estación de trabajo. Debe aplicarse la tecnología ergonómica más actual al equipo que se utiliza en el área de trabajo, así como a las condiciones generales que lo rodean. También, debe proporcionarse una flexibilidad adecuada al área donde está el equipo y al ambiente de la estación de trabajo, de forma que se puedan satisfacer los diversos factores respecto a fuerza, altura, alcance, tiempo de reflejos, etc., del operador.

Al igual que existen variaciones diversas en cuanto a altura y tamaño de la fuerza de trabajo, existen variaciones iguales o mayores de su capacidad visual, para sentir, habilidad para oír y destreza manual. La mayoría de las estaciones de trabajo pueden mejorarse realizando un análisis del lugar de trabajo.

La implementación de aspectos ergonómicos y de la ingeniería de métodos dará como resultado, ambientes de trabajo competitivos y más eficientes, que mejorarán el bienestar de los trabajadores, la calidad del producto y el prestigio de la organización al cuidar de sus empleados.

## 2.4 DISEÑO DEL AMBIENTE DE TRABAJO

Las organizaciones deben proporcionar condiciones de trabajo que sean buenas, seguras y cómodas para sus trabajadores. Las organizaciones con buenas condiciones en su área de trabajo rinden mucho más que las que carecen de estas.

Para muchas organizaciones la inversión para un buen ambiente de trabajo es ostentoso, pero desde el punto de vista económico, el retorno de la inversión en un ambiente de trabajo mejorado es significativo. Además, se obtienen ciertos beneficios los cuales son: incremento de la producción, las condiciones de trabajo ideales mejoran los problemas que puedan existir en la organización, es decir, disminuyen las inasistencias de los operadores, el número de trabajadores que llegan tarde y la rotación de personal eleva la moral de los empleados (Niebel & Freivalds, 2009).

Recomendaciones para el diseño de un buen ambiente de trabajo:

- Controlar el estrés producido por el calor en el área de trabajo mediante la ventilación.
- Proporcionar movimiento de aire exterior en las áreas de mucho calor.
- Humedecer los mangos de las herramientas con la finalidad de reducir la vibración.
- Proporcionar una buena iluminación en el área de trabajo y evitar el reflejo durante la operación.

García (2005) plantea que un ambiente de trabajo adecuado no sólo es importante desde el punto de vista del incremento de la productividad y seguridad de los trabajadores, sino también para promover la moral de los trabajadores y, como resultado, reducir las faltas laborales y la rotación del personal. A pesar de que gran cantidad de estos factores pueden parecer intangibles, estudios científicos han demostrado los beneficios de una iluminación mejorada, la reducción del estrés provocado por el calor y el ruido y una mejor ventilación.

Una buena visibilidad depende directamente de la iluminación que se proporcione al área de trabajo, pero también puede verse afectada por el ángulo de visión del objetivo que se observa y el contraste que tenga de fondo el objetivo.

Puede mejorarse la visibilidad de la operación a través de varias formas y el incremento de la intensidad de la fuente luminosa no significa que se tenga una buena visibilidad.

Los largos periodos de exposición al ruido pueden provocar la pérdida de la capacidad auditiva y, en definitiva, son molestos, pero no afectan directamente la productividad. Aunque la utilización de protección auditiva podría parecer la forma más sencilla de solucionar la molestia y reducir la pérdida de capacidad auditiva, requiere de una motivación y obligación continua por parte de los operadores.

De igual manera, el efecto del clima en la productividad es muy variable y está en función de la motivación personal. Un clima confortable depende de la cantidad y la velocidad de intercambio de aire, de la temperatura y de la humedad que transcurra en el área.

En climas cálidos, el clima se controla de una manera más fácil a través de una ventilación adecuada (el aire acondicionado es más eficiente, pero es más costoso así que opta por ventiladores). En climas fríos, el uso de ropa apropiada es una solución por parte de los operadores.

## 2.5 DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS

García (2005) refiere que la distribución de planta es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios demandados para el movimiento de materiales y su almacenaje, aparte de conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta.

La finalidad de una distribución de planta bien instalada es disminuir los costos de fabricación como efecto de las siguientes mejoras: reducción de riesgos para la salud, aumento de la seguridad, de la moral y satisfacción del trabajador, incremento de la producción, disminución de los retrasos en la producción, optimización del empleo de espacio para las distintas áreas de la planta, reducción traspaleo de materiales y maximización de la utilización de maquinaria, mano de obra y servicios.

Al reducirse el congestionamiento de materiales en la línea se tiene una supervisión más fácil y eficaz del área, la reducción de su riesgo y el aumento de su calidad, tal como una mayor facilidad de adaptación a los cambios requeridos.

Las razones que destacan para realizar un estudio de distribución de planta se describen a continuación:

- Adición de un nuevo producto. Es decir, si el producto es similar al de la línea actual, simplemente se asignaría al operador nuevas herramientas para el equipo y más sitio para el almacenamiento. Si el producto es diferente puede ser razón suficiente para una nueva instalación de línea de producción, departamento o planta.
- Cambio en la demanda del producto.
- Sustitución de un equipo adecuado.
- Reducción de costos.

## 2.6 ESTUDIO DE TIEMPOS

Años atrás, los analistas confiaban más en las estimaciones para establecer estándares. No obstante, la experiencia en el área laboral ha demostrado que ninguna persona puede establecer estándares consistentes y justos sólo con ver el trabajo una sola vez y juzgar el tiempo requerido para terminarlo.

Los estándares de producción se basan en los registros de operaciones similares, realizados anteriormente, es decir, con el método de registros históricos. Los trabajadores como parte de su rutina diaria perforan una tarjeta en un reloj o dispositivo digital recolector de datos, en cuanto se inicia un nuevo trabajo y después de terminar el trabajo. Lo que indica esta técnica es cuánto tiempo tomó en realidad realizar la operación, pero no cuánto debió haber tardado. Algunas operaciones incluyen retrasos personales en un nivel mayor de lo que deben, en tanto que, otros no incluyen proporciones adecuadas de tiempos de retraso (Niebel & Freivalds, 2009).

Existe una gran variedad de técnicas de medición del trabajo, como lo son: un estudio de tiempos, sistemas de tiempo predeterminado, datos estándar, estudios de muestreo del trabajo es una manera más certera de establecer estándares de producción justos.

Con estas técnicas, el empleo de estándares de tiempo permitido para realizar una operación determinada se fundamenta con los suplementos por fatiga y por retrasos personales e inevitables.

Es posible incrementar la eficiencia del equipo y del personal cuando se fijan correctamente los estándares de tiempo, por otra parte, si los estándares están mal fijados, conlleva costos altos, los trabajadores presentan inconformidades y posiblemente fallas en toda la organización. Aunque es mejor tener a no tener. Esto conlleva a la diferencia entre el éxito y el fracaso de la organización.



### Recomendaciones sobre el estudio de tiempos:

- Uso de indicadores visuales para dividir las operaciones.
- Utilizar el estudio de tiempos para establecer estándares de tiempo.
- Utilizar tiempos continuos para tener un registro completo de tiempos.
- Emplear la técnica de regreso a cero para prevenir errores de oficina.
- Ejecutar una verificación de tiempos para confirmar la validez del estudio de tiempos.

Previamente a la realización de un estudio de tiempos, se deben cumplir ciertos requerimientos fundamentales. Si se solicita el tiempo estándar de una nueva operación, o de una operación remota en el que el método o parte de esta se ha alterado, antes de ejecutar la operación el operador debe conocer la nueva técnica.

Por otro lado, el método a emplear tiene que estandarizarse en todos los puntos en que se use previamente al inicio del estudio. De no hacerlo, se convertirán en una fuente continua de desconfianza, fricciones internas y tendrán poco valor.

Como plantean Niebel & Freivalds (2009), los analistas tienen el deber de decirle al representante del sindicato, al supervisor del departamento y al operador seleccionado que se llevara a cabo un estudio de su trabajo. Cada una de las partes involucradas debe realizar las indicaciones señaladas para permitir un estudio sin contratiempos y coordinado.

El operador debe estar familiarizado con todos los detalles de la operación. El supervisor tiene que verificar el método para asegurar que se cumpla con todo lo establecido durante la toma de tiempos. Al igual debe asegurarse de la cantidad de material disponible para que no se presenten faltantes durante el estudio.

El representante del sindicato tiene que asegurarse que sólo se elijan operadores capacitados y competentes, debe explicar por qué se realiza el estudio y responder a toda pregunta pertinente que surja por parte del operador.

A continuación, se detallan los deberes de cada una de las partes involucradas en un estudio de tiempos.

### ***2.6.1 Deber del analista***

En primer lugar, se encuentra el analista del estudio de tiempos este debe estar seguro de que se emplea el método correcto, asentar los tiempos tomados con mucha precisión, evaluar con honestidad el desempeño del operador y abstenerse de hacer alguna crítica a su trabajo.

El trabajo del analista debe ser totalmente confiable y exacto. Las imprecisiones y las malas críticas no sólo afectan al operador, sino que también pueden dar como resultado la pérdida de la confianza del operador y el representante del sindicato.

El analista en todo momento debe usar un buen juicio con el operador a lo largo del estudio de tiempos, incluso ser paciente y entusiasta.

### ***2.6.2 Deber del supervisor***

En segundo lugar, se encuentra el supervisor, él tiene que notificar por anticipado al operador que se estudiará su trabajo asignado. Conjuntamente, tiene que verificar que se emplee el método establecido y que el operador seleccionado durante la toma de tiempos tenga la experiencia adecuada en el trabajo a realizar, además de ser competente.

Un aspecto importante para considerar en el estudio de tiempos es que el analista a cargo tenga cierto conocimiento del área de trabajo donde realiza el estudio, sin embargo, no se espera que el analista conozca todas las especificaciones y operaciones. Por ende, el supervisor debe verificar que las herramientas cumplan con su función.

Asimismo, verificar que el operador seleccionado sigue al pie de la letra el método propuesto e implementar capacitaciones de manera continua a sus trabajadores para que perfeccionen el método propuesto.

### ***2.6.3 Deber del sindicato***

En tercer lugar, tenemos al sindicato que debe infundir a los operadores todos los principios, teorías y necesidad económica de la implementación de un estudio de tiempos.

No se puede esperar una respuesta positiva por parte de los operadores en cuanto al estudio de tiempos si no tienen algún tipo de conocimiento sobre éste. Por tal razón, el representante del sindicato tiene que verificar que se incluya un registro completo de las condiciones de trabajo durante el estudio de tiempos, es decir, del método a trabajar y de la distribución de la estación de trabajo.

Asimismo, debe alentar al operador para que no se resiste y coopere con el analista del estudio de tiempos. En muchas ocasiones se presenta resistencia por parte de los operadores para realizar la toma de tiempos porque creen que los presionaran para trabajar más rápido, es por eso la importancia de que tengan conocimiento sobre los beneficios de la implementación del estudio.

### ***2.6.4 Deber del operador***

Por último, todo empleado debe estar suficientemente interesado en el bienestar de la organización y apoyar las prácticas y procedimientos que se implementen para eliminar las fallas que pudieran tener.

Al ser el operador el más familiarizado con el trabajo este puede hacer contribuciones importantes a la organización para establecer métodos ideales. Por ejemplo, puede ayudar al analista a dividir las operaciones de una manera precedente, lo que asegurara que no se escape ningún detalle.

Pero para que el estudio sea lo más certero en cuanto a resultados el operador debe trabajar a un paso normal y estable durante la realización de la operación, no introducir movimientos ajenos a la operación. En muchas ocasiones el operador cambio el paso de trabajo y realiza actividades que no aportan ningún valor a la operación.

## 2.7 EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS

El equipo requerido para realizar un estudio de tiempos incluye un cronómetro, un formato de estudio de tiempos y un equipo de videograbación, este es un apoyo a futuro.

### 2.7.1 *Cronómetro*

“La palabra cronómetro proviene de la mitología griega, el nombre se le dio por el Dios griego Cronos que era el Dios del tiempo. Es un reloj o una función de reloj que sirve para medir fracciones de tiempo, normalmente cortos y con exactitud” (Jiménez, s.f, p. 12).

En la actualidad se usan dos tipos de cronómetros, se clasifican de la siguiente manera:  
Tipo I: Los digitales que usan oscilador de cuarzo y un circuito electrónico para medir el intervalo de tiempo. Niebel & Freivalds (2009) aluden que este tipo de cronómetro permite tomar el tiempo en de elementos individuales, mientras sigue contando el lapso transcurrido. Estos cronómetros marcan tanto tiempos continuos como regresos a cero.

Tipo II: Estos cronómetros cuentan con dos agujas (la principal mide en segundos y la secundaria mide décimas de segundo). Usan medios mecánicos para medir los lapsos de tiempo.

### 2.7.2 *Cámaras de videograbación*

Las cámaras de videograbación son ideales para grabar todas las operaciones que el operador realiza y el tiempo transcurrido. Al tomar un video de la operación y después estudiarla cuadro por cuadro, pueden notarse los detalles exactos del método usado y después asignar valores de tiempos normales. Pueden establecerse estándares y calificar el desempeño del operador proyectando el video a la misma velocidad que la de grabación. Incluso, pueden surgir mejoras a los métodos que pocas veces se detectan estando en la línea. Los videos también pueden servir para la capacitación de los nuevos analistas de tiempos, ya que las operaciones se pueden repetir hasta que se adquiera la habilidad suficiente. Además, si un operador nuevo llega a la estación de trabajo y surgen inquietudes sobre alguna operación se le puede mostrar el cómo debe realizarse.

## 2.8 MÉTODO DE REGRESOS A CERO

Salazar (2019) define el método de regresos a cero en tomar los tiempos de manera directa de cada operación, es decir, al acabar cada operación se reinicia el reloj a cero, e inmediatamente se le pone en marcha para cronometrar la siguiente operación.

Actualmente, los cronómetros tienen la opción de registrar tiempos conocidos como vueltas los cuales se guardan en el cronometro (son tiempos parciales) mientras continúa un registro acumulativo.

Dado que el tiempo transcurrido se lee directamente con el método de regresos a cero, no es necesario realizar más trabajo de escritorio para realizar las restas de operación tras operación, como en el método continuo. El resultado de la lectura se puede registrar directamente en la columna de TO (tiempo observado). Incluso se pueden registrar de inmediato las operaciones que el trabajador realiza en desorden.

Las principales desventajas del método de regresos a cero son:

- Este método solo puede utilizarse para estudiar una muestra demasiado pequeña.
- Requiere mayor concentración del analista.
- Ignorar factores como los retrasos, actividades extras, etc. se podrían permitir valores inexactos en las lecturas registradas.
- Con el método de regresos a cero mientras se regresaba el cronómetro a cero en forma manual se perdía una gran cantidad de tiempo. Después de todo esta desventaja se eliminó con el uso de cronómetros electrónicos.
- Por último, se debe corroborar el tiempo total de la suma de las lecturas elementales del cronómetro.

## 2.9 MÉTODO CONTINUO

Salazar (2019) plantea que el método continuo consiste en hacer marchar el reloj de forma ininterrumpida durante todo el estudio. Al finalizar una operación, el analista registra el tiempo establecido por el cronómetro y los tiempos netos que corresponden a cada elemento se obtienen haciendo las restas al final del estudio. El método continuo para el registro de tiempos es más óptimo que el método de regresos a cero por varias razones. Una de las principales razones es que el estudio resultante muestra un registro completo de todo el periodo de observación.

Este método al presentar con claridad todos los hechos se tiene contento al operador elegido y al representante de su sindicato porque bien puede observarse que no se dejaron tiempos sin tomar en cuenta durante el estudio, es decir, que se registraron todos los retrasos y elementos extras que hayan surgido. Además, que esta técnica para el registro de tiempos es más fácil de explicar y vender.

Desde otra perspectiva, si se opta por utilizar el método continuo se llevará más trabajo de escritorio para calcular el estudio. En otras palabras, es necesario hacer restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar los tiempos transcurridos ya que el cronómetro se lee en los puntos de quiebre de cada operación, a la vez que las manecillas del reloj continúan su movimiento.

## 2.10 DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO

Entender la situación actual permite estar preparado para mejorarla por lo cual el analista debe examinar el flujo frecuente del producto. Primero se debe dividir en partes y luego considerar el orden de fabricación de los componentes; ensamble, el subensamble, el producto terminado y el empaque. Por ello los diagramas de flujo de proceso se utilizan para definir todos los procesos necesarios para la elaboración de un producto, desde su inicio hasta su terminación. Este diagrama puede utilizarse para el registro de la toma de tiempos de una línea de producción.

## 2.11 TIEMPO SUPLEMENTARIO

Los operadores no pueden mantener un ritmo estándar minuto a minuto durante la jornada laboral.

Pueden llegarse a presentar tres clases de interrupciones para las que debe asignarse una holgura (tiempo extra):

- La primera son las interrupciones personales (idas al baño y beber agua).
- La segunda es la fatiga.
- En tercer lugar, retrasos inevitables como: herramientas rotas, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y estanterías vacías respecto a material.

Niebel & Freivalds (2009) argumentan que el estudio de tiempos se realiza durante un periodo relativamente corto, además que los elementos extraños deben eliminarse al establecer el tiempo normal, en consecuencia, se agrega una holgura al tiempo normal con el propósito de llegar a un estándar justo para los trabajadores.

El tiempo suplementario (**TS**) es una pequeña fracción del tiempo normal y se multiplica igual a 1 + Suplemento:

$$\mathbf{TS} = \mathbf{TN} \times (1 + \mathbf{Suplemento})$$

A continuación, se muestra un sistema de suplementos por descanso (como porcentaje de los tiempos normales).

Cabe resaltar que en el siguiente capítulo se llevara a cabo el cálculo del tiempo suplementario con la propuesta de balanceo de la línea de ensamble de rodillos de los modelos A y B.

SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	<b>e) Condiciones atmosféricas</b>			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER				
<b>a) Trabajo de pie</b>						16	0
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0			14	0
Trabajo se realiza de pie		2	4			12	0
<b>b) Postura normal</b>						10	3
Ligeramente incómoda		0	1			8	10
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3			6	21
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7			5	31
						4	45
						3	64
						2	100
<b>c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)</b>				<b>f) Tensión visual</b>			
Peso levantado por kilogramo				Trabajos de cierta precisión			
2,5		0	1	Trabajos de precisión o fatigosos			
5		1	2	Trabajos de gran precisión			
7,5		2	3	<b>g) Ruido</b>			
10		3	4	Sonido continuo			
12,5		4	6	Sonidos intermitentes y fuertes			
15		5	8	Sonidos intermitentes y muy fuertes			
17,5		7	10	Sonidos estridentes			
20		9	13	<b>h) Tensión mental</b>			
22,5		11	16	Proceso algo complejo			
25		13	20 (máx)	Proceso complejo o de atención dividida			
30		17		Proceso muy complejo			
33,5		22		<b>i) Monotonía mental</b>			
<b>d) Iluminación</b>				Trabajo monótono			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	Trabajo bastante monótono			
Bastante por debajo		2	2	Trabajo muy monótono			
Absolutamente insuficiente		5	5	<b>j) Monotonía física</b>			
				Trabajo algo aburrido			
				Trabajo aburrido			
				Trabajo muy aburrido			

Figura 1. Sistema de suplementos por descanso

Fuente: Ingeniería Industrial Online



## 2.12 TIEMPO DE TACTO

Como plantea Guerrero (2013) trabajar al ritmo del tiempo de tacto (**TT**) denominado ritmo de la demanda consiste en que todos los procesos funcionen al mismo ritmo y que este ritmo sea coincidente con el ritmo de salida.

A continuación, se formulan las siguientes preguntas para que quede clara la diferencia y no haya confusión con el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo:

- Tiempo de tacto (**TT**): ¿Cada cuánto necesitan los clientes un producto?
- Tiempo de ciclo (**C/T**): ¿Cada cuánto se produce un producto?

Cuanto más apartado esté el tiempo de ciclo del tiempo de tacto las ineficiencias del sistema productivo serán mayores. El tiempo de ciclo constantemente será igual o inferior al tiempo de tacto.

## 2.13 DESCRIPCIÓN Y FORMULAS PARA EL BALANCEO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

### *2.13.1 Tiempo estándar*

En este paso para el balanceo de la línea de ensamble se suman los tiempos totales que formen parte de una operación, y se obtiene el tiempo estándar por estación. Si los tiempos de las operaciones están en segundos lo más recomendable es convertirlos a minutos.

### *2.13.2 Índice de producción*

$$IP = \text{Demanda} / \text{Tiempo disponible}$$

### ***2.13.3 Tiempo de ciclo***

Con base al tiempo de ciclo podemos establecer la capacidad de producción, es decir, el tiempo que se requiere para generar una unidad de producto.

$$\mathbf{TC} = \text{Jornada laboral} / \text{Demanda}$$

### ***2.13.4 Número de operadores***

El número de operadores debe ser un número entero, por lo tanto, si el resultado tiene decimales este se redondea.

$$\mathbf{NO} = \text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de ciclo}$$

### ***2.13.5 Eficiencia***

La eficiencia utiliza los recursos disponibles de manera racional para lograr un objetivo con antelación en el menor tiempo posible y con el mínimo uso posible de los recursos, lo que viene siendo una optimización en la línea. Para calcular la eficiencia del balanceo de una línea se divide el tiempo estándar de las operaciones entre el tiempo de ciclo asignado por el número de operadores requeridos.

$$\mathbf{Ef} = \text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de ciclo} * \text{Número de operadores}$$

# CAPÍTULO 3 | SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

### 3 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

La línea de ensamble de rodillos actualmente consta de cinco estaciones y cinco operadores, en la línea se ensamblan dos equipos diferentes el modelo A y modelo B, ambos equipos de compactación, el tiempo efectivo es de 9 horas de un solo turno. Los días laborales son de lunes a viernes, si no se cumple con la producción planeada los operadores se presentan los días sábado para cumplir con la planeación. Al arrancar la línea los operadores tienen una reunión con su supervisor de 10 minutos este tiempo no afecta el tiempo de ciclo debido a que lo hacen en tiempo no productivo, es decir, llegan antes de su hora de entrada y cuentan con media hora de comida.

No hay una toma de tiempos actualizada desde el año 2000, la línea no está estandarizada y hay mucho tiempo de ocio, por lo tanto, tiempos muertos.

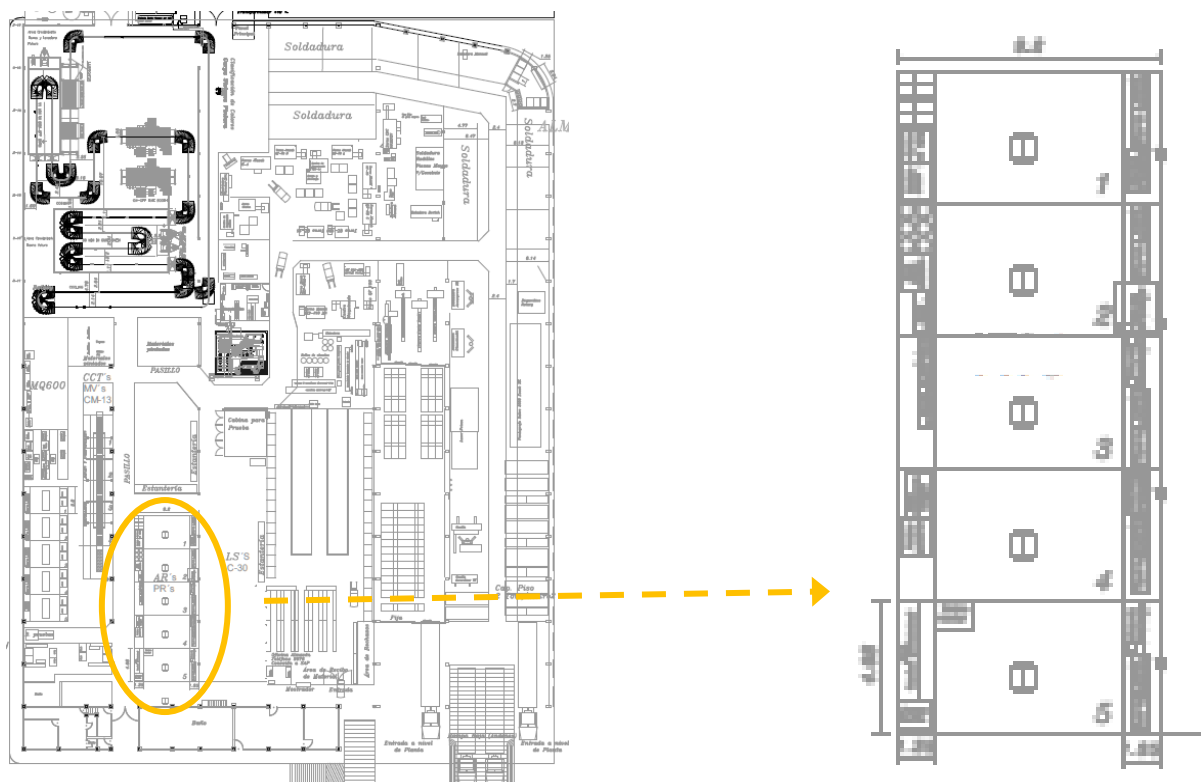


Figura 2. Lay Out actual Planta 2

Fuente: Departamento de Ingeniería de Procesos

### 3.1 ESTACIONES DE TRABAJO

Las estaciones de trabajo de la línea de ensamble de rodillos no cuentan con la implementación de 5's:

1. Clasificar - Seiri: separar lo que es necesario de lo que no lo es.
2. Orden - Seiton: ordenar cada cosa en su lugar
3. Limpieza – Seiso: no limpiar más, sino evitar ensuciar.
4. Estandarización – Seiketsu: todos igual siempre.
5. Disciplina – Shitsuke: autodisciplina.

Disponen de herramental repetido, de manera que sus gavetas están llenas de material que no es necesario para el ensamble de los modelos A y B.

Almacén es el área encargada de surtir los materiales a la línea de ensamble, el modo de operar de almacén consiste en llevar sus racks a la línea, pero este los deja ahí para que los mismos operadores se encarguen de desempacar el material y acomodarlo en sus propios racks posteriormente llegan a retirarlos de las estaciones de trabajo. Este es un gran problema denominado traspaleo de material que está presente en la línea.

Como puede observarse en las siguientes figuras el material aun viene empacado y el mismo operador es el encargado de extraerlo y acomodarlo respectivamente en sus racks. Hay material que no se ocupara para el ensamble o más bien que ocuparan para el ensamble de todos los equipos demandados para el cierre de mes.

Así como pueden o no darse abasto los racks para el acomodo del material también hay racks demasiados grandes que ocupan bastante espacio en la estación de trabajo y que podrían reducirse en cuanto a tamaño. No habría ningún problema en cambiar el diseño de los racks debido a que la empresa cuenta con un área de soldadura donde se harían las modificaciones.

Cada uno de los operadores en la línea de ensamble cuenta con una gaveta para guardar sus cosas personales, sin embargo, la ocupan para guardar herramienta nueva que ellos mismo solicitan, pero no la ocuparan.



Figuras 3 - 6. 5's no implementadas en línea de ensamble de rodillos.

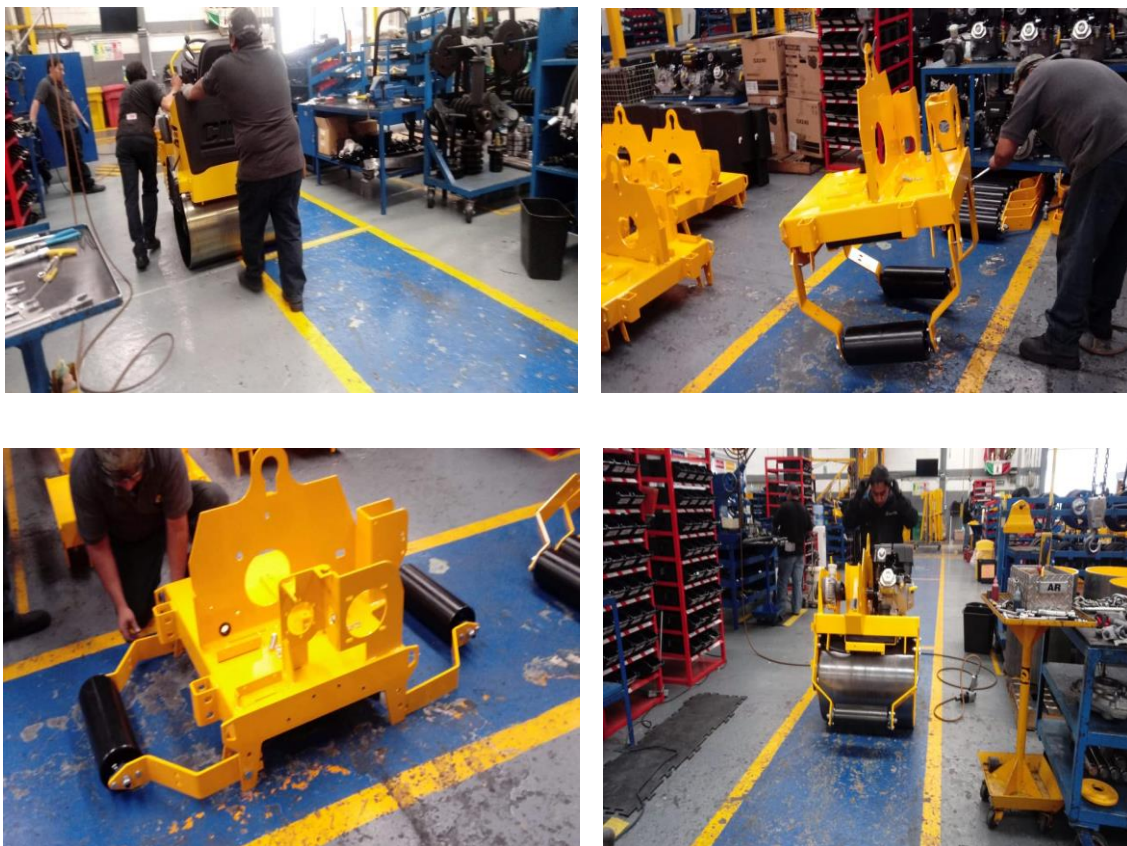
Fuente: Elaboración propia

No se cumple con las condiciones de diseño de trabajo óptimas para los trabajadores. Hacen muchos esfuerzos físicos para cargar materiales y empujar de una estación a otra el chasis previamente ensamblado, el área de soldadura se ubica muy cerca de la línea por lo que hay demasiado ruido, no hay un área determinada para colocar los equipos ya ensamblados y que el departamento de calidad los revise, más bien esperan a que el personal de calidad vaya a la estación final de la línea para liberar el equipo, la espera es larga y se ve afectado el tiempo ciclo del operador.

La línea de ensamble de rodillos dispone de iluminación natural y una ventaja es que se encuentra en la entrada principal por donde entra mucha luz, por esa parte hay un gran ahorro de consumibles indirectos.

No se aplica tecnología ergonómica más actual al equipo que se utiliza, así como a las condiciones generales que lo rodean. No se proporciona una flexibilidad adecuada al área donde está el equipo y al ambiente de la estación de trabajo, de forma que se puedan satisfacer los diversos factores respecto a fuerza, altura, alcance, tiempo de reflejos, etc., del operador.

Al igual que existen variaciones diversas en cuanto a altura y tamaño de la fuerza de trabajo, existen variaciones iguales o mayores de su capacidad visual, para sentir, habilidad para oír y destreza manual. La mayoría de las estaciones de trabajo pueden mejorarse realizando un análisis del lugar de trabajo.



Figuras 7 - 10. Condiciones de diseño del trabajo no optimas.

Fuente: Elaboración propia

Sobre inventario en las estaciones de trabajo, es decir, si la meta son 14 equipos de modelo A o modelo B se les lleva a sus estaciones de trabajo todo el material que se requerirá para el ensamble de los 14 equipos en vez de surtir el material necesario por quipos ensamblados

durante la jornada laboral. La problemática es debido al traspaleo del material ya que almacén surte en sus propios carritos y la línea de ensamble no tiene los suyos, solo tiene racks donde se acomoda su material, pero estos racks no se dan abasto.

Los operadores realizan subensambles en sus estaciones de trabajo, pero al tener un sobre inventario comienzan realizando todos los subensambles para no disponer de tanto material en su área de trabajo o en los racks, posteriormente ensamblan el equipo completo.

A pesar de que se realicen los subensambles en primera estancia no dejan de ser un problema para los operadores, porque siguen ocupando espacio en su área de trabajo y algunos llegan a ser tan grandes que no caben en los racks y no pueden realizar alguna otra operación sobre sus bancos de trabajo. Es esencial que solo se surta el material necesario.



Figuras 11 - 14. Sobre inventario en la línea de ensamble.

Fuente: Elaboración propia



### 3.2 TOMA DE TIEMPOS

Existe un registro de toma de tiempos desde el año 2000 pero a la fecha se han implementado nuevas operaciones a la línea o algún Poka-yoke, debido a lo cual, iniciaremos esta investigación con una toma de tiempos nueva para ver la situación actual de la línea de ensamble. La siguiente tabla muestra el registro actual de los tiempos del modelo A y B en el Systeme Anwendungen und Produkte (SAP). Para la ejecución del ensamble del modelo A con un total de 39.2 hrs y el modelo B con 11.16 hrs.

	<b>Tiempo SAP (Hra)</b>
<b>MODELO A</b>	39.2
<b>MODELO B</b>	11.16

Tabla 1. Tiempos en SAP de los modelos A y B

Fuente: Elaboración propia

Previamente a la realización del estudio de tiempos, se deben cumplir ciertos requerimientos fundamentales. Es vital que el método a usarse este estandarizado en los puntos en que se use antes de iniciar el estudio. De no haber estandarizado los métodos de trabajo, los estándares de tiempo tendrán poco valor y serán motivo de desconfianza. El operador seleccionado está completamente familiarizado con la operación al igual que sus demás compañeros.

Como plantean Niebel & Freivalds (2009), los analistas deben decirle al representante del sindicato, al supervisor del departamento y al operador seleccionado que se llevara a cabo un estudio de su trabajo. Cada una de las partes involucradas debe realizar las indicaciones señaladas para permitir un estudio sin contratiempos y coordinado.

El operador corrobora que el método es el acertado y está familiarizado con todos los detalles de la operación. El supervisor verificó el método para asegurar que la alimentación, las herramientas, etc., cumplan con las prácticas estándar como se estableció. De igual forma reviso la cantidad de material disponible para que no se presenten faltantes durante el estudio.

El representante del sindicato se cercioro de la elección de operadores capacitados y competentes, explico por qué se realiza el estudio y respondió a toda pregunta pertinente que surgió por parte del operador.

Para la toma de tiempos se usó un cronometro digital, cámara de video y el formato de diagrama de flujo: se tomaron anotaciones de las operaciones, así como las actividades que no agregan valor (NVA). La toma de datos se hizo en cada una de las cinco estaciones de trabajo sin modificación alguna sobre una operación, es decir, cómo han ido trabajando actualmente. Se colocaron cámaras de videograbación con la cuales se registró toda tarea que el operador realiza y el tiempo transcurrido. Al tomar video de las operaciones y después estudiarla cuadro por cuadro, lograron notarse algunos detalles del método usado para así poder asignar valores de tiempos normales.

Se utilizo el método continuo porque con este método se registran todos los retrasos y elementos que surgen en el momento, asimismo, no se excluyen tiempos del estudio. De manera que se llevó a cabo más trabajo de escritorio para obtener los tiempos de cada operación del ensamble, por lo que, como el cronómetro se lee en los puntos de quiebre es forzoso realizar restas sucesivas de los registros consecutivos para determinar los tiempos transcurridos.

Es imprescindible fijar correctamente los estándares de tiempo, porque es posible incrementar la eficiencia de los operadores, pero mientras que los estándares estén mal fijados, aunque es mejor tenerlos que no tener estándares, conllevan a costos altos, inconformidades por parte del personal, etc.

Se empleo el diagrama de flujo de proceso para definir todas las tareas necesarias para el ensamble de los modelos A y modelos B, desde su inicio hasta su terminación. Finalmente se efectuó una corroboración de tiempos para confirmar la validez del estudio de tiempos.

### 3.3 MODELO A

Rodillo vibratorio doble con raspadores más persistentes, chasis delantero más angosto, saca sus rodillos hacia adelante y hacia atrás; además el diseño de ventilación fue modificado.

Este modelo es usado en la obra de terraplenes y capas de firme por tener un elevado rendimiento.



Figura 15. Modelo A

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se muestra el registro de la toma de tiempos de cada estación de trabajo del modelo A. Se registraron las operaciones conforme ensamblan hoy en día.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS									
UBICACIÓN: -	RESUMEN						PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
	EVENTO								
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO A</b>	OPERACIONES ●								
FECHA: <b>2020</b>	TRANSPORTE →								
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■								
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA D								
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼								
MATERIAL <input type="checkbox"/>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS): <b>20:10:55</b>						TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	SIMBOLOGÍA								
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	●	→	■	D	▼				
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>	○	⇨	□	D	▼				
<b>ESTACIÓN 1</b>									
Trasladar chasis a estación 1	○	⇨	□	D	▼	00:00:39			
Machuelear chasis delantero	●	⇨	□	D	▼	00:12:11			
Machuelear chasis trasero	●	⇨	□	D	▼	00:12:02			
Sopletear chasis	●	⇨	□	D	▼	00:00:41			
Platicar con compañero de E2	○	⇨	□	D	▼	00:03:31			
Quitar perlas de soldadura del tanque con lija y espátula	●	⇨	□	D	▼	00:14:03			
Sopletear tanque	●	⇨	□	D	▼	00:04:58			
Colocar tapón de drene y mirilla para que no se riegue el desengrasante dieléctrico	●	⇨	□	D	▼	00:01:50			
Aplicar desengrasante dieléctrico (sacudir tanque para dispersarlo)	●	⇨	□	D	▼	00:03:19			
Quitar tapón de drene para vaciar en un bote el desengrasante dieléctrico	●	⇨	□	D	▼	00:01:04			
Interrupcion por parte de Ingenieria de Procesos	○	⇨	□	D	▼	00:03:10			
Limpiar tanque	●	⇨	□	D	▼	00:03:34			
Sopletear tanque	●	⇨	□	D	▼	00:03:32			
Colocar tapones rojos para que no se ensucie de nuevo el tanque	●	⇨	□	D	▼	00:00:24			
Preparación de rociadores (del-tra)	●	⇨	□	D	▼	00:14:38		Sub-ensamble	
Colocar y ajustar rociadores (del-tra)	●	⇨	□	D	▼	00:07:27			
Colocar y ajustar válvula de agua.	●	⇨	□	D	▼	00:10:02		Prepara E3	
Colocar y ajustar graseras de pistón	●	⇨	□	D	▼	00:02:51			
Preparación de torre de adaptadores grande	●	⇨	□	D	▼	00:02:05		Sub-ensamble	
Colocar y ajustar torre de adaptadores grande	●	⇨	□	D	▼	00:00:46			
Colocar y ajustar torre de adaptadores pequeña	●	⇨	□	D	▼	00:00:45			
Preparación de Manifold grande	●	⇨	□	D	▼	00:35:00		Sub-ensamble	
Preparación de Manifold pequeño	●	⇨	□	D	▼	00:15:45		Sub-ensamble	
Ida al baño	○	⇨	□	D	▼	00:08:20			
Colocar y ajustar Manifold grande	●	⇨	□	D	▼	00:03:04			
Colocar y ajustar Manifold pequeño	●	⇨	□	D	▼	00:03:41			
Colocar filtro de aceite (blanco)	●	⇨	□	D	▼	00:00:23			
Quitar tapones rojos	●	⇨	□	D	▼	00:00:08			
Colocar filtro de succión de aceite	●	⇨	□	D	▼	00:02:51			
Preparación de tapa de registro para limpieza	●	⇨	□	D	▼	00:04:45		Sub-ensamble	
Colocar tapa de registro para limpieza	●	⇨	□	D	▼	00:00:43			
Colocar tapa de filtro de llenado/base	●	⇨	□	D	▼	00:05:14			
Torquear tapa de registro para limpieza y tapa de filtro de llenado/base	●	⇨	□	D	▼	00:02:29			
Preparación de filtro de llenado	●	⇨	□	D	▼	00:02:11		Sub-ensamble	
Colocar filtro de llenado	●	⇨	□	D	▼	00:02:45			

Colocar manguera de succión	●	⇒	□	D	▽	00:00:40	
Colocar y ajustar al inicio una abrazadera y al final	●	⇒	□	D	▽	00:03:11	
Colocar de nuevo y ajustar tapón de drene	●	⇒	□	D	▽	00:03:51	
Preparación de base de articulación	●	⇒	□	D	▽	00:21:02	Sub-ensamble
Ida al baño	○	⇒	□	●	▽	00:07:29	
Colocar base de articulación para la unión de chasis	●	⇒	□	D	▽	00:04:31	
Preparación de pistón	●	⇒	□	D	▽	00:11:23	Sub-ensamble
Colocar y ajustar pistón	●	⇒	□	D	▽	00:06:47	
Preparación de barra estabilizadora	●	⇒	□	D	▽	00:02:12	Sub-ensamble
Colocar y ajustar barra estabilizadora	●	⇒	□	D	▽	00:03:27	
Aplicar grasa a pistón y barra estabilizadora	●	⇒	□	D	▽	00:01:02	
Preparación de motor	●	⇒	□	D	▽	00:51:40	Sub-ensamble
Ir por grúa a la E3 para montar motor a chasis delantero	○	⇒	□	●	▽	00:01:23	
Colocar motor en chasis y alinearlo	●	⇒	□	D	▽	00:03:00	
Colocar y ajustar escantillón para que no se mueva el motor	●	⇒	□	D	▽	00:01:45	
Ajustar motor a chasis	●	⇒	□	D	▽	00:03:30	
Colocar sujetador de chicote a lado de motor	●	⇒	□	D	▽	00:01:23	
Engrasar manguera de succión por dentro y engrasar codo de bomba de engranes	●	⇒	□	D	▽	00:01:01	
Conectar manguera de succión a codo de bomba de engranes	●	⇒	□	D	▽	00:02:51	
Ajustar adaptador de filtro de aceite (blanco)	●	⇒	□	D	▽	00:00:30	
Colocar y ajustar escape de motor	●	⇒	□	D	▽	00:03:28	
Checar nivel de aceite de motor y marcar OK con plumón	●	⇒	□	D	▽	00:00:25	
Quitar tapa panel negra del motor	●	⇒	□	D	▽	00:01:00	
Colocar 8 tuercas remachadoras	●	⇒	□	D	▽	00:03:00	
Ajustar válvula de agua	●	⇒	□	D	▽	00:01:41	
Limpiar chasis para quitar rebabas	●	⇒	□	D	▽	00:01:09	
Limpiar chasis para quitar polvo	●	⇒	□	D	▽	00:03:52	
Trasladar equipo a siguiente estación	○	⇒	□	D	▽	00:00:36	
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>5:38:40</b>	

Tabla 2. Estación 1 - Diagrama de flujo del modelo A

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS							
UBICACIÓN: -	RESUMEN						
	EVENTO	PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS			
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO A</b>	OPERACIONES ●						
FECHA: 2020	TRANSPORTE ➡						
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■						
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA D						
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼						
MATERIAL <input type="checkbox"/>							
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS):	20:10:55					
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	SIMBOLOGÍA			TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS		
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>	●	➡	■	D	▼		
<b>ESTACIÓN 2</b>							
Preparación de palanca de bloqueo (roja)	●	➡	□	D	▼	00:03:21	Sub-ensamble
Colocar y ajustar palanca de bloqueo (roja)	●	➡	□	D	▼	00:01:32	
<b>RODILLO DELANTERO</b>	○	➡	□	D	▼		
Colocar rodillo en tapete de hule	●	➡	□	D	▼	00:00:10	
Machuelear rodillo donde va el portarodamiento	●	➡	□	D	▼	00:02:11	
Desbaste donde va el portarodamiento	●	➡	□	D	▼	00:03:08	
Limpiar rodillo con espátula	●	➡	□	D	▼	00:04:22	
Acostar rodillo sobre cojín	●	➡	□	D	▼	00:00:55	
Voltear rodillo	●	➡	□	D	▼	00:01:18	
Machuelear rodillo donde va el portarodamiento	●	➡	□	D	▼	00:02:11	
Sopletear rodillo	●	➡	□	D	▼	00:01:32	
Barrer estación	●	➡	□	D	▼	00:01:46	
Preparación de portarodamiento	●	➡	□	D	▼	00:14:55	Sub-ensamble
Tomar agua	○	➡	■	D	▼	00:07:11	
Colocar y ajustar 4 amortiguadores	●	➡	□	D	▼	00:02:24	
Colocar portarodamiento	●	➡	□	D	▼	00:00:25	
Elevar rodillo con grúa	●	➡	□	D	▼	00:01:25	
Ajustar portarodamiento	●	➡	□	D	▼	00:00:25	
Bajar rodillo	●	➡	□	D	▼	00:00:36	
Preparación de eje excéntrico	●	➡	□	D	▼	00:05:15	Sub-ensamble
Colocar y ajustar eje excéntrico	●	➡	□	D	▼	00:00:56	
Preparación de plato de arrastre	●	➡	□	D	▼	00:14:55	Sub-ensamble
Platica con su compañero de otra línea	○	➡	■	D	▼	00:05:14	
Colocar y ajustar plato de arrastre	●	➡	□	D	▼	00:00:50	
Colocar y ajustar acoplamiento flexible (amarillo)	●	➡	□	D	▼	00:00:12	
Colocar y ajustar rodamiento	●	➡	□	D	▼	00:01:27	
Preparación de trebol	●	➡	□	D	▼	00:06:47	Sub-ensamble
Colocar y ajustar trebol	●	➡	□	D	▼	00:02:17	
Colocar junta metálica	●	➡	□	D	▼	00:00:54	
Preparación de motor vibrador	●	➡	□	D	▼	00:07:20	Sub-ensamble
Colocar y ajustar motor vibrador	●	➡	□	D	▼	00:04:30	
Pintar motor vibrador	●	➡	□	D	▼	00:01:01	
Colocar y ajustar <b>soporte</b>	●	➡	□	D	▼	00:02:41	
Voltear rodillo	●	➡	□	D	▼	00:01:18	
Preparación de soporte delantero	○	➡	□	D	▼	➡	Sub-ensamble
• Colocar sobre banco y machuelear	●	➡	□	D	▼	00:01:05	
• Preparación de motor hidráulico	●	➡	□	D	▼	00:04:00	Sub-ensamble
• Colocar y ajustar motor hidráulico	●	➡	□	D	▼	00:02:09	
• Colocar y ajustar masa de acoplamiento	●	➡	□	D	▼	00:00:35	
• Colocar y ajustar placa de transmisión trasera	●	➡	□	D	▼	00:00:29	
• Colocar y ajustar 6 rondanas, 6 tornillos y 2 pernos a placa de transmisión trasera	●	➡	□	D	▼	00:02:12	
• Colocar y ajustar rondana	●	➡	□	D	▼	00:00:11	

• Colocar y ajustar tuerca de castillo	●	⇨	□	D	▽	00:00:44	
Colocar y ajustar soporte delantero con grúa a rodillo	●	⇨	□	D	▽	00:03:02	
Colocar rodillo en línea	●	⇨	□	D	▽	00:00:50	
Montar rodillo a chasis	●	⇨	□	D	▽	00:01:47	
Ajustar rodillo a chasis	●	⇨	□	D	▽	00:02:40	
Torquear rodillo delantero	●	⇨	□	D	▽	00:01:46	
<b>RODILLO TRASERO</b>	○	⇨	□	D	▽		
Colocar rodillo en tapete de ropencabezas	●	⇨	□	D	▽	00:00:10	
Preparación de <b>soporte rodillo trasero izquierdo</b>	●	⇨	□	D	▽	→	Sub-ensamble
• Colocar sobre mesa	●	⇨	□	D	▽	00:01:05	
• Preparación de motor hidráulico	●	⇨	□	D	▽	00:04:00	Sub-ensamble
• Colocar y ajustar motor hidráulico	●	⇨	□	D	▽	00:02:09	
• Colocar 3 pernos y base de chicote de freno	●	⇨	□	D	▽	00:04:08	
• Colocar y ajustar chicote de freno	●	⇨	□	D	▽	00:03:12	
• Preparación de balata	●	⇨	□	D	▽	00:05:08	Sub-ensamble
• Colocar y ajustar balata	●	⇨	□	D	▽	00:01:45	
• Colocar y ajustar masa de acoplamiento	●	⇨	□	D	▽	00:00:35	
• Colocar y ajustar placa de transmisión trasera	●	⇨	□	D	▽	00:00:29	
• Colocar y ajustar 6 rondanas, 6 tornillos y 2 pernos a placa de transmisión trasera	●	⇨	□	D	▽	00:02:12	
Ída al baño	○	⇨	□	●	▽	00:18:22	
• Colocar y ajustar rondana	●	⇨	□	D	▽	00:00:11	
• Colocar y ajustar tuerca de castillo	●	⇨	□	D	▽	00:00:44	
• Colocar y ajustar chaveta	●	⇨	□	D	▽	00:01:11	
• Colocar en banco y dar torque	●	⇨	□	D	▽	00:02:00	
Colocar y ajustar soporte rodillo trasero izquierdo con grúa a rodillo	●	⇨	□	D	▽	00:03:02	
Colocar rodillo en línea	●	⇨	□	D	▽	00:00:50	
Montar rodillo a chasis	●	⇨	□	D	▽	00:01:47	
Ajustar rodillo a chasis	●	⇨	□	D	▽	00:03:40	
Colocar tapón allen a rodillo trasero lado derecho	●	⇨	□	D	▽	00:01:41	
Preparación de chumacera	●	⇨	□	D	▽	00:05:09	Sub-ensamble
Colocar y ajustar chumacera	●	⇨	□	D	▽	00:01:12	
Platica con su compañero de E5	○	⇨	□	●	▽	00:03:51	
Colocar y ajustar <b>soporte rodillo trasero derecho</b>	●	⇨	□	D	▽	00:01:41	
Colocar preparación en rodillo	●	⇨	□	D	▽	00:01:00	
Trasladar equipo a siguiente estación	○	⇨	□	D	▽	00:00:22	
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>3:18:30</b>	

Tabla 3. Estación 2 - Diagrama de flujo del modelo A

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS									
UBICACIÓN: -			RESUMEN						
ACTIVIDAD: ENSAMBLE MODELO A			EVENTO			PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS	
FECHA: 2020			OPERACIONES ●						
OPERADOR: ANALISTA:			TRANSPORTE →						
MÉTODO: PRESENTE			INSPECCIÓN ■						
HOMBRE x			ACTIVIDADES NVA D						
MATERIAL			ALMACENAMIENTO ▼						
EL DIAGRAMA COMIENZA: ESTACIÓN 1			TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS):		20:10:55		TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA TERMINA: ESTACIÓN 5			SIMBOLOGÍA						
DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)			●	→	■	D	▼		
<b>ESTACIÓN 3</b>									
Colocar tapa de asiento			●	→	□	D	▼	00:01:27	
Preparación de Z			●	→	□	D	▼	00:02:41	Sub-ensamble
Colocar Z			●	→	□	D	▼	00:01:16	
Colocar arnés			●	→	□	D	▼	00:01:15	
Colocar cincho			●	→	□	D	▼	00:01:02	
Acomodar arnés			●	→	□	D	▼	00:00:48	
Platica con su compañero de E5			○	→	□	D	▼	00:05:12	
Colocar y ajustar columna de dirección			●	→	□	D	▼	00:08:10	
Preparación de tablero			●	→	□	D	▼	00:09:24	Sub-ensamble
Colocar y ajustar tablero			●	→	□	D	▼	00:07:14	
Preparación de volante			●	→	□	D	▼	00:10:00	Sub-ensamble
Colocar y ajustar volante			●	→	□	D	▼	00:01:03	
Preparación de chicote de aceleración			●	→	□	D	▼	00:11:44	Sub-ensamble
Colocar y ajustar chicote de aceleración			●	→	□	D	▼	00:03:34	
Colocar tapa de volante			●	→	□	D	▼	00:00:08	
Preparación de 8 manguera de 1/2			●	→	□	D	▼	00:10:14	Sub-ensamble
Colocar y ajustar paloma (sujetador de piso)			●	→	□	D	▼	00:00:48	
Colocar y ajustar 2 mangueras a columna de dirección			●	→	□	D	▼	00:02:14	
Conectar las 2 mangueras de columna de dirección a pistón			●	→	□	D	▼	00:02:10	
Colocar y ajustar 2 mangueras a columna de dirección			●	→	□	D	▼	00:02:08	
Conectar las 2 mangueras de columna de dirección a Manifold grande			●	→	□	D	▼	00:02:18	
Conectar y ajustar 2 mangueras a Manifold grande			●	→	□	D	▼	00:01:04	
Conectar las 2 mangueras de Manifold grande a rodillo trasero			●	→	□	D	▼	00:01:45	
Permanece de pie en su estación de trabajo			○	→	□	D	▼	00:00:53	
Colocar y ajustar abrazadera gemela a 2 mangueras de Manifold grande a rodillo trasero			●	→	□	D	▼	00:01:27	
Preparación de tanque de agua pequeño			●	→	□	D	▼	00:03:00	Sub-ensamble
Colocar tanque en chasis			●	→	□	D	▼	00:00:47	
Preparación de filtro de agua			●	→	□	D	▼	00:05:00	Sub-ensamble
Preparación de bomba de agua			●	→	□	D	▼	00:08:34	Sub-ensamble
Se va de su estación de trabajo			○	→	□	D	▼	00:06:57	
Conectar bomba de agua al arnés y colocar en el chasis			●	→	□	D	▼	00:02:14	
Colocar protección de hule			●	→	□	D	▼	00:02:20	
Ajustar bomba de agua			●	→	□	D	▼	00:00:29	
Colocar filtro con 2 abrazaderas			●	→	□	D	▼	00:02:14	



Conectar 1 manguera de filtro de agua a bomba de agua	●	⇨	□	D	▽	00:01:17	
Conectar 1 manguera de filtro de agua a tanque de agua pequeño	●	⇨	□	D	▽	00:01:01	
Preparación de válvula de agua	●	⇨	□	D	▽	00:10:08	Sub-ensamble
Preparación de 3 mangueras en forma de T (se conecta a válvula de agua - rociador tra-del)	●	⇨	□	D	▽	00:07:00	Sub-ensamble
Conectar manguera T a válvula de agua	●	⇨	□	D	▽	00:00:16	
Conectar manguera T a rociador trasero	●	⇨	□	D	▽	00:00:08	
Conectar manguera T a rociador delantero	●	⇨	□	D	▽	00:00:29	
Conectar manguera de válvula de agua a bomba de agua	●	⇨	□	D	▽	00:00:35	
Colocar y alinear calcomanías de perilla y tacometro	●	⇨	□	D	▽	00:01:03	
Colocar grommet	●	⇨	□	D	▽	00:00:07	
Preparación de perilla del agua	●	⇨	□	D	▽	00:04:34	Sub-ensamble
Colocar y ajustar perilla de agua	●	⇨	□	D	▽	00:02:51	
Colocar y ajustar tacometro	●	⇨	□	D	▽	00:00:57	
Colocar y ajustar 12VDC	●	⇨	□	D	▽	00:00:57	
Conectar cable de arnés a 12VDC	●	⇨	□	D	▽	00:01:24	
Colocar 2 cinchos	●	⇨	□	D	▽	00:01:09	
Conectar palanca de freno a manguera de freno (rodillo trasero)	●	⇨	□	D	▽	00:02:21	
Colocar y ajustar palanca de freno de mano en chasis	●	⇨	□	D	▽	00:04:51	
Colocar y ajustar cinturón de seguridad	●	⇨	□	D	▽	00:02:51	
Colocar y ajustar base de asiento	●	⇨	□	D	▽	00:02:38	
Ida al baño	○	⇨	□	D	▽	00:04:51	
Colocar y ajustar asiento	●	⇨	□	D	▽	00:02:09	
Preparación de tanque de combustible	●	⇨	□	D	▽	00:05:50	Sub-ensamble
Colocar tanque de combustible	●	⇨	□	D	▽	00:00:43	
Colocar y ajustar cincho de tanque de combustible (colocar remaches a CTC)	●	⇨	□	D	▽	00:04:01	
Ajustar palanca	●	⇨	□	D	▽	00:05:56	Prepara E5 y coloca E4
Conectar tacometro	●	⇨	□	D	▽	00:01:10	
Colocar y ajustar pila	●	⇨	□	D	▽	00:00:20	
Colocar y ajustar 2 grapas a pila para sujetarla	●	⇨	□	D	▽	00:04:03	
Conectar cables + y - a pila	●	⇨	□	D	▽	00:01:24	Prepara E4
Preparación de tanque de agua grande	●	⇨	□	D	▽	00:03:16	Sub-ensamble
Colocar tanque de agua grande	●	⇨	□	D	▽	00:03:14	
Conectar manguera de TP a TG y manguera de TG a TP	●	⇨	□	D	▽	00:03:07	
Preparación de piso	●	⇨	□	D	▽	00:05:20	Sub-ensamble
Colocar y ajustar piso	●	⇨	□	D	▽	00:01:18	
Trasladar equipo a siguiente estación	○	⇨	□	D	▽	00:00:15	
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>3:35:08</b>	

Tabla 4. Estación 3 - Diagrama de flujo del modelo A

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
UBICACIÓN: -		RESUMEN						
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO A</b>		EVENTO				PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
FECHA: 2020		OPERACIONES ●						
OPERADOR: ANALISTA:		TRANSPORTE →						
MÉTODO: PRESENTE		INSPECCIÓN ■						
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>		ACTIVIDADES NVA						
MATERIAL <input type="checkbox"/>		ALMACENAMIENTO ▼						
EL DIAGRAMA COMIENZA: ESTACIÓN 1		TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS):		20:10:55		TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA TERMINA: ESTACIÓN 5		SIMBOLOGÍA						
DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)		●	→	■	◐	▼		
<b>ESTACIÓN 4</b>								
Sopletear chasis		●	⇄	□	D	▼	00:02:02	
Conectar y ajustar manguera de tanque de agua a rociadores (del-tra)		●	⇄	□	D	▼	00:02:08	
Colocar las 2 mangueras a motor hidraulico		●	⇄	□	D	▼	00:02:22	
Colocar adaptadores (codos) a Manifold grande		●	⇄	□	D	▼	00:01:12	
Conectar 1a manguera de motor hidraulico izquierda a Manifold grande		●	⇄	□	D	▼	00:02:31	
Conectar 2a manguera de motor hidraulico derecha a Manifold grande		●	⇄	□	D	▼	00:02:31	
Distracción por parte del supervisor		○	⇄	□	D	▼	00:09:33	
Colocar abrazadera gemela (verde)		●	⇄	□	D	▼	00:02:02	
Colocar la conexión t abajo con Manifold pequeño		●	⇄	□	D	▼	00:02:27	
Colocar la conexión t arriba con bomba axial		●	⇄	□	D	▼	00:02:29	
Colocar adaptadores (codos) a Manifold pequeño y bomba axial		●	⇄	□	D	▼	00:00:58	
Conectar manguera de Manifold pequeño a bomba axial		●	⇄	□	D	▼	00:05:33	
Colocar adaptadores (codos) a Manifold pequeño y Manifold Grande		●	⇄	□	D	▼	00:01:09	
Conectar manguera de Manifold pequeño a Manifold Grande		●	⇄	□	D	▼	00:03:59	
Conectar manguera de bomba axial a Manifold Grande		●	⇄	□	D	▼	00:01:35	
Colocar adaptadores (codos) a Manifold Grande		●	⇄	□	D	▼	00:01:36	
Conectar manguera de bomba axial a Manifold Grande		●	⇄	□	D	▼	00:01:43	
Conectar manguera de bomba de engranes a Manifold Grande		●	⇄	□	D	▼	00:02:16	
Distracción con O5		○	⇄	□	D	▼	00:01:10	
Colocar adaptadores (codos) a Manifold Grande y motor de vibración		●	⇄	□	D	▼	00:01:52	
Colocar 2 mangueras de Manifold Grande a motor de vibración		●	⇄	□	D	▼	00:06:13	
Colocar 1 manguera de motor de vibración a adaptador pequeño		●	⇄	□	D	▼	00:04:13	
Preparación de silenciador de escape		●	⇄	□	D	▼	00:03:27	Sub-ensamble
Colocar y ajustar silenciador de escape (conexión y dos abrazaderas)		●	⇄	□	D	▼	00:06:45	
Colocar filtro de seguridad para gasolina a motor		●	⇄	□	D	▼	00:02:11	
Preparación de espiga		●	⇄	□	D	▼	00:04:35	Sub-ensamble
Colocar espiga en motor		●	⇄	□	D	▼	00:04:55	
Preparación de arnés del horometro		●	⇄	□	D	▼	00:06:39	Sub-ensamble
Colocar y ajustar arnés del horometro		●	⇄	□	D	▼	00:03:44	
Colocar cinchos a chicote de ahogador y chicote de aceleración		●	⇄	□	D	▼	00:02:49	

Conectar chicote de ahogador y chicote de aceleración a motor	●	⇒	□	D	▽	00:07:22	
Preparación de cables positivo y negativo de pila	●	⇒	□	D	▽	00:13:50	Sub-ensamble
Colocar cables cables positivo y negativo de pila al motor	●	⇒	□	D	▽	00:03:51	
Colocar palanca de avance	●	⇒	□	D	▽	00:02:56	Prepara E5
Ajustar a motor el chicote de la palanca de vance	●	⇒	□	D	▽	00:01:12	
Preparación de calister	●	⇒	□	D	▽	00:14:09	Sub-ensamble
Preparación de resistencia	●	⇒	□	D	▽	00:09:15	Sub-ensamble
Colocar y ajustar calister	●	⇒	□	D	▽	00:08:13	
Colocar cinchos a cables positivo y negativo de pila	●	⇒	□	D	▽	00:00:41	
Quitar tapa de filtro de llenado	●	⇒	□	D	▽	00:00:18	
Colocar y ajustar resistencia en canister	●	⇒	□	D	▽	00:02:38	
Conectar resistencia a motor	●	⇒	□	D	▽	00:02:11	
Colocar cinchos a cables de resistencia	●	⇒	□	D	▽	00:01:13	
Colocar tapa de filtro de llenado	●	⇒	□	D	▽	00:00:20	
Conectar manguera de vacío a calister	●	⇒	□	D	▽	00:01:48	
Preparación de tapa protectora de motor	●	⇒	□	D	▽	00:12:22	Sub-ensamble
Colocar y ajustar tapa protectora de motor junto con sus 2 soportes	●	⇒	□	D	▽	00:10:43	
Colocar 2 cinchos a todas mangueras que pasan por los chasis	●	⇒	□	D	▽	00:01:08	
Preparación de protección de mangueras (espiral)	●	⇒	□	D	▽	00:05:39	Sub-ensamble
Tomar agua	○	⇒	□	D	▽	00:05:01	
Colocar y ajustar espiral (cortar cinchos previamente colocados)	●	⇒	□	D	▽	00:04:22	
Sopletear chasis	●	⇒	□	D	▽	00:01:44	
Trasladar equipo a siguiente estación	○	⇒	□	D	▽	00:00:19	
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>3:27:54</b>	

Tabla 5. Estación 4 - Diagrama de flujo del modelo A

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS							
UBICACIÓN: -	RESUMEN						
	EVENTO	PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS			
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO A</b>	OPERACIONES ●						
FECHA: 2020	TRANSPORTE →						
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■						
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA ◐						
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼						
MATERIAL <input type="checkbox"/>							
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS):	20:10:55			TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	SIMBOLOGÍA						
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>	●	→	■	◐	▼		
<b>ESTACIÓN 5</b>							
Termina actividad de montaje de Modelo A a tarima	●	→	□	D	▼		
Se fue y regreso a estación 5 (Se salio de la línea)	○	→	□	D	▼	00:32:00	
Colocación y ajuste de placa de lado de palanca	●	→	□	D	▼	00:01:20	
Preparación de raspadores de rodillos (tra-del)	●	→	□	D	▼	00:05:12	Sub-ensamble
Colocación de raspadores (rodillo trasero)	●	→	□	D	▼	00:02:10	
Preparación de palanca de avance	●	→	□	D	▼	01:00:21	Sub-ensamble
Preparación de resortes	●	→	□	D	▼	00:02:36	Sub-ensamble
Colocación y ajuste de resortes	●	→	□	D	▼	00:02:12	
Ajuste de raspadores (rodillo trasero 1)	●	→	□	D	▼	00:01:09	
Colocación y ajuste de tapa trasera para tanque de agua grande	●	→	□	D	▼	00:06:40	
Colocación y ajuste de tapa frontal de columna de dirección	●	→	□	D	▼	00:08:11	
Colocación y ajuste de tapas de protección de mangueras (traseras)	●	→	□	D	▼	00:06:43	
Aplicar loctite a tornillos de rollbar	●	→	□	D	▼	00:04:06	
Colocación y ajuste de rollbar	●	→	□	D	▼	00:02:27	
Calibración de motor	●	→	□	D	▼	00:01:08	
Colocación y ajuste de portamanual	●	→	□	D	▼	00:00:37	
Llenado de aceite	●	→	□	D	▼	00:02:27	
Colocación y ajuste de cofre	●	→	□	D	▼	00:13:36	
Ajuste de raspadores (rodillo trasero 2)	●	→	□	D	▼	00:02:00	
Ida al baño	○	→	□	D	▼	00:04:34	
Desbaste de cofre de motor	●	→	□	D	▼	00:12:36	
Pulido de cofre de motor	●	→	□	D	▼	00:07:09	
Limpieza del equipo (aire comprimido)	●	→	□	D	▼	00:01:08	
Colocación de raspadores (rodillo delantero)	●	→	□	D	▼	00:02:34	
Colocación y ajuste de raspadores de rodillo delantero	●	→	□	D	▼	00:08:14	
Colocación de etiquetas	●	→	□	D	▼	00:10:08	
Prueba de Modelo A (vibración)	○	→	■	D	▼	00:36:19	
Colocación y ajuste de tapas de protección de mangueras (delanteras)	●	→	□	D	▼	00:02:23	
Prueba de Modelo A (dirección, volante, delante-atrás)	○	→	■	D	▼	00:06:00	
Empaque	●	→	□	D	▼	00:02:58	
Montaje a tarima de Modelo A	●	→	□	D	▼	00:01:45	
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>4:10:43</b>	

Tabla 6. Estación 5 - Diagrama de flujo del modelo A

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1 *Tiempos por estación*

En la línea de ensamble de rodillos se dispone de un operador dedicado en cada estación de trabajo. Los operadores tienen la posibilidad de estar parados o caminar con la línea. Es decir, las operaciones se realizan en forma secuencial de estación de trabajo a estación de trabajo.

En una línea de ensamble, generalmente el producto se mueve en forma automatizada, tal como una banda de transportación, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta que se complete. Pero en este caso la línea no se mueve de forma automatizada sino de manera manual.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos por cada estación de trabajo y el tiempo total de ensamble del modelo A. Recordemos que la línea de ensamble consta de cinco operadores.

	No. de Operadores	T. Real
Estación 1	1	5:38:40
Estación 2	1	3:18:30
Estación 3	1	3:35:08
Estación 4	1	3:27:54
Estación 5	1	4:10:43
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>20:10:55</b>

Tabla 7. Tiempos por estación del modelo A

Fuente: Elaboración propia

El tiempo total del ensamble del modelo A es de 20:10:55 hrs.

### 3.3.2 *Tiempos por estación (operación y actividades NVA)*

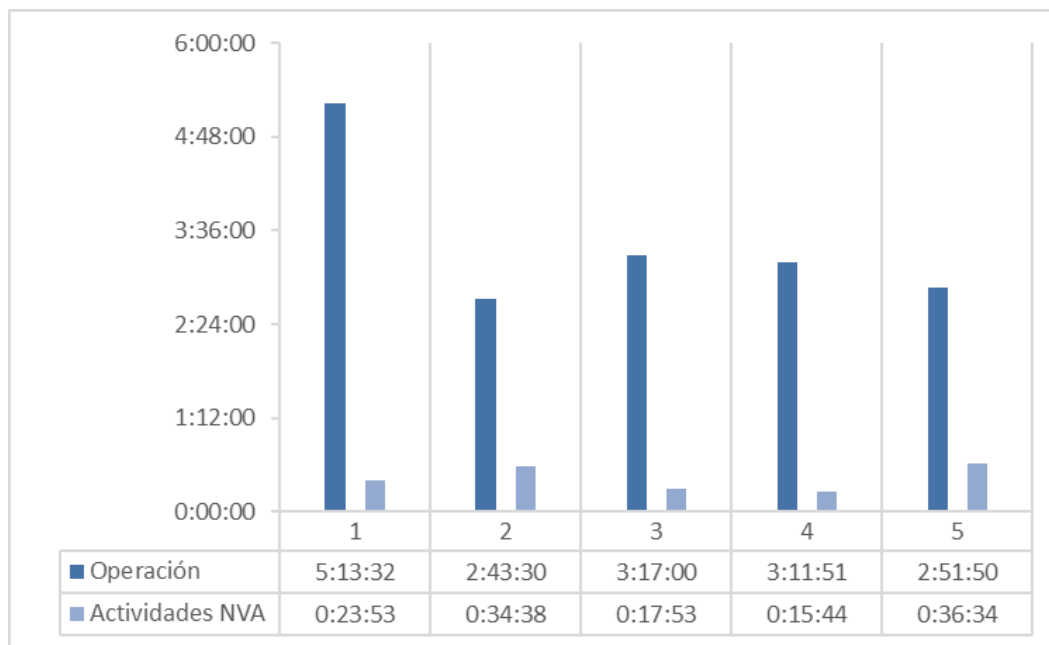
En la tabla 8 se muestra el tiempo de operación, transporte, inspección, actividades NVA y almacenamiento de cada estación de trabajo junto con su porcentaje y para una mejor visualización de la tabla se elaboró la gráfica 1.

Estaciones	No. de Operadores	Operación	Transporte	Inspección	Actividades NVA	Almacenamiento
Estación 1	1	5:13:32	0:01:15		0:23:53	
Estación 2	1	2:43:30	0:00:22		0:34:38	
Estación 3	1	3:17:00	0:00:15		0:17:53	
Estación 4	1	3:11:51	0:00:19		0:15:44	
Estación 5	1	2:51:50		0:42:19	0:36:34	
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>17:17:43</b>	<b>0:02:11</b>	<b>0:42:19</b>	<b>2:08:42</b>	<b>0:00:00</b>

↓	%	↓	%
	30%		19%
	16%		27%
	19%		14%
	18%		12%
	17%		28%
	<b>100%</b>		<b>100%</b>

Tabla 8. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 1. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA

Fuente: Elaboración propia

La grafica 1 representa los tiempos de operación de cada operador y los tiempos de las actividades que no agregan valor. Como se puede observar el operador 1 tiene casi el doble de carga de trabajo que sus demás compañeros y menos tiempo de ocio, mientras que el operador 2 es el de menor carga de trabajo. Los operadores 3, 4 y 5 tienen tiempos de operación relativamente equilibrados.

Algunas de las actividades que no agregan valor que se hicieron notar durante el estudio de tiempos por parte de los operadores son:

- Conversar con sus demás compañeros.
- Idas al baño (es una necesidad por parte de ellos, pero se considera como tiempo de ocio porque acuden más de media hora al sanitario).
- La grúa aérea la comparten con otra línea de ensamble y deben ir por ella para poder continuar con su operación.
- Comen en sus estaciones de trabajo.
- Se van de sus estaciones de trabajo por periodos largos.
- Permanecen de pie en sus estaciones de trabajo sin realizar actividad alguna durante mucho tiempo.
- Distracciones por parte de personal de la empresa.
- No cuentan con la herramienta necesaria por cada estación de trabajo, por lo que, se la comparten.

Algunas de ellas, son imprescindibles, como el ir al sanitario, beber agua, usar la grúa, otras en cambio no deberían efectuarse. Todas las actividades que identifiquemos que no agreguen valor a nuestro producto final deben ser eliminadas o reducidas significativamente, con la consiguiente reducción de costos. Por tales motivos la empresa tiene una alta falta de eficiencia en efectuar su producción de algún modelo ensamblado por desconocer el orden correcto de operaciones y por aquellas actividades que no agregan valor, si bien lo hacen en el tiempo programado, no utilizan un control de balanceo de la línea como se observó.

### 3.4 MODELO B

Diseñado para la compactación de bases granulares, almacenes, estacionamientos, y suelos cohesivos o mixtos proyectos de bacheo.



Figura 16. Modelo B

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas se muestra el registro de la toma de tiempos de cada estación de trabajo del modelo B. Se registraron las operaciones conforme ensamblan hoy en día.



DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
UBICACIÓN: -	RESUMEN					PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
	EVENTO							
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO B</b>	OPERACIONES ●							
FECHA: <b>2020</b>	TRANSPORTE →							
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■							
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA D							
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼							
MATERIAL <input type="checkbox"/>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS): <b>9:27:28</b>					TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	SIMBOLOGÍA							
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	●	→	■	D	▼			
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>								
<b>ESTACIÓN 1</b>								
Trasladar chasis a estación 1	○	→	□	D	▼	00:00:34		
Machuelear chasis de lado de rodillos	●	⇄	□	D	▼	00:04:55		
Sopletear chasis	●	⇄	□	D	▼	00:00:14		
Preparación de tanque de agua	●	⇄	□	D	▼	00:02:24	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar tanque de agua	●	⇄	□	D	▼	00:02:31		
Machuelear chasis (donde va el motor se usa matraca)	●	⇄	□	D	▼	00:05:26		
Machuelear chasis (demás orificios)	●	⇄	□	D	▼	00:00:24		
Colocar tapa de tanque	●	⇄	□	D	▼	00:00:13		
Preparación de rodillos de apoyo a chasis	●	⇄	□	D	▼	00:05:12	Sub-ensamble	
Tomar grua	○	→	□	D	▼	00:04:13		
Alzar chasis	●	⇄	□	D	▼	00:00:19		
Colocar pernos y 2 rodillos de apoyo a chasis	●	⇄	□	D	▼	00:05:43		
Preparación de unidad hidrostática	●	⇄	□	D	▼	00:10:23	Sub-ensamble	
Preparación de manguera de motor	●	⇄	□	D	▼	00:01:23	Sub-ensamble	
Preparación de motor	●	⇄	□	D	▼	00:09:17	Sub-ensamble	
Fue a traer herramienta a E5 (cincho) para cargar motor	○	→	□	D	▼	00:02:32		
Colocar y ajustar motor en chasis	●	⇄	□	D	▼	00:06:36		
Preparación de flecha motriz	●	⇄	□	D	▼	00:20:40	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar flecha motriz	●	⇄	□	D	▼	00:07:28		
Colocar y ajustar undad hidrostática en chasis	●	⇄	□	D	▼	00:03:55		
Colocar y ajustar banda	●	⇄	□	D	▼	00:02:29		
Colocar palanca de embrague y horquilla	●	⇄	□	D	▼	00:05:38		
Colocar 2 mordazas de la flecha motriz	●	⇄	□	D	▼	00:03:37		
Sopletear chasis	●	⇄	□	D	▼	00:00:14		
Limpia chasis con trapo	●	⇄	□	D	▼	00:00:49		
Tomar tuercas y dejar sobre chasis para la E2 (son de los rodillos de apoyo)	●	⇄	□	D	▼	00:01:00		
Pasar chasis a siguiente estación	○	→	□	D	▼	00:00:13		
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>1:48:22</b>		

Tabla 9. Estación 1 - Diagrama de flujo del modelo B

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
UBICACIÓN: -	RESUMEN					PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
	EVENTO							
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO B</b>	OPERACIONES ●							
FECHA: <b>2020</b>	TRANSPORTE →							
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■							
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA D							
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼							
MATERIAL <input type="checkbox"/>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS): <b>9:27:28</b>					TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	SIMBOLOGÍA							
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	●	→	■	D	▼			
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>								
<b>ESTACIÓN 2</b>								
Machuelear rodillo de lado izquierdo (caja de transmisión)	●	⇔	□	D	▼	00:05:11		
Colocar y ajustar amortiguadores	●	⇔	□	D	▼	00:02:20		
Preparación de 2 portarodamientos	●	⇔	□	D	▼	00:10:32	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar portarodamiento	●	⇔	□	D	▼	00:02:49		
Colocar tapa hexagonal	●	⇔	□	D	▼	00:01:22		
Preparación de soporte lateral de rodillo	●	⇔	□	D	▼	00:02:43	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar soporte lateral de rodillo	●	⇔	□	D	▼	00:02:00		
Voltear rodillo	●	⇔	□	D	▼	00:00:23		
Aspirar interior de rodillo	●	⇔	□	D	▼	00:01:00		
Colocar y ajustar amortiguadores	●	⇔	□	D	▼	00:02:11		
Colocar y ajustar portarodamiento	●	⇔	□	D	▼	00:01:26		
Colocar y ajustar eje excéntrico	●	⇔	□	D	▼	00:01:16		
Descanso en la estación de trabajo	○	⇔	□	D	▼	00:08:21		
Colocar reten en portarodamiento	●	⇔	□	D	▼	00:00:20		
Preparación de caja de transmisión (con engrane de salida)	●	⇔	□	D	▼	00:45:43	Con engrane (ESTIMADO) Sub-ensamble	
Colocar caja de transmisión	●	⇔	□	D	▼	00:01:36		
Colocar y ajustar soporte de la caja de transmisión	●	⇔	□	D	▼	00:02:07		
Machuelear 4 orificios del soporte de la caja	●	⇔	□	D	▼	00:02:26		
Colocar y ajustar 3 poleas	●	⇔	□	D	▼	00:03:26		
Colocar y ajustar manguera del agua	●	⇔	□	D	▼	00:00:56		
Colocar esponja	●	⇔	□	D	▼	00:00:03		
Acostar rodillo	●	⇔	□	D	▼	00:00:32		
Colocar y ajustar placa lateral	●	⇔	□	D	▼	00:02:14		
Elevar ensamble de E1	●	⇔	□	D	▼	00:01:11	Sub-ensamble	
Rodar rodillo hacia ensamble elevado	●	⇔	□	D	▼	00:00:48		
Colocar y ajustar ensamble sobre rodillo	●	⇔	□	D	▼	00:01:02		
Quitar tornillos de rodillos de apoyo para poder ajustar bien ensamble	●	⇔	□	D	▼	00:01:00		
Volver a colocar tornillos	●	⇔	□	D	▼	00:01:21		
Apretar todos los tornillos	●	⇔	□	D	▼	00:05:00		
Ir por material a almacén	○	⇔	□	D	▼	00:02:14		
Limpiar chasis	●	⇔	□	D	▼	00:00:17		
Pasar chasis a siguiente estación	○	→	□	D	▼	00:00:08		
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>1:53:58</b>		

Tabla 10. Estación 2 - Diagrama de flujo del modelo B

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
UBICACIÓN: -	RESUMEN							
	EVENTO					PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO B</b>	OPERACIONES ●							
FECHA: <b>2020</b>	TRANSPORTE →							
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■							
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA D							
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼							
MATERIAL <input type="checkbox"/>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS): <b>9:27:28</b>					TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	SIMBOLOGÍA							
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	●	→	■	D	▼			
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>	●	→	■	D	▼			
<b>ESTACIÓN 3</b>								
Preparación de ejes de articulación de avance y retroceso	●	⇔	□	D	▼	00:20:35	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar los 2 ejes de avance y retroceso	●	⇔	□	D	▼	00:06:03		
Preparación de funda para birlo y esfera	●	⇔	□	D	▼	00:20:11	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar funda para birlo y esfera	●	⇔	□	D	▼	00:03:00		
Preparación de clutch	●	⇔	□	D	▼	00:15:11	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar clutch con flecha motriz	●	⇔	□	D	▼	00:02:10		
Fue a la E4 a platicar con su compañero	○	⇔	■	●	▼	00:04:19		
Colocar y ajustar horquilla de embrague para la calibración del clutch	●	⇔	□	D	▼	00:02:58		
Pegar manguera de agua y ajustar	●	⇔	□	D	▼	00:01:06		
Colocar bandas y ajustar	●	⇔	□	D	▼	00:02:13		
Colocar y ajustar refuerzo soporte de rodillo de apoyo (delantero)	●	⇔	□	D	▼	00:07:04		
Colocar y ajustar refuerzo soporte de rodillo de apoyo (trasero)	●	⇔	□	D	▼	00:07:04		
Preparación de rociadores	●	⇔	□	D	▼	00:06:03	Sub-ensamble	
Preparación de válvula de agua	●	⇔	□	D	▼	00:35:00	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar rociadores	●	⇔	□	D	▼	00:01:50		
Colocar y ajustar válvula de agua	●	⇔	□	D	▼	00:02:03		
Pasar chasis a siguiente estación	○	→	□	D	▼	00:00:10		
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>2:17:00</b>		

Tabla 11. Estación 3 - Diagrama de flujo del modelo B

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
UBICACIÓN: -	RESUMEN							
	EVENTO					PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
ACTIVIDAD: <b>ENSAMBLE MODELO B</b>	OPERACIONES ●							
FECHA: <b>2020</b>	TRANSPORTE →							
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■							
MÉTODO: <b>PRESENTE</b>	ACTIVIDADES NVA D							
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼							
MATERIAL <input type="checkbox"/>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS): <b>9:27:28</b>					TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA COMIENZA: <b>ESTACIÓN 1</b>	SIMBOLOGÍA							
EL DIAGRAMA TERMINA: <b>ESTACIÓN 5</b>	●	→	■	D	▼			
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>								
<b>ESTACIÓN 4</b>								
Preparación de manubrio	●	⇒	□	D	▼	00:39:20	Sub-ensamble	
Colocar y ajustar manubrio	●	⇒	□	D	▼	00:01:49		
Preparación de solera de vibración	●	⇒	□	D	▼	00:04:07	Sub-ensamble	
Preparación de solera de avance	●	⇒	□	D	▼	00:03:05	Sub-ensamble	
Ída al baño	○	⇒	□	D	▼	00:03:19		
Colocar solera de vibración	●	⇒	□	D	▼	00:03:12		
Colocar solera de avance	●	⇒	□	D	▼	00:03:12		
Colocar tornillos a soleras y ajustar	●	⇒	□	D	▼	00:02:36		
Preparación de manguera para botón de paro	●	⇒	□	D	▼	00:01:35	Sub-ensamble	
Preparación de botón de paro con tierra	●	⇒	□	D	▼	00:04:41	Sub-ensamble	
Colocar botón de paro junto con manguera	●	⇒	□	D	▼	00:08:33		
Colocar sujetadores (cable 14 con placa que divide chasis)	●	⇒	□	D	▼	00:02:49		
Preparar fijadores de chicote	●	⇒	□	D	▼	00:01:33	Sub-ensamble	
Colocar chicote de soporte de agua conectado con la palanca accionadora de rociador y válvula de agua	●	⇒	□	D	▼	00:05:11		
Engrasar y colocar tapones de las graseras	●	⇒	□	D	▼	00:00:58		
Pasar chasis a siguiente estación	○	⇒	□	D	▼	00:00:11		
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>1:26:11</b>		

Tabla 12. Estación 4 - Diagrama de flujo del modelo B

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS								
UBICACIÓN: -	RESUMEN							
	EVENTO					PRESENTE	PROPUESTO	AHORROS
ACTIVIDAD: ENSAMBLE MODELO B	OPERACIONES ●							
FECHA: 2020	TRANSPORTE →							
OPERADOR: ANALISTA:	INSPECCIÓN ■							
MÉTODO: PRESENTE	ACTIVIDADES NVA D							
HOMBRE <input checked="" type="checkbox"/>	ALMACENAMIENTO ▼							
MATERIAL <input type="checkbox"/>	TIEMPO TOTAL DEL TRABAJO (HRS): 9:27:28					TIEMPO (hr:min:seg)	NOTAS	
EL DIAGRAMA COMIENZA: ESTACIÓN 1	SIMBOLOGÍA							
EL DIAGRAMA TERMINA: ESTACIÓN 5	●	→	■	D	▼			
<b>DETALLES DEL MÉTODO (ACTUAL)</b>								
<b>ESTACIÓN 5</b>								
Preparación de tacometro	●	⇄	□	D	▼	00:03:21	Sub-ensamble	
Conectar tacometro	●	⇄	□	D	▼	00:03:01		
Preparación de caseta con tapa de bandas e instructivo (con calcomanías)	●	⇄	□	D	▼	00:20:00	Sub-ensamble	
Preparación de ventilador	●	⇄	□	D	▼	00:02:02	Sub-ensamble	
Colocar ventilador en unidad	●	⇄	□	D	▼	00:03:17		
Colocar tirante de transportador	●	⇄	□	D	▼	00:02:07		
Preparación de transportador con ganchos	●	⇄	□	D	▼	00:13:29	Sub-ensamble	
Colocar transportador en chasis	●	⇄	□	D	▼	00:03:40		
Preparación de protección de válvula de agua	●	⇄	□	D	▼	00:03:31	Sub-ensamble	
Colocar protección de válvula de agua	●	⇄	□	D	▼	00:03:06		
Preparación de 2 raspadores de rodillo	●	⇄	□	D	▼	00:12:45	Sub-ensamble	
Comer en la estación de trabajo	○	⇄	□	D	▼	00:03:15		
Colocar raspadores de rodillo	●	⇄	□	D	▼	00:05:00		
vaciar gasolina	●	⇄	□	D	▼	00:01:20		
Colocar calcomanías	●	⇄	□	D	▼	00:15:42		
Prueba de vibración en cojin	○	⇄	■	D	▼	00:07:00		
Colocación de caseta	●	⇄	□	D	▼	00:05:21		
Prueba de motor	○	⇄	■	D	▼	00:06:11		
Ir por grúa a otra línea de ensamble	○	⇄	□	D	▼	00:02:22		
Entarimar	●	⇄	□	D	▼	00:03:00		
Ajustar tuercas de rodillos	●	⇄	□	D	▼	00:00:32		
Llevar Modelo B a E3	○	→	□	D	▼	00:01:55		
<b>TIEMPO TOTAL</b>						<b>2:01:57</b>		

Tabla 13. Estación 5 - Diagrama de flujo del modelo B

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1 Tiempos por estación

En la siguiente tabla se muestran los tiempos por cada estación de trabajo y el tiempo total de ensamble del modelo B.

	No. de Operadores	T. Real
Estación 1	1	1:48:22
Estación 2	1	1:53:58
Estación 3	1	2:17:00
Estación 4	1	1:26:11
Estación 5	1	2:01:57
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>9:27:28</b>

Tabla 14. Tiempos por estación del modelo B


Fuente: Elaboración propia

El tiempo total del ensamble del modelo B es de 09:27:28 hrs.


### 3.4.2 Tiempos por estación (operación y actividades NVA)

En la tabla 14 se muestra el tiempo de operación, transporte, inspección, actividades NVA y almacenamiento de cada estación de trabajo junto con su porcentaje. Se genero la gráfica 2 para comparar el tiempo de operación de cada operador y el tiempo de ocio de cada uno de ellos.

Estaciones	No. de Operadores	Operación	Transporte	Inspección	Actividades NVA	Almacenamiento
Estación 1	1	1:40:50	0:00:47		0:06:45	
Estación 2	1	1:43:15	0:00:08		0:10:35	
Estación 3	1	2:12:31	0:00:10		0:04:19	
Estación 4	1	1:22:41	0:00:11		0:03:19	
Estación 5	1	1:41:14	0:01:55	0:13:11	0:05:37	
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>8:40:31</b>	<b>0:03:11</b>	<b>0:13:11</b>	<b>0:30:35</b>	<b>0:00:00</b>



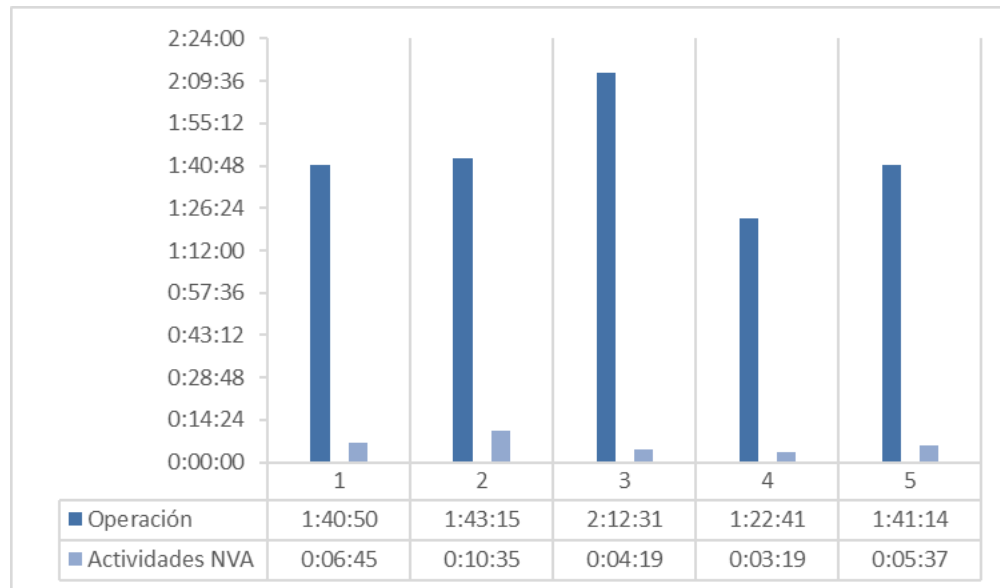
%
19%
20%
25%
16%
19%
<b>100%</b>



%
22%
35%
14%
11%
18%
<b>100%</b>

Tabla 15. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 2. Tiempos por estación de las operaciones y actividades NVA

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 2 se observa que el operador 3 conlleva una mayor carga de trabajo y su tiempo de ocio es mínimo. Los operadores 1, 2 y 5 tienen tiempos semejantes y el operador con menor carga de trabajo es el 4.

Niebel & Freivalds (2009) argumentan que el estudio de tiempos se realiza durante un periodo relativamente corto y como los elementos extraños se tienen que retirar al establecer el tiempo normal, debe agregarse una holgura al tiempo normal con el propósito de llegar a un estándar justo para los trabajadores.

La línea de ensamble de rodillos no cuenta con esta holgura en su tiempo normal, de tal forma que, las actividades que no agregan valor se hacen presentes.

El ensamble del modelo B cuenta con tiempos de operación por operador relativamente balanceados. En cambio, el modelo A está totalmente desproporcionado, por consiguiente, es imprescindible realizar el balanceo de la línea de ensamble de rodillos.

### 3.5 DEMANDA ACTUAL

Santamaría, (2012) define la demanda como el acuerdo entre lo que el área comercial va a vender y las estadísticas del área operacional sobre el comportamiento de la demanda.

La demanda del año 2020 de los modelos A y B es muy variada como se muestra en la tabla 16; en promedio se ensamblaban mensualmente del modelo A 9 equipos y del modelo B 6 equipos.

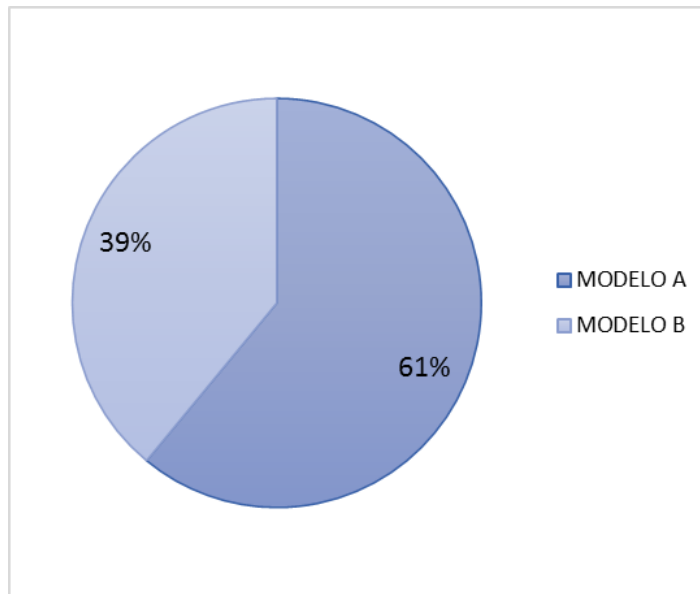
2020		
	MODELO A	MODELO B
Enero	5	10
Febrero	3	13
Marzo	7	7
Abril	7	0
Mayo	20	0
Junio	20	4
Julio	15	4
Agosto	17	7
Septiembre	9	0
Octubre	8	7
Noviembre	0	5
Diciembre	0	14
<b>TOTAL</b>	<b>111</b>	<b>71</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>9.25</b>	<b>5.92</b>

Tabla 16. Demanda anual 2020

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 3 se representa el porcentaje de cada modelo demandado durante el año. El modelo A con el 61% de la demanda anual y el modelo B con el 39%. En el trimestre de abril, mayo y junio hubo gran demanda del modelo A, a la vez que, en el trimestre de octubre, noviembre y diciembre el modelo B obtuvo mayor demanda con 26 equipos.





Gráfica 3. Demanda anual 2020

Fuente: Elaboración propia

Frente a la evolución de la demanda del cliente en el CEDIS hay una gran acumulación de stocks de los modelos A y B, la mayoría es para cubrir las variaciones en los pedidos y cumplir las necesidades de los clientes. Con el fin de dar una sensación de seguridad, pero tienen importantes costos asociados.

El modelo actual de producción conlleva a ensamblar lotes de producción agrupando pedidos para un mismo modelo necesarios para suplir la demanda de varios días, semanas o meses. En consecuencia, el efecto de dicha producción es la acumulación de stocks y la necesidad de superficie de almacenaje, un mal en la organización.

Previamente a una nivelación de la demanda debe realizarse un balanceo de la línea de ensamble para obtener los tiempos correctos y haber aplicado las 5's para hacer más óptimo el proceso. Hay un registro de tiempos, pero no está actualizado lo que conllevaba al stock de los modelos A y B o que no se cumpla la demanda de los clientes a tiempo.

### 3.6 PRECIO POR EQUIPO

El costo unitario de producción de cada uno de los equipos se calculó con la suma de los costos directos e indirectos por hora y multiplicándolos por el tiempo de ensamble registrado en SAP; el costo directo se asocia directamente con el producto, es decir, proporcionalmente y el costo indirecto es parte del proceso productivo, pero no se incorpora físicamente al producto terminado.

	Tarifa directa (\$/h)	Tarifa indirecta (\$/h)	Costo unitario
<b>MODELO A</b>	\$ 116.66	\$ 155.61	\$ 10,672.98
<b>MODELO B</b>	\$ 116.66	\$ 155.61	\$ 3,038.53

Tabla 17. Precio por equipo

Fuente: Elaboración propia

Ensamblar el modelo A tiene por costo diez mil seiscientos setenta y dos punto noventa y ocho pesos y el modelo B un costo de tres mil treinta y ocho punto cincuenta y tres pesos.

# CAPÍTULO 4 | PROPUESTA DE BALANCEO

## 4 PROPUESTA

La propuesta es balancear la línea de ensamble de rodillos de los modelos A y B mediante la aplicación de técnicas de métodos y tiempos, asignar tiempo suplementario a los operadores, mejores condiciones del área de trabajo y aplicar la técnica Heijunka para poder obtener un sistema de producción de flujo constante y nivelado a partir de la demanda real.

Todo esto con la finalidad de alcanzar la meta de producción, mejorar la eficiencia de la línea de ensamble y reducir costos de producción; estableciendo la cantidad necesaria de operadores e igualando actividades.

Hacer una distribución de planta donde los beneficios se verán en la disminución de costos de ensamble y como efecto las siguientes mejoras: reducción de riesgos para la salud, aumento de la seguridad, satisfacción del trabajador, incremento de la producción, disminución de los retrasos en la producción, optimización del empleo de espacio para las distintas áreas de la planta y reducción del traspaleo de materiales.

Al reducirse el congestionamiento de materiales y de racks donde son almacenados estos, en la línea se tendrá una supervisión más fácil y eficaz del área, la reducción de su riesgo y el aumento de su calidad, tal como una mayor facilidad de adaptación a los cambios requeridos.

Para esto cuando se haya balanceado la línea de ensamble de rodillos se nivelarán operaciones y se les colocaran Hojas de Operación Estándar (HOE) o ayudas visuales que proporcionarán la información necesaria para que el ensamble sea fácil de ejecutar y rápido, además de que servirán de apoyo en cuanto a la curva de aprendizaje de nuevos operadores. Se les propiciara la herramienta necesaria a los operadores para llevar un orden en sus estaciones de trabajo.

## 4.1 NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Las tendencias de consumo de los clientes se han modificado los últimos años, pasando de pedidos de grandes cantidades y plazos de entrega altos, a pedidos de pequeñas cantidades y de plazos de entrega más cortos.

Uno de los factores que ha causado el cambio de tendencia en el consumo de los clientes es la acumulación de stocks, en pocas palabras, material almacenado que retribuye a dinero parado ocupando superficie y susceptible de transformarse en obsoletos. La acumulación de stocks es para cubrir las variaciones en los pedidos y satisfacer las necesidades de los clientes, esta estrategia, le da una sensación de seguridad a la empresa, pero tiene costos asociados altos.

De modo que, la nueva tendencia por los clientes corresponde a la realización de pedidos de menor cantidad y entregas más usuales, lo que les permite reducir los stocks, y a su vez, una disminución de costos. Debemos ajustarnos a la demanda del cliente mediante la producción de la referencia que requiere el cliente, en la cantidad y en el momento que lo necesita.

Como primer paso se deberá traducir la demanda del cliente a las líneas de producción, es decir, como definir el ritmo de la demanda, esto mediante el balanceo de la línea de ensamble de rodillos podremos calcular el tiempo de tacto y así poder nivelar la producción.

La parte más complicada en el diseño de una línea de producción consiste en repartir las actividades de modo que los recursos estén ajustados a lo largo de todo el proceso. Una vez definidas las actividades y las precedencias se calculará el número de operadores, valor definido para cumplir con la demanda solicitada. Para obtener el número de operadores es necesario calcular el tiempo tacto de la línea, que figura el tiempo máximo permitido a cada estación para procesar una unidad de producto si se pretende cumplir el ritmo demandado por el cliente.

A continuación, se muestra en la tabla 18 y 19 la demanda del modelo A y B del año 2019 y 2020 para calcular el ritmo de la demanda.

### DEMANDA

PERIODO	AÑO	AÑO
	2019	2020
1	14	5
2	4	3
3	22	7
4	8	7
5	24	20
6	20	20
7	8	15
8	16	17
9	8	9
10	4	8
11	4	0
12	0	0
<b>Total</b>	<b>132</b>	<b>111</b>
<b>Promedio</b>	<b>11.00</b>	<b>9.25</b>

Tabla 18. Demanda del modelo A del año 2019 y 2020

Fuente: Elaboración propia

### DEMANDA

PERIODO	AÑO	AÑO
	2019	2020
1	7	10
2	11	13
3	12	7
4	4	0
5	7	0
6	4	4
7	8	4
8	0	7
9	5	0
10	5	7
11	12	5
12	11	14
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>71</b>
<b>Promedio</b>	<b>7.17</b>	<b>5.92</b>

Tabla 19. Demanda del modelo B del año 2019 y 2020

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 BALANCEO DE LINEA DE ENSAMBLE DE RODILLOS

En el capítulo 3 se realizó una toma de tiempos nueva para los modelos A y B, el siguiente balanceo se basará en esa toma de tiempo debido a que el registro anterior procedía del año 2000 y estaba desactualizado.

### 4.2.1 Lista de operaciones ejecutadas por estación y su precedencia modelo A

N°	ESTACIÓN 1	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
1	Trasladar chasis a estación 1	00:00:39	--
2	Machuelear chasis delantero	00:12:11	1
3	Machuelear chasis trasero	00:12:02	1
4	Sopletear chasis	00:00:41	2, 3
5	Quitar perlas de soldadura del tanque con lija y espátula	00:14:03	1
6	Sopletear tanque	00:04:58	5
7	Colocar tapón de drene y mirilla para que no se riegue el desengrasante dieléctrico	00:01:50	2, 3, 4, 5, 6
8	Aplicar desengrasante dieléctrico (sacudir tanque para dispersarlo)	00:03:19	7
9	Quitar tapón de drene para vaciar en un bote el desengrasante dieléctrico	00:01:04	7, 8
10	Limpiar tanque	00:03:34	9
11	Sopletear tanque	00:03:32	10
12	Colocar tapones rojos para que no se ensucie de nuevo el tanque	00:00:24	10, 11
13	Preparación de rociadores (del-tra)	00:14:38	--
14	Colocar y ajustar rociadores (del-tra)	00:07:27	13
15	Colocar y ajustar válvula de agua. <b>PREPARA E3</b>	00:10:02	14, 161
16	Colocar y ajustar grasera de pistón	00:02:51	--
17	Preparación de torre de adaptadores grande	00:02:05	--
18	Colocar y ajustar torre de adaptadores grande	00:00:46	17
19	Colocar y ajustar torre de adaptadores pequeña	00:00:45	--
20	Preparación de Manifold grande	00:35:00	--
21	Preparación de Manifold pequeño	00:15:45	--
22	Colocar y ajustar Manifold grande	00:03:04	20
23	Colocar y ajustar Manifold pequeño	00:03:41	21
24	Colocar filtro de aceite (blanco)	00:00:23	23
25	Quitar tapones rojos	00:00:08	12
26	Colocar filtro de succión de aceite	00:02:51	--

27	Preparación de tapa de registro para limpieza	00:04:45	--
28	Colocar tapa de registro para limpieza	00:00:43	27
29	Colocar tapa de filtro de llenado/base	00:05:14	--
30	Torquear tapa de registro para limpieza y tapa de filtro de llenado/base	00:02:29	29
31	Preparación de filtro de llenado	00:02:11	--
32	Colocar filtro de llenado	00:02:45	31
33	Colocar manguera de succión	00:00:40	32
34	Colocar y ajustar al inicio una abrazadera y al final	00:03:11	33
35	Colocar de nuevo y ajustar tapón de drenaje	00:03:51	--
36	Preparación de base de articulación	00:21:02	--
37	Colocar base de articulación para la unión de chasis	00:04:31	36
38	Preparación de pistón	00:11:23	--
39	Colocar y ajustar pistón	00:06:47	38
40	Preparación de barra estabilizadora	00:02:12	--
41	Colocar y ajustar barra estabilizadora	00:03:27	40
42	Aplicar grasa a pistón y barra estabilizadora	00:01:02	38, 41
43	Preparación de motor	00:51:40	--
44	Colocar motor en chasis y alinearlos	00:03:00	43
45	Colocar y ajustar escantillón para que no se mueva el motor	00:01:45	44
46	Ajustar motor a chasis	00:03:30	45
47	Colocar sujetador de chicote a lado de motor	00:01:23	46
48	Engrasar manguera de succión por dentro y engrasar codo de bomba de engranes	00:01:01	33
49	Conectar manguera de succión a codo de bomba de engranes	00:02:51	48
50	Ajustar adaptador de filtro de aceite (blanco)	00:00:30	24
51	Colocar y ajustar escape de motor	00:03:28	46
52	Checar nivel de aceite de motor y marcar OK con plumón	00:00:25	46
53	Quitar tapa panel negra del motor	00:01:00	46
54	Colocar 8 tuercas remachadoras	00:03:00	--
55	Ajustar válvula de agua	00:01:41	15
56	Limpiar chasis para quitar rebabas	00:01:09	2 a 55
57	Limpiar chasis para quitar polvo	00:03:52	56
58	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:36	57
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>5:14:47</b>	

Tabla 20. E1. Operaciones y precedencia – Modelo A

Fuente: Elaboración propia



N°	ESTACIÓN 2	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
59	Preparación de palanca de bloqueo (roja)	00:03:21	--
60	Colocar y ajustar palanca de bloqueo (roja)	00:01:32	59
	<b>RODILLO DELANTERO</b>		
61	Colocar rodillo en tapete de hule	00:00:10	--
62	Machuelear rodillo donde va el portarodamiento	00:02:11	61
63	Desbaste donde va el portarodamiento	00:03:08	61
64	Limpiar rodillo con espátula	00:04:22	61
65	Acostar rodillo sobre cojín	00:00:55	62, 63, 64
66	Voltear rodillo	00:01:18	65
67	Machuelear rodillo donde va el portarodamiento	00:02:11	66
68	Sopletear rodillo	00:01:32	67
69	Barrer estación	00:01:46	62 a 68
70	Preparación de portarodamiento	00:14:55	--
71	Colocar y ajustar 4 amortiguadores	00:02:24	62 a 68
72	Colocar portarodamiento	00:00:25	70
73	Elevar rodillo con grúa	00:01:25	72
74	Ajustar portarodamiento	00:00:25	72, 73
75	Bajar rodillo	00:00:36	74
76	Preparación de eje excentrico	00:05:15	--
77	Colocar y ajustar eje excentrico	00:00:56	76
78	Preparación de plato de arrastre	00:14:55	--
79	Colocar y ajustar plato de arrastre	00:00:50	77, 78
80	Colocar y ajustar acoplamiento flexible (amarillo)	00:00:12	79
81	Colocar y ajustar rodamiento	00:01:27	80
82	Preparación de trebol	00:06:47	--
83	Colocar y ajustar trebol	00:02:17	81, 82
84	Colocar junta metálica	00:00:54	83
85	Preparación de motor vibrador	00:07:20	--
86	Colocar y ajustar motor vibrador	00:04:30	84, 85
87	Pintar motor vibrador	00:01:01	--
88	Colocar y ajustar <b>soporte</b>	00:02:41	86, 87
89	Voltear rodillo	00:01:18	88
	Preparación de soporte delantero	→	
90	• Colocar sobre banco y machuelear	00:01:05	--
91	• Preparación de motor hidraulico	00:04:00	--
92	• Colocar y ajustar motor hidraulico	00:02:09	91
93	• Colocar y ajustar masa de acoplamiento	00:00:35	92
94	• Colocar y ajustar placa de transmisión trasera	00:00:29	93
95	• Colocar y ajustar 6 rondanas, 6 tornillos y 2 pernos a placa de transmisión trasera	00:02:12	94

96	• Colocar y ajustar rondana	00:00:11	95
97	• Colocar y ajustar tuerca de castillo	00:00:44	96
98	Colocar y ajustar soporte delantero con grúa a rodillo	00:03:02	97
99	Colocar rodillo en línea	00:00:50	61 a 98
100	Montar rodillo a chasis	00:01:47	99
101	Ajustar rodillo a chasis	00:02:40	100
102	Torquear rodillo delantero	00:01:46	101
	<b>RODILLO TRASERO</b>		
103	Colocar rodillo en tapete de ropencabezas	00:00:10	--
	Preparación de <b>soporte rodillo trasero izquierdo</b>	→	
104	• Colocar sobre mesa soporte rodillo trasero izquierdo	00:01:05	--
105	• Preparación de motor hidraulico	00:04:00	--
106	• Colocar y ajustar motor hidraulico	00:02:09	105
107	• Colocar 3 pernos y base de chicote de freno	00:04:08	106
108	• Colocar y ajustar chicote de freno	00:03:12	107
109	• Preparación de balata	00:05:08	--
110	• Colocar y ajustar balata	00:01:45	109
111	• Colocar y ajustar masa de acoplamiento	00:00:35	110
112	• Colocar y ajustar placa de transmisión trasera	00:00:29	111
113	• Colocar y ajustar 6 rondanas, 6 tornillos y 2 pernos a placa de transmisión trasera	00:02:12	112
114	• Colocar y ajustar rondana	00:00:11	113
115	• Colocar y ajustar tuerca de castillo	00:00:44	114
116	• Colocar y ajustar chaveta	00:01:11	115
117	• Colocar en banco y dar torque	00:02:00	106 a 116
118	Colocar y ajustar soporte rodillo trasero izquierdo con grúa a rodillo	00:03:02	117
119	Colocar rodillo en línea	00:00:50	118
120	Montar rodillo a chasis	00:01:47	119
121	Ajustar rodillo a chasis	00:03:40	121
122	Colocar tapón allen a rodillo trasero lado derecho	00:01:41	122
123	Preparación de chumacera	00:05:09	--
124	Colocar y ajustar chumacera	00:01:12	123
125	Colocar y ajustar <b>soporte rodillo trasero derecho</b>	00:01:41	122
126	Colocar preparación en rodillo	00:01:00	124
127	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:22	126
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>2:43:52</b>	

Tabla 21. E2. Operaciones y precedencia – Modelo A

Fuente: Elaboración propia

N°	ESTACIÓN 3	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
128	Colocar tapa de asiento	00:01:27	--
129	Preparación de <b>Z</b>	00:02:41	--
130	Colocar <b>Z</b>	00:01:16	128, 129
131	Colocar arnés	00:01:15	37, 39, 41
132	Colocar cincho	00:01:02	131
133	Acomodar arnés	00:00:48	133
134	Colocar y ajustar columna de dirección	00:08:10	37, 39, 41
135	Preparación de tablero	00:09:24	--
136	Colocar y ajustar tablero	00:07:14	134, 135
137	Preparación de volante	00:10:00	--
138	Colocar y ajustar volante	00:01:03	136, 137
139	Preparación de chicote de aceleración	00:11:44	--
140	Colocar y ajustar chicote de aceleración	00:03:34	136, 139
141	Colocar tapa de volante	00:00:08	138
142	Preparación de 8 manguera de 1/2	00:10:14	--
143	Colocar y ajustar paloma (sujetador de piso)	00:00:48	--
144	Colocar y ajustar 2 mangueras a columna de dirección	00:02:14	134
145	Conectar las 2 mangueras de columna de dirección a pistón	00:02:10	144, 39
146	Colocar y ajustar 2 mangueras a columna de dirección	00:02:08	134
147	Conectar las 2 mangueras de columna de dirección a Manifold grande	00:02:18	146, 22
148	Conectar y ajustar 2 mangueras a Manifold grande	00:01:04	22, 147
149	Conectar las 2 mangueras de Manifold grande a rodillo trasero	00:01:45	22, 126
150	Colocar y ajustar abrazadera gemela a 2 mangueras de Manifold grande a rodillo trasero	00:01:27	149
151	Preparación de tanque de agua pequeño	00:03:00	--
152	Colocar tanque en chasis	00:00:47	151
153	Preparación de filtro de agua	00:05:00	--
154	Preparación de bomba de agua	00:08:34	--
155	Conectar bomba de agua al arnés y colocar en el chasis	00:02:14	133, 154
156	Colocar protección de hule	00:02:20	155
157	Ajustar bomba de agua	00:00:29	156
158	Colocar filtro con 2 abrazaderas	00:02:14	157
159	Conectar 1 manguera de filtro de agua a bomba de agua	00:01:17	158, 157
160	Conectar 1 manguera de filtro de agua a tanque de agua pequeño	00:01:01	158, 152
161	Preparación de válvula de agua	00:10:08	--
162	Preparación de 3 mangueras en forma de <b>T</b> (se conecta a válvula de agua - rociador tra-del)	00:07:00	--

163	Conectar manguera <b>T</b> a válvula de agua	00:00:16	162, 15
164	Conectar manguera <b>T</b> a rociador trasero	00:00:08	162, 14
165	Conectar manguera <b>T</b> a rociador delantero	00:00:29	162, 14
166	Conectar manguera de válvula de agua a bomba de agua	00:00:35	14, 157
167	Colocar y alinear calcomanías de perilla y tacómetro	00:01:03	--
168	Colocar grommet	00:00:07	--
169	Preparación de perilla del agua	00:04:34	--
170	Colocar y ajustar perilla de agua	00:02:51	169
171	Colocar y ajustar tacómetro	00:00:57	--
172	Colocar y ajustar 12VDC	00:00:57	--
173	Conectar cable de arnés a 12VDC	00:01:24	133, 172
174	Colocar 2 cinchos	00:01:09	173
175	Conectar palanca de freno a manguera de freno (rodillo trasero)	00:02:21	126
176	Colocar y ajustar palanca de freno de mano en chasis	00:04:51	175
177	Colocar y ajustar cinturón de seguridad	00:02:51	--
178	Colocar y ajustar base de asiento	00:02:38	128
179	Colocar y ajustar asiento	00:02:09	178
180	Preparación de tanque de combustible	00:05:50	--
181	Colocar tanque de combustible	00:00:43	180
182	Colocar y ajustar cincho de tanque de combustible (colocar remaches a CTC)	00:04:01	181
183	Ajustar palanca <b>PREPARA E5 Y COLOCA E4</b>	00:05:56	248
184	Conectar tacómetro	00:01:10	171
185	Colocar y ajustar pila	00:00:20	166
186	Colocar y ajustar 2 grapas a pila para sujetarla	00:04:03	185
187	Conectar cables + y - a pila <b>PREPARA E4</b>	00:01:24	223, 186
188	Preparación de tanque de agua grande	00:03:16	--
189	Colocar tanque de agua grande	00:03:14	183
190	Conectar manguera de TP a TG y manguera de TG a TP	00:03:07	152, 189
191	Preparación de piso	00:05:20	--
192	Colocar y ajustar piso	00:01:18	191, 187
193	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:15	192
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>3:17:15</b>	

Tabla 22. E3. Operaciones y precedencia – Modelo A

Fuente: Elaboración propia

N°	ESTACIÓN 4	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
194	Sopletear chasis	00:02:02	193
195	Conectar y ajustar manguera de tanque de agua a rociadores (del-tra)	00:02:08	189, 14
196	Colocar las 2 mangueras a motor hidraulico	00:02:22	126
197	Colocar adaptadores (codos) a Manifold grande	00:01:12	22
198	Conectar 1a manguera de motor hidraulico izquierda a Manifold grande	00:02:31	22, 126
199	Conectar 2a manguera de motor hidraulico derecha a Manifold grande	00:02:31	22, 126
200	Colocar abrazadera gemela (verde)	00:02:02	198, 199
201	Colocar la conexión t abajo con Manifold pequeño	00:02:27	23
202	Colocar la conexión t arriba con bomba axial	00:02:29	46
203	Colocar adaptadores (codos) a Manifold pequeño y bomba axial	00:00:58	23, 46
204	Conectar manguera de Manifold pequeño a bomba axial	00:05:33	203
205	Colocar adaptadores (codos) a Manifold pequeño y Manifold Grande	00:01:09	22, 23
206	Conectar manguera de Manifold pequeño a Manifold Grande	00:03:59	205
207	Conectar manguera de bomba axial a Manifold Grande	00:01:35	46, 205
208	Colocar adaptadores (codos) a Manifold Grande	00:01:36	22
209	Conectar manguera de bomba axial a Manifold Grande	00:01:43	46, 208
210	Conectar manguera de bomba de engranes a Manifold Grande	00:02:16	46, 208
211	Colocar adaptadores (codos) a Manifold Grande y motor de vibración	00:01:52	22, 86
212	Colocar 2 mangueras de Manifold Grande a motor de vibración	00:06:13	211
213	Colocar 1 manguera de motor de vibración a adaptador pequeño	00:04:13	211, 19
214	Preparación de silenciador de escape	00:03:27	--
215	Colocar y ajustar silenciador de escape (conexión y dos abrazaderas)	00:06:45	213, 214
216	Colocar filtro de seguridad para gasolina a motor	00:02:11	215
217	Preparación de espiga	00:04:35	--
218	Colocar espiga en motor	00:04:55	216, 217
219	Preparación de arnés del horometro	00:06:39	--
220	Colocar y ajustar arnés del horometro	00:03:44	171
221	Colocar cinchos a chicote de ahogador y chicote de aceleración	00:02:49	132, 140
222	Conectar chicote de ahogador y chicote de aceleración a motor	00:07:22	221, 216
223	Preparación de cables positivo y negativo de pila	00:13:50	--

224	Colocar cables cables positivo y negativo de pila al motor	00:03:51	223, 187, 222
225	Colocar palanca de avance <b>PREPARA E5</b>	00:02:56	248
226	Ajustar a motor el chicote de la palanca de vance	00:01:12	225, 221
227	Preparación de calister	00:14:09	--
228	Preparación de resistencia	00:09:15	--
229	Colocar y ajustar calister	00:08:13	227, 226
230	Colocar cinchos a cables positivo y negativo de pila	00:00:41	224
231	Quitar tapa de filtro de llenado	00:00:18	29
232	Colocar y ajustar resistencia en canister	00:02:38	228, 229
233	Conectar resistencia a motor	00:02:11	232, 226
234	Colocar cinchos a cables de resistencia	00:01:13	233
235	Colocar tapa de filtro de llenado	00:00:20	234
236	Conectar manguera de vacío a calister	00:01:48	229
237	Preparación de tapa protectora de motor	00:12:22	--
238	Colocar y ajustar tapa protectora de motor junto con sus 2 soportes	00:10:43	237, 236
239	Colocar 2 cinchos a todas mangueras que pasan por los chasis	00:01:08	238
240	Preparación de protección de mangueras (espiral)	00:05:39	--
241	Colocar y ajustar espiral (cortar cinchos previamente colocados)	00:04:22	239, 240
242	Sopletear chasis	00:01:44	241
243	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:19	242
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>3:12:10</b>	

Tabla 23. E4. Operaciones y precedencia – Modelo A

Fuente: Elaboración propia

N°	ESTACIÓN 5	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
244	Termina actividad de montaje de Modelo A a tarima		--
245	Colocación y ajuste de placa de lado de palanca	00:01:20	225
246	Preparación de raspadores de rodillos (tra-del)	00:05:12	--
247	Colocación de raspadores ( <b>rodillo trasero</b> )	00:02:10	246, 241
248	Preparación de palanca de avance	01:00:21	--
249	Preparación de resortes	00:02:36	--
250	Colocación y ajuste de resortes	00:02:12	249, 247
251	Ajuste de raspadores (rodillo trasero 1)	00:01:09	250
252	Colocación y ajuste de tapa trasera para tanque de agua grande	00:06:40	241
253	Colocación y ajuste de tapa frontal de columna de dirección	00:08:11	252
254	Colocación y ajuste de tapas de protección de mangueras (traseras)	00:06:43	253
255	Aplicar loctite a tornillos de rollbar	00:04:06	254
256	Colocación y ajuste de rollbar	00:02:27	255
257	Calibración de motor	00:01:08	256
258	Colocación y ajuste de portamanual	00:00:37	--
259	Llenado de aceite	00:02:27	257
260	Colocación y ajuste de cofre	00:13:36	259
261	Ajuste de raspadores (rodillo trasero 2)	00:02:00	247
262	Desbaste de cofre de motor	00:12:36	260
263	Pulido de cofre de motor	00:07:09	262
264	Limpieza del equipo (aire comprimido)	00:01:08	263
265	Colocación de raspadores ( <b>rodillo delantero</b> )	00:02:34	247
266	Colocación y ajuste de raspadores de rodillo delantero	00:08:14	265
267	Colocación de etiquetas	00:10:08	266
268	Prueba de Modelo A (vibración)	00:36:19	267
269	Colocación y ajuste de tapas de protección de mangueras (delanteras)	00:02:23	268
270	Prueba de Modelo A (dirección, volante, delante-atrás)	00:06:00	269
271	Empaque	00:02:58	270
272	Montaje a tarima de Modelo A	00:01:45	271
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>3:34:09</b>	

Tabla 24. E5. Operaciones y precedencia – Modelo A

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2 Lista de operaciones ejecutadas por estación y su precedencia modelo B

N°	ESTACIÓN 1	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
1	Trasladar chasis a estación 1	00:00:34	--
2	Machuelear chasis de lado de rodillos	00:04:55	1
3	Sopletear chasis	00:00:14	2
4	Preparación de tanque de agua	00:02:24	--
5	Colocar y ajustar tanque de agua	00:02:31	3, 4
6	Machuelear chasis (donde va el motor se usa matraca)	00:05:26	1
7	Machuelear chasis (demás orificios)	00:00:24	1
8	Colocar tapa de tanque	00:00:13	6, 7
9	Preparación de rodillos de apoyo a chasis	00:05:12	--
10	Alzar chasis	00:00:19	8
11	Colocar pernos y 2 rodillos de apoyo a chasis	00:05:43	9, 10
12	Preparación de unidad hidrostática	00:10:23	--
13	Preparación de manguera de motor	00:01:23	--
14	Preparación de motor	00:09:17	--
15	Colocar y ajustar motor en chasis	00:06:36	11, 14
16	Preparación de flecha motriz	00:20:40	--
17	Colocar y ajustar flecha motriz	00:07:28	15, 16
18	Colocar y ajustar unidad hidrostática en chasis	00:03:55	17
19	Colocar y ajustar banda	00:02:29	18
20	Colocar palanca de embrague y horquilla	00:05:38	19
21	Colocar 2 mordazas de la flecha motriz	00:03:37	17
22	Sopletear chasis	00:00:14	21
23	Limpiar chasis con trapo	00:00:49	22
24	rodillos de apoyo)	00:01:00	--
25	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:13	23
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>1:41:37</b>	

Tabla 25. E1. Operaciones y precedencia – Modelo B

Fuente: Elaboración propia



N°	ESTACIÓN 2	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
26	Machuelear rodillo de lado izquierdo (caja de transmisión)	00:05:11	--
27	Colocar y ajustar amortiguadores	00:02:20	26
28	Preparación de 2 portarodamientos	00:10:32	--
29	Colocar y ajustar portarodamiento	00:02:49	27, 28
30	Colocar tapa hexagonal	00:01:22	29
31	Preparación de soporte lateral de rodillo	00:02:43	--
32	Colocar y ajustar soporte lateral de rodillo	00:02:00	30, 31
33	Voltear rodillo	00:00:23	32
34	Aspirar interior de rodillo	00:01:00	33
35	Colocar y ajustar amortiguadores	00:02:11	34
36	Colocar y ajustar portarodamiento	00:01:26	35
37	Colocar y ajustar eje excentrico	00:01:16	36
38	Colocar reten en portarodamiento	00:00:20	37
39	Preparación de caja de transmisión (con engrane de salida)	00:45:43	--
40	Colocar caja de transmisión	00:01:36	38, 39
41	Colocar y ajustar soporte de la caja de transmisión	00:02:07	40
42	Machuelear 4 orificios del soporte de la caja	00:02:26	41
43	Colocar y ajustar 3 poleas	00:03:26	42
44	Colocar y ajustar manguera del agua	00:00:56	43
45	Colocar esponja	00:00:03	44
46	Acostar rodillo	00:00:32	45
47	Colocar y ajustar placa lateral	00:02:14	46
48	Elevar ensamble de E1	00:01:11	--
49	Rodar rodillo hacia ensamble elevado	00:00:48	47, 48
50	Colocar y ajustar ensamble sobre rodillo	00:01:02	49
51	bien ensamble	00:01:00	50
52	Volver a colocar tornillos	00:01:21	51
53	Apretar todos los tornillos	00:05:00	52
54	Limpiar chasis	00:00:17	53
55	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:08	54
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>1:43:23</b>	

Tabla 26. E2. Operaciones y precedencia – Modelo B

Fuente: Elaboración propia

N°	ESTACIÓN 3	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
56	Preparación de ejes de articulación de avance y retroceso	00:20:35	--
57	Colocar y ajustar los 2 ejes de avance y retroceso	00:06:03	53
58	Preparación de funda para birlo y esfera	00:20:11	--
59	Colocar y ajustar funda para birlo y esfera	00:03:00	57, 58
60	Preparación de clutch	00:15:11	--
61	Colocar y ajustar clutch con flecha motriz	00:02:10	59, 60
62	Colocar y ajustar horquilla de embrague para la calibración del clutch	00:02:58	61
63	Pegar manguera de agua y ajustar	00:01:06	62
64	Colocar bandas y ajustar	00:02:13	63
65	Colocar y ajustar refuerzo soporte de rodillo de apoyo (delantero)	00:07:04	64
66	Colocar y ajustar refuerzo soporte de rodillo de apoyo (trasero)	00:07:04	65
67	Preparación de rociadores	00:06:03	--
68	Preparación de válvula de agua	00:35:00	--
69	Colocar y ajustar rociadores	00:01:50	66, 67
70	Colocar y ajustar válvula de agua	00:02:03	69, 68
71	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:10	70
	<b>TIEMPO TOTAL</b>	<b>2:12:41</b>	

Tabla 27. E3. Operaciones y precedencia – Modelo B

Fuente: Elaboración propia

N°	ESTACIÓN 4	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
72	Preparación de manubrio	00:39:20	--
73	Colocar y ajustar manubrio	00:01:49	72
74	Preparación de solera de vibración	00:04:07	--
75	Preparación de solera de avance	00:03:05	--
76	Colocar solera de vibración	00:03:12	74
77	Colocar solera de avance	00:03:12	75
78	Colocar tornillos a soleras y ajustar	00:02:36	77
79	Preparación de manguera para botón de paro	00:01:35	--
80	Preparación de botón de paro con tierra	00:04:41	--

81	Colocar botón de paro junto con manguera	00:08:33	79, 80
82	Colocar sujetadores (cable 14 con placa que divide chasis)	00:02:49	81
83	Preparar fijadores de chicote	00:01:33	--
84	Colocar chicote de soporte de agua conectado con la palanca accionadora de rociador y válvula de agua	00:05:11	82, 83
85	Engrasar y colocar tapones de las graseras	00:00:58	84
86	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:11	85
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>1:22:52</b>	

Tabla 28. E4. Operaciones y precedencia – Modelo B

Fuente: Elaboración propia

N°	<b>ESTACIÓN 5</b>	TIEMPO (hr:min:seg)	PRECEDENCIA
87	Preparación de tacometro	00:03:21	--
88	Conectar tacometro	00:03:01	87
89	Preparación de caseta con tapa de bandas e instructivo (con calcomanías)	00:20:00	--
90	Preparación de ventilador	00:02:02	--
91	Colocar ventilador en unidad	00:03:17	90
92	Colocar tirante de transportador	00:02:07	91
93	Preparación de transportador con ganchos	00:13:29	--
94	Colocar transportador en chasis	00:03:40	92, 93
95	Preparación de protección de válvula de agua	00:03:31	--
96	Colocar protección de válvula de agua	00:03:06	84, 95
97	Preparación de 2 raspadores de rodillo	00:12:45	--
98	Colocar raspadores de rodillo	00:05:00	96, 97
99	vaciar gasolina	00:01:20	98
100	Colocar calcomanias	00:15:42	99
101	Prueba de vibración en cojin	00:07:00	100
102	Colocación de caseta	00:05:21	101
103	Prueba de motor	00:06:11	102
104	Entarimar	00:03:00	103
105	Ajustar tuercas de rodillos	00:00:32	104
106	Llevar Modelo B a E3	00:01:55	105
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>1:56:20</b>	

Tabla 29. E5. Operaciones y precedencia – Modelo B

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Tiempo suplementario

Ningún operador puede mantener un paso estándar todos los minutos del día de trabajo. A continuación, se muestra los puntos tomados del sistema de suplementos por descanso (basado en el método de valoración objetiva con estándares de fatiga) como porcentaje de los tiempos normales. Se consideraron los suplementos constantes y variables. Interrupciones que se presentaron durante la toma de tiempos y se les asignó una holgura:

- La primera son las interrupciones personales (idas al baño y a tomar agua).
- La segunda es la fatiga.
- La tercera son los retrasos inevitables (herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y estanterías vacías respecto a material).

Niebel & Freivalds (2009) argumentan que el estudio de tiempos se realiza durante un periodo relativamente corto y como los elementos extraños se tienen que retirar al establecer el tiempo normal, debe agregarse una holgura al tiempo normal con el propósito de llegar a un estándar justo para los trabajadores.

SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE
Suplementos por necesidades personales	5
Suplementos base por fatiga	4

	SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE
A	Suplementos por trabajar de pie	2
B	Suplementos por postura anormal Incomoda (inclinado)	2
C	Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)	5
G	Ruido Intermitente y muy fuerte	0
I	Monotonía Trabajo bastante monótono	1
<b>TIEMPO SUPLEMENTOS =</b>		<b>19</b> %
		<b>1.19</b>

Tabla 30. Suplementos considerados para balanceo

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje del sistema de suplementos es del 19%. El tiempo suplementario (**TS**) se da como una pequeña fracción del tiempo normal y se multiplica igual a 1 + Suplemento:

$$TS = TN \times (1 + \text{Suplemento})$$

Modelo A	31.8	
Modelo B	14.4	
<b>Total</b>	46.2	
<b>Promedio</b>	<b>24</b>	min

Tabla 31. Tiempo suplementario

Fuente: Elaboración propia

El tiempo suplementario es de 24 minutos para cada operador y ambos modelos de ensamble. Además de que cuentan con media de comida.

#### *4.2.4 Tiempo estándar*

Cabe recalcar que a cada estación de trabajo se le agrego tiempo suplementario (24 min) y check list (3 min) como parte del tiempo estándar. El tiempo estándar para el modelo A es de **19:47:00 hrs** y el modelo B de **10:44:42 hrs**.

#### *4.2.5 Tiempo ciclo*

La capacidad de producción del modelo A es de **05:00:00 hrs**, es decir, el tiempo que se requiere para generar el modelo **A**.

$$TC = \text{Jornada laboral} / \text{Demanda}$$

$$TC = 09:00:00 \text{ hrs} / 1.8 \text{ equipos}$$

$$TC = \mathbf{05:00:00 \text{ hrs}}$$

La capacidad de producción del modelo B es de **03:00:00 hrs**, es decir, el tiempo que se requiere para generar el modelo **B**.

$$TC = \text{Jornada laboral} / \text{Demanda}$$

$$TC = 09:00:00 \text{ hrs} / 3 \text{ equipos}$$

$$TC = \mathbf{03:00:00 \text{ hrs}}$$

#### *4.2.6 Número de operadores*

**NO** = Tiempo estándar / Tiempo de ciclo

**NO** = 19:47:00 hrs / 05:00:00 hrs

**NO = 3.956**

El número de operadores debe ser un número entero, por lo tanto, si el resultado tiene decimales este se redondea. Por consiguiente, el número mínimo teórico requerido de operadores para el modelo A es de 4.

**NO** = Tiempo estándar / Tiempo de ciclo

**NO** = 10:44:42 hrs / 03:00:00 hrs

**NO = 3.581**

El número mínimo teórico requerido de operadores para el modelo B es de 4.

## 4.2.7 Asignación de operaciones por estación

### 4.2.7.1 Modelo A

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 1		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Trasladar chasis a estación 1	00:00:39
2	Sopletear chasis	00:00:41
3	Quitar perlas de soldadura del tanque con lija y espátula	00:14:03
4	Sopletear tanque	00:04:58
5	Colocar tapón de drene y mirilla para que no se riegue el desengrasante dieléctrico	00:01:50
6	Aplicar desengrasante dieléctrico (sacudir tanque para dispersarlo)	00:03:19
7	Quitar tapón de drene para vaciar en un bote el desengrasante dieléctrico	00:01:04
8	Limpiar tanque	00:03:34
9	Sopletear tanque	00:03:32
10	Colocar tapones rojos para que no se ensucie de nuevo el tanque	00:00:24
11	Preparación de rociadores (del-tra) - (codo 90°, con grapa negra)	00:14:38
12	Colocar y ajustar rociadores (del-tra)	00:07:27
13	Preparación de válvula de agua	00:10:08
14	Colocar y ajustar válvula de agua	00:10:02
15	Colocar y ajustar grasera de pistón	00:02:51
16	Preparación de torre de adaptadores grande	00:02:05
17	Colocar y ajustar torre de adaptadores grande	00:00:46
18	Colocar y ajustar torre de adaptadores pequeña	00:00:45
19	Preparación de Manifold grande	00:35:00
20	Preparación de Manifold pequeño	00:15:45
21	Colocar y ajustar Manifold grande	00:03:04
22	Colocar y ajustar Manifold pequeño	00:03:41
23	Colocar de aceite (blanco)	00:00:23
24	Quitar tapones rojos	00:00:08
25	Colocar filtro de succión de aceite	00:02:51
26	Preparación de tapa de registro para limpieza	00:04:45
27	Colocar tapa de registro para limpieza	00:00:43
28	Colocar tapa de filtro de llenado/base	00:05:14

29	Torquear tapa de registro para limpieza y tapa de filtro de llenado/base	00:02:29
30	Preparación de filtro de llenado	00:02:11
31	Colocar filtro de llenado	00:02:45
32	Colocar manguera de succión	00:00:40
33	Colocar y ajustar al inicio de la manguera una abrazadera	00:01:35
34	Colocar de nuevo y ajustar tapón de drene	00:03:51
35	Preparación de base de articulación	00:21:02
36	Colocar base de articulación para la unión de chasis	00:04:31
37	Preparación de pistón	00:11:23
38	Colocar y ajustar pistón	00:06:47
39	Preparación de barra estabilizadora	00:02:12
40	Colocar y ajustar barra estabilizadora	00:03:27
41	Aplicar grasa a pistón y barra estabilizadora	00:01:02
42	Colocar 10 tuercas remachadoras	00:03:00
43	Preparación de palanca de bloqueo (roja)	00:03:21
44	Colocar y ajustar palanca de bloqueo (roja)	00:01:32
45	Colocar y ajustar paloma (sujetador de piso)	00:00:48
46	Colocar y alinear calcomanía de tacómetro y perilla	00:01:04
47	Colocar grommet	00:00:57
48	Colocar Horometro / Tacómetro.	00:00:07
49	Colocar y ajustar 12VDC	00:00:57
50	Preparación de perilla del agua	00:04:34
51	Colocar y ajustar perilla de agua	00:02:51
52	Ajustar válvula de agua	00:01:41
53	Sopletear chasis	00:01:09
54	Limpiar chasis	00:03:52
55	Check list	00:03:00
56	Tiempo suplementario	00:24:00
57	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:36
		<b>4:31:44</b>
	Machuelear chasis delantero	00:12:11
	Machuelear chasis trasero	00:12:02
		<b>4:55:57</b>

Tabla 32. Balanceo - Estación 1 - Modelo A

Fuente: Elaboración propia



OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 2		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Preparación de motor	00:51:40
2	Colocar motor en chasis y alinearlos	00:03:00
3	Colocar y ajustar escantillón para que no se mueva el motor	00:01:45
4	Ajustar motor a chasis	00:03:30
5	Colocar sujetador de chicote a lado de motor	00:01:23
6	Colocar y ajustar al final de la manguera de filtro de llenado una abrazadera	00:01:35
7	Engrasar manguera de succión por dentro y engrasar codo de bomba de engranes	00:01:01
8	Conectar manguera de succión a codo de bomba de engranes	00:02:51
9	Ajustar adaptador de filtro de aceite (blanco)	00:00:30
10	Colocar y ajustar escape de motor	00:03:28
11	Checar nivel de aceite de motor y marcar OK con plumón	00:00:25
12	Quitar tapa panel del motor	00:01:00
13	Colocar tapa de asiento	00:01:27
14	Preparación de <b>Z</b>	00:02:41
15	Colocar <b>Z</b>	00:01:16
16	Colocar arnés	00:01:15
17	Colocar cincho al arnés	00:01:02
18	Acomodar arnés	00:00:48
19	Colocar y ajustar columna de dirección	00:08:10
20	Preparación de tablero	00:09:24
21	Colocar y ajustar tablero	00:07:14
22	Preparación de volante	00:10:00
23	Colocar y ajustar volante	00:01:03
24	Preparación de chicote de aceleración	00:11:44
25	Colocar y ajustar chicote de aceleración	00:03:34
26	Colocar tapa de volante	00:00:08
27	Preparación de 10 manguera de 1/2	00:10:14
28	Colocar y ajustar 2 mangueras a columna de dirección	00:02:14
29	Conectar las 2 mangueras de columna de dirección a pistón	00:02:10

30	Colocar y ajustar 2 mangueras a columna de dirección	00:02:08
31	Conectar las 2 mangueras de columna de dirección a Manifold grande	00:02:18
32	Conectar y ajustar 2 mangueras a Manifold grande	00:01:04
33	Conectar las 2 mangueras de Manifold grande a rodillo trasero	00:01:45
34	Colocar y ajustar abrazadera gemela a 2 mangueras de Manifold grande a rodillo trasero	00:01:27
35	Preparación de tanque de agua pequeño	00:03:00
36	Colocar tanque en chasis	00:00:47
37	Preparación de filtro de agua	00:05:00
38	Preparación de bomba de agua	00:08:34
39	Conectar bomba de agua al arnés y colocar en el chasis	00:02:14
40	Colocar hule	00:02:20
41	Ajustar bomba de agua	00:00:29
42	Colocar filtro con 2 abrazaderas	00:02:14
43	Conectar 1 manguera de filtro de agua a bomba de agua	00:01:17
44	Conectar 1 manguera de filtro de agua a tanque de agua pequeño	00:01:01
45	Preparación de 3 mangueras en forma de <b>T</b> (se conecta a válvula de agua - rociador tra-del)	00:07:00
46	Conectar manguera <b>T</b> a válvula de agua	00:00:16
47	Conectar manguera <b>T</b> a rociador trasero	00:00:08
48	Conectar manguera <b>T</b> a rociador delantero	00:00:29
49	Conectar manguera de válvula de agua a bomba de agua	00:00:35
50	Colocar y ajustar cinturón de seguridad	00:02:51
51	Conectar cable de arnés a 12VDC	00:01:24
52	Colocar 2 cinchos	00:01:09
53	Conectar palanca de freno a manguera de freno (rodillo trasero)	00:02:21
54	Colocar y ajustar palanca de freno de mano en chasis	00:04:51
55	Conectar Horometro / Tacómetro.	00:01:10
56	Colocar y ajustar soporte de asiento fijo	00:02:38
57	Colocar y ajustar asiento	00:02:09
58	<b>RODILLO TRASERO</b>	
59	Colocar rodillo en tapete de hule	00:00:10
61	Preparación de <b>soporte rodillo trasero izquierdo</b>	→
62	• Colocar sobre mesa	00:01:05
63	• Preparación de motor hidráulico	00:04:00

64	• Colocar y ajustar motor hidráulico	00:02:09
65	• Colocar 3 pernos y base de chicote de freno	00:04:08
66	• Colocar y ajustar chicote de freno	00:03:12
67	• Preparación de balata	00:05:08
68	• Colocar y ajustar balata	00:01:45
69	• Colocar y ajustar masa de acoplamiento	00:00:35
70	• Colocar y ajustar placa de transmisión trasera	00:00:29
71	• Colocar y ajustar 6 rondanas, 6 tornillos y 2 pernos a placa de transmisión trasera	00:02:12
72	• Colocar y ajustar rondana	00:00:11
73	• Colocar y ajustar tuerca de castillo	00:00:44
74	• Colocar y ajustar chaveta	00:01:11
75	• Colocar en banco y dar torque	00:02:00
76	Colocar y ajustar soporte rodillo trasero izquierdo con grúa a rodillo	00:03:02
77	Colocar rodillo en línea	00:00:50
78	Montar rodillo a chasis	00:01:47
79	Ajustar rodillo a chasis	00:03:40
80	Colocar tapón allen a rodillo trasero lado derecho	00:01:41
81	Preparación de chumacera	00:05:09
82	Colocar y ajustar chumacera	00:01:12
83	Colocar y ajustar <b>soporte rodillo trasero derecho</b>	00:01:41
84	Colocar preparación en rodillo	00:01:00
85	Check list	00:03:00
86	Tiempo suplementario	00:24:00
87	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:15
		<b>4:45:27</b>
	Maquinado de tapón de drene de motor	00:01:30
	Tiempo de traslado (ir y venir) a maquinado	00:04:00
	Pintar primera parte de escape	00:06:00
		<b>4:56:57</b>

Tabla 33. Balanceo - Estación 2 - Modelo A




Fuente: Elaboración propia

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 3		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Sopletear chasis	00:02:02
2	Conectar y ajustar manguera de <b>tanque de agua a rociadores (del-tra)</b>	00:02:08
3	Colocar la conexión <b>t</b> abajo con <b>Manifold pequeño</b>	00:02:27
4	Colocar la conexión <b>t</b> arriba con <b>bomba axial</b>	00:02:29
5	Colocar adaptadores (codos) a Manifold pequeño y bomba axial	00:00:58
6	Conectar manguera de <b>Manifold pequeño a bomba axial</b>	00:05:33
7	Colocar adaptadores (codos) a Manifold pequeño y Manifold Grande	00:01:09
8	Conectar manguera de <b>Manifold pequeño a Manifold Grande</b>	00:03:59
9	Conectar manguera de <b>bomba axial a Manifold Grande</b>	00:01:35
10	Colocar adaptadores (codos) a Manifold Grande	00:01:36
11	Conectar manguera de <b>bomba axial a Manifold Grande</b>	00:01:43
12	Conectar manguera de <b>bomba de engranes a Manifold Grande</b>	00:02:16
13	Preparación de silenciador de escape	00:03:27
14	Colocar y ajustar silenciador de escape (conexión y dos abrazaderas)	00:06:45
15	Colocar filtro de seguridad para gasolina a motor	00:02:11
16	Preparación de espiga	00:04:35
17	Colocar espiga en motor	00:04:55
18	Preparación de arnés del horometro	00:06:39
19	Colocar y ajustar arnés del horometro	00:03:44
20		
21	Colocar cinchos a chicote de ahogador y chicote de aceleración	00:02:49
22	Conectar chicote de ahogador y chicote de aceleración a motor	00:07:22
23	Preparación de cables positivo y negativo de pila	00:13:50
24	Colocar cables positivo y negativo de pila al motor	00:03:51
25	Preparación de canister	00:14:09
26	Preparación de resistencia	00:09:15
27	Colocar y ajustar canister	00:08:13
28	Colocar cinchos a cables positivo y negativo de pila	00:00:41

29	Destapar filtro de llenado	00:00:18
30	Colocar y ajustar resistencia en canister	00:02:38
31	Conectar resistencia a motor	00:02:11
32	Colocar cinchos a cables de resistencia	00:01:13
33	Tapar filtro de llenado	00:00:20
34	Conectar manguera de vacío a canister	00:01:48
35	Preparación de tapa protectora de motor	00:12:22
36	Colocar y ajustar tapa protectora de motor junto con sus 2 soportes	00:10:43
37	Colocar 2 cinchos a todas mangueras que pasan por los chasis	00:01:08
38	Preparación de protección de mangueras (espiral)	00:05:39
39	Colocar y ajustar espiral (cortar cinchos previamente colocados)	00:04:22
40	Sopletear chasis	00:01:44
41	Colocar y ajustar pila	00:00:20
42	Colocar y ajustar 2 grapas a pila para sujetarla	00:04:03
43	Conectar cables positivo y negativo a pila	00:01:24
44	Preparación de palanca de avance	01:00:21
45	Colocar palanca de avance	00:02:56
46	Ajustar palanca de avance	00:05:56
47	Ajustar a motor el chicote de la palanca de avance	00:01:12
48	Colocación y ajuste de placa de lado de palanca	00:01:20
49	Colocar adaptadores (codos) a <b>Manifold grande</b>	00:01:12
50	Colocar 2 mangueras a <b>Manifold grande</b> y dejar colgando para posteriormente conectarlas a motor hidráulico	00:02:22
51	Colocar abrazadera gemela (verde)	00:02:02
52	Check list	00:03:00
53	Tiempo suplementario	00:24:00
54	Trasladar equipo a siguiente estación	00:00:19
		<b>4:35:14</b>
	Pintar segunda parte del escape	00:08:00
	Desarmar palanca de avance	00:05:13
	Maquinado de tubo de palanca	00:02:00
	Tiempo de traslado (ir y venir) a maquinado	00:04:00
		<b>4:54:27</b>

Tabla 34. Balanceo - Estación 3 - Modelo A

Fuente: Elaboración propia

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 4		
Nº	OPERACIÓN	TIEMPO
1	<b>RODILLO DELANTERO</b>	
2	Colocar rodillo en tapete de rompecabezas	00:00:10
3	Acostar rodillo sobre cojín	00:00:55
4	Voltear rodillo	00:01:18
5	Sopletear rodillo	00:01:32
6	Preparación de portarodamiento 	00:14:55
7	Colocar y ajustar 4 amortiguadores	00:02:24
8	Colocar portarodamiento	00:00:25
9	Elevar rodillo con grúa	00:01:25
10	Ajustar portarodamiento	00:00:25
11	Bajar rodillo	00:00:36
12	Preparación de eje excéntrico	00:05:15
13	Colocar y ajustar eje excéntrico	00:00:56
14	Preparación de plato de arrastre	00:14:55
15	Colocar y ajustar plato de arrastre	00:00:50
16	Colocar y ajustar acoplamiento flexible (amarillo)	00:00:12
17	Colocar y ajustar rodamiento	00:01:27
18	Preparación de trébol	00:06:47
19	Colocar y ajustar trébol	00:02:17
20	Colocar junta	00:00:54
21	Preparación de motor vibrador	00:07:20
22	Colocar y ajustar motor vibrador	00:04:30
23	Pintar motor vibrador	00:01:01
24	Colocar y ajustar <b>soporte</b>	00:02:41
25	Voltear rodillo	00:01:18
26	Preparación de soporte delantero	→
27	• Colocar sobre banco y machuelear	00:01:05
28	• Preparación de motor hidráulico	00:04:00
29	• Colocar y ajustar motor hidráulico	00:02:09
30	• Colocar y ajustar masa de acoplamiento	00:00:35
31	• Colocar y ajustar placa de transmisión trasera 	00:00:29
32	• Colocar y ajustar 6 rondanas, 6 tornillos y 2 pernos a placa de transmisión trasera 	00:02:12
33	• Colocar y ajustar rondana	00:00:11
34	• Colocar y ajustar tuerca de castillo	00:00:44
35	Colocar y ajustar soporte delantero con grúa a rodillo	00:03:02

36	Colocar rodillo en línea	00:00:50
37	Montar rodillo a chasis	00:01:47
38	Ajustar rodillo a chasis	00:02:40
39	Torquear rodillo delantero	00:01:46
40	Preparación de tanque de combustible	00:05:50
41	Colocar tanque de combustible	00:00:43
42	Colocar y ajustar cincho de tanque de combustible (colocar remaches a CTC)	00:04:01
43	Preparación de tanque de agua grande	00:03:16
44	Colocar tanque de agua grande	00:03:14
45	Conectar manguera de TP a TG y manguera de TG a TP	00:03:07
46	Conectar 1a manguera que viene de <b>MG a Motor hidráulico izquierda</b>	00:02:31
47	Conectar 2a manguera que viene de <b>MG a Motor hidráulico derecha</b>	00:02:31
48	Ajustar abrazadera gemela (verde)	00:02:02
49	Colocar adaptadores (codos) a <b>Manifold Grande y motor de vibración</b>	00:01:52
50	Conectar 2 mangueras que vienen de <b>MG a motor de vibración</b>	00:06:13
51	Conectar 1 manguera que vienen de <b>adaptador pequeño a motor de vibración</b>	00:04:13
52	Colocación y ajuste de placa a la altura de volante	00:03:11
53	Colocación de etiquetas	00:10:08
54	Preparación de raspadores de rodillos (tra-del)	00:14:00
55	Colocación de raspadores ( <b>rodillo trasero</b> )	00:02:10
56	Preparación de resortes	00:02:36
57	Colocación y ajuste de resortes	00:02:12
58	Ajuste de raspadores ( <b>rodillo trasero</b> )	00:01:09
59	Colocación y ajuste de tapa trasera para tanque de agua grande	00:04:40
60	Colocación y ajuste de tapas de protección de mangueras (traseras)	00:06:43
61	Colocación y ajuste de tapas de protección de mangueras (delanteras)	00:06:43
62	Aplicar loctite a tornillos de rollbar	00:02:06
63	Colocación y ajuste de rollbar	00:02:27
64	Calibración de motor	00:01:08
65	Llenado de aceite	00:02:27

66	Llenado de gasolina al tanque de combustible	00:01:27
67	Colocación y ajuste de cofre	00:13:36
68	Desbaste de cofre de motor	00:12:36
69	Pulido de cofre de motor	00:07:09
70	Limpieza del área (aire comprimido)	00:01:08
71	Colocación de raspadores ( <b>rodillo delantero</b> )	00:02:34
72	Ajuste de raspadores ( <b>rodillo delantero</b> )	00:02:00
73	Preparación de piso	00:05:20
74	Colocar y ajustar piso	00:01:18
75	Colocación y ajuste de portamanual	00:02:37
76	Prueba de AR14 (vibración)	00:15:00
77	Prueba de AR14 (dirección, volante, delante-atrás)	00:06:00
78	Empaque	00:02:58
79	Montaje a tarima de AR14	00:01:45
80	Check list	00:03:00
81	Tiempo suplementario	00:24:00
		<b>4:59:39</b>
		<b>4:59:39</b>

Tabla 35. Balanceo - Estación 4 - Modelo A

Fuente: Elaboración propia



En las siguientes figuras 17, 18 y 19 se muestra el progreso de ensamble del modelo A, en un inicio, a la mitad y al final de su fabricación.



Figura 17. Modelo A – Inicio del ensamble

Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Modelo A – Mitad del ensamble

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Modelo A – Final del ensamble

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.7.2 Modelo B

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 1		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Trasladar chasis a estación 1	00:00:34
2	Sopletear chasis	00:00:14
3	Preparación de tanque de agua	00:02:24
4	Colocar y ajustar tanque de agua	00:02:31
5	Colocar tapón de tanque de agua	00:00:13
6	Preparación de rodillos de apoyo a chasis	00:05:12
7	Alzar chasis	00:00:19
8	Colocar pernos y 2 rodillos de apoyo a chasis	00:05:43
9	Preparación de unidad hidrostática (con brazo con buje)	00:10:23
10	Preparación de manguera de drene de motor	00:01:23
11	Preparación de motor	00:09:17
12	Colocar y ajustar motor en chasis	00:06:36
13	Preparación de flecha motriz	00:20:40
14	Colocar y ajustar flecha motriz	00:07:28
15	Colocar y ajustar undad hidrostática (con brazo con buje) en chasis	00:03:55
16	Colocar y ajustar banda para alzar unidad hidrostática	00:02:29
17	Colocar palanca de embrague y horquilla	00:05:38
18	Colocar 2 mordazas de la flecha motriz	00:03:37
19	Sopletear chasis	00:00:14
20	Limpiar chasis con trapo	00:00:49
21	Ir por tuercas y dejar sobre chasis para la E2 (son de los rodillos de apoyo)	00:01:00
22		
23	Preparación de ejes de articulación de avance y retroceso	00:20:35
24	Colocar y ajustar los 2 ejes de avance y retroceso	00:06:03
25	Preparación de tacometro	00:03:21
26	Conectar tacometro	00:03:01
27	Check list	00:03:00
28	Tiempo suplementario	00:24:00
29	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:13
		<b>2:30:52</b>

	Machuelear chasis de lado de rodillos	00:04:55
	Machuelear chasis (donde va el motor se usa matraca)	00:05:26
	Machuelear chasis (demás orificios)	00:00:24
		<b>2:41:37</b>

Tabla 36. Balanceo - Estación 1 - Modelo B

Fuente: Elaboración propia

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 2		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Colocar y ajustar amortiguadores	00:02:20
2	Preparación de 2 portarodamientos	00:10:32
3	Colocar y ajustar portarodamiento 1	00:02:49
4	Colocar placa hexagonal	00:01:22
5	Preparación de soporte lateral de rodillo	00:02:43
6	Colocar y ajustar soporte lateral de rodillo	00:02:00
7	Voltear rodillo	00:00:23
8	Aspirar interior de rodillo	00:01:00
9	Colocar y ajustar amortiguadores	00:02:11
10	Colocar y ajustar portarodamiento 2	00:01:26
11	Colocar y ajustar eje excentrico	00:01:16
12	Colocar reten en portarodamiento	00:00:20
13	Preparación de caja de transmisión (con engrane de salida)	00:45:43
14	Colocar caja de transmisión	00:01:36
15	Colocar y ajustar soporte de la caja de transmisión	00:02:07
16	Colocar y ajustar 3 poleas	00:03:26
17	Colocar y ajustar manguera del agua	00:00:56
18	Colocar cojin	00:00:03
19	Acostar rodillo	00:00:32
20	Colocar y ajustar placa lateral	00:02:14
21	Elevar ensamble de E1	00:01:11
22	Rodar rodillo hacia ensamble elevado	00:00:48
23	Colocar y ajustar ensamble sobre rodillo	00:01:02
24	Quitar tornillos de rodillos de apoyo para poder ajustar bien ensamble	00:01:00
25	Volver a colocar tornillos	00:01:21
26	Apretar todos los tornillos	00:05:00
27	Limpiar chasis	00:00:17

28	Preparación de clutch	00:15:11
29	Colocar y ajustar clutch con flecha motriz	00:02:10
30	Colocar y ajustar horquilla de embrague para la calibración del clutch	00:02:58
31	Colocar bandas y ajustar	00:02:13
32	Preparación de rociadores	00:06:03
33	Colocar y ajustar rociadores	00:01:50
34	Check list	00:03:00
35	Tiempo suplementario	00:24:00
36	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:08
		<b>2:33:11</b>
	Machuelear rodillo de lado izquierdo (caja de transmisión)	00:05:11
	Machuelear 4 orificios del soporte de la caja	00:02:26
		<b>2:40:48</b>

Tabla 37. Balanceo - Estación 2 - Modelo B

Fuente: Elaboración propia

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 3		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Preparación de funda para birlo y esfera	00:20:11
2	Colocar y ajustar funda para birlo y esfera	00:03:00
3	Pegar manguera de agua y ajustar	00:01:06
4	Colocar y ajustar refuerzo soporte de rodillo de apoyo <b>(delantero)</b>	00:07:04
5	Colocar y ajustar refuerzo soporte de rodillo de apoyo <b>(trasero)</b>	00:07:04
6	Preparación de válvula de agua	00:35:00
7	Colocar y ajustar válvula de agua	00:02:03
8	Preparación de manubrio	00:39:20
9	Colocar y ajustar manubrio	00:01:49
10	Preparación de solera de vibración	00:04:07
11	Preparación de solera de avance	00:03:05
12	Colocar solera de vibración	00:03:12
13	Colocar solera de avance	00:03:12
14	Colocar tornillos a soleras y ajustar	00:02:36
15	Check list	00:03:00
16	Tiempo suplementario	00:24:00
17	Pasar chasis a siguiente estación	00:00:10
		<b>2:39:59</b>
		<b>2:39:59</b>

Tabla 38. Balanceo - Estación 3 - Modelo B

Fuente: Elaboración propia

OPERACIONES DE ENSAMBLE DE ESTACIÓN 4		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO
1	Preparación de manguera para botón de paro	00:01:35
2	Preparación de botón de paro con tierra	00:04:41
3	Colocar botón de paro junto con manguera	00:08:33
4	Colocar sujetadores (cable 14 con placa que divide chasis)	00:02:49
5	Preparar fijadores de chicote	00:01:33
6	Colocar chicote de soporte de agua conectado con la palanca accionadora de rociador y válvula de agua	00:05:11
7	Engrasar y colocar tapones de las graseras	00:00:58
8		
9	Preparación de caseta con tapa de bandas e instructivo (con calcomanías)	00:20:00
10	Preparación de ventilador	00:02:02
11	Colocar ventilador en unidad	00:03:17
12		
13	Preparación de transportador con ganchos	00:13:29
14	Colocar transportador en chasis	00:03:40
15	Colocar tirante de transportador	00:02:07
16	Preparación de protección de válvula de agua	00:03:31
17	Colocar protección de válvula de agua	00:03:06
18	Preparación de 2 raspadores de rodillo	00:12:45
19	Colocar raspadores de rodillo	00:05:00
20	Vaciar gasolina	00:01:20
21	Colocar calcomanías	00:15:42
22	Prueba de vibración en cojin	00:07:00
23	Colocación de caseta	00:05:21
24	Prueba de motor (avance y retroceso)	00:06:11
25	Entarimar	00:03:00
26	Ajustar tuercas de rodillos	00:00:32
27	Llevar PR8 a estación final	00:01:55
28	Check list	00:03:00
29	Tiempo suplementario	00:24:00
		<b>2:42:18</b>
		<b>2:42:18</b>

Tabla 39. Balanceo - Estación 4 - Modelo B

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras 20, 21 y 22 se muestra el progreso de ensamble del modelo B, en un inicio, a la mitad y al final de su fabricación.



Figura 20. Modelo B – Inicio del ensamble

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Modelo B – Mitad del ensamble

Fuente: Elaboración propia

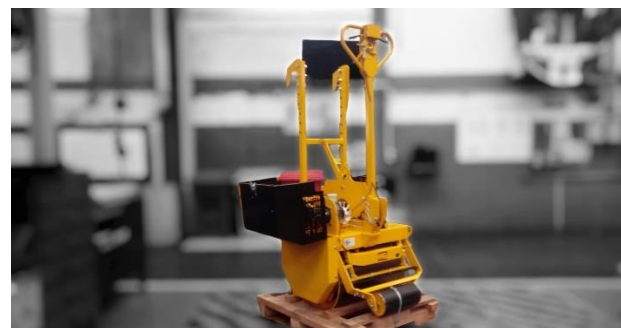


Figura 22. Modelo B – Final del ensamble

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.8 Eficiencia

La eficiencia viene siendo una optimización en la línea, puesto que utiliza los recursos disponibles de manera racional para lograr un objetivo con antelación en el menor tiempo posible y con el mínimo uso posible de los recursos.

Modelo A

$$Ef = \text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de ciclo} * \text{Número de operadores}$$

$$Ef = 19:47:00 \text{ hrs} / 05:00:00 \text{ hrs} * 4$$

$$Ef = 0.989 = 99\%$$

El porcentaje de eficiencia para el modelo A es del 99%.

Modelo B

$$Ef = \text{Tiempo estándar} / \text{Tiempo de ciclo} * \text{Número de operadores}$$

$$Ef = 10:44:42 \text{ hrs} / 03:00:00 \text{ hrs} * 4$$

$$Ef = 0.895 = 90\%$$

El modelo B cuenta con el 90% de eficiencia posterior al balanceo de la línea de ensamble.

### 4.3 RESUMEN DE TIEMPOS DE ENSAMBLE

El tiempo de ensamble en SAP para el modelo A es de 39.2 horas y el tiempo real nombrado así por la toma de tiempos actual es de 20.10 horas, con un total de 19.1 horas de diferencia, es decir, el 49% de tiempo menos de lo que se venía manejando con los tiempos de la toma del año 2000.

Para el ensamble del modelo B en SAP es de 11.16 horas y el tiempo real actual es de 9.27 horas, con un total de 1.89 horas de diferencia, es decir, el 17% de tiempo menos de lo que se venía manejando con los tiempos de la toma del año 2000, el tiempo real ya incluye tiempo suplementario. En la tabla 40 se muestra de forma resumida la diferencia de tiempos.

	Tiempo SAP (Hra)	Tiempo Real (Hra)	Hrs de Diferencia	Diferencia
<b>MODELO A</b>	39.2	20.10	19.1	49%
<b>MODELO B</b>	11.16	9.27	1.89	17%

Tabla 40. Tiempo SAP vs Tiempo Real

Fuente: Elaboración propia

La pérdida anual para el modelo A es de \$577,239.63 basado en la demanda, es decir, con el balanceo de la línea de ensamble se logró reducir los costos de producción un 49%. Para el modelo B la pérdida anual fue de \$36,535.91 con una reducción de costos del 17%.

	Costo SAP	Costo Real	\$ Diferencia	Ahorro
<b>MODELO A</b>	\$ 1,184,701.22	\$ 607,461.60	\$ 577,239.63	49%
<b>MODELO B</b>	\$ 215,735.86	\$ 179,199.95	\$ 36,535.91	17%

Tabla 41. \$ Perdida al año

Fuente: Elaboración propia



## 4.4 ESTACIONES DE TRABAJO

En base al balanceo de la línea de ensamble de rodillos propuesto se podrá implementar una mejor organización de las estaciones de trabajo, la empresa ha utilizado el mismo método de trabajo, desde hace ya varios años. Esto ha generado diversos problemas en la línea de ensamble, ya que ésta no contaba con el nivel de organización y limpieza adecuado, además no tenía una clasificación y organización de las herramientas, por ello se perdía tiempo en buscar un herramental.

De igual modo, la línea de ensamble no contaba con un sistema de limpieza conveniente, puesto que los residuos estaban en las mesas de trabajo y en el piso, debido a que el área carecía de contenedores para la basura, si los había, pero fuera de sus estaciones de trabajo.

Cada estación contaba con mesas de trabajo móviles las cuales los operadores tenían a su límite en cuanto herramienta, se prestaba a la confusión entre los diferentes tipos de herramientas para su selección.

La inadecuada distribución de las estaciones de trabajo no permitía aprovechar el espacio existente debido a la presencia de material que no era utilizado, como consecuencia el espacio entre áreas se veía reducido.

Con esta implementación se eliminará del área de trabajo todo lo que no sea de utilidad para el operador y propiciará un lugar específico para cada cosa, de tal manera que se organice mejor el espacio. Asimismo, se espera mejorar la limpieza del área de trabajo y reducir el tiempo perdido al buscar o seleccionar su herramienta.

Una vez identificada la línea de ensamble se llevarán a cabo diversos puntos para poder implementar las 5's:

1. Taller a los operadores para ver cómo se sienten con su trabajo realizándolo en las condiciones actuales.
2. Se inició con la primera 's' - clasificación, en primera instancia se identificaron y eliminaron los materiales vanos dentro de las estaciones de trabajo, es decir, se les

retiro toda la herramienta innecesaria para ejecutar el ensamble y sus mesas de trabajo se redujeron cuanto a tamaño.

3. Después de la clasificación se ordenarán las herramientas en sus gavetas aplicando un Kaizen Foam para su rápida ubicación.
4. Teniendo en orden la herramienta se hará la limpieza del área de trabajo, para la realización se tienen que seguir una serie de pasos a cumplir: plan de limpieza, preparación de elementos de limpieza y su ejecución.
5. En la estandarización se busca generar una cultura de limpieza y orden para no perder todo lo que se ha logrado en las primeras 3's. Los operadores deben de conocer claramente cuáles son sus responsabilidades.
6. Una vez implementadas las primeras 4's se realizará una evaluación para ver la mejora en las estaciones de trabajo.
7. Se realizará una evaluación final pasando un mes para verificar el impacto que tuvo la implementación respecto a cómo se trabajaba anteriormente. y los resultados dados.

En un principio será difícil para los operadores optar por una nueva cultura laboral pero poco a poco se acostumbrarán a realizarla. En la figura 23 - 24 se muestra la estación de trabajo previamente a la implementación de 5's y la figura 25 - 26 el después.

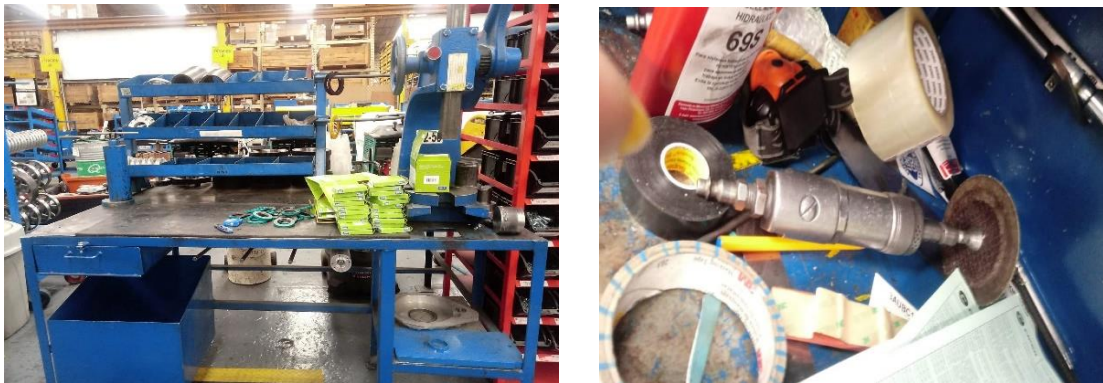


Figura 23 - 24. Estación previa a la implementación de 5's

Fuente: Elaboración propia

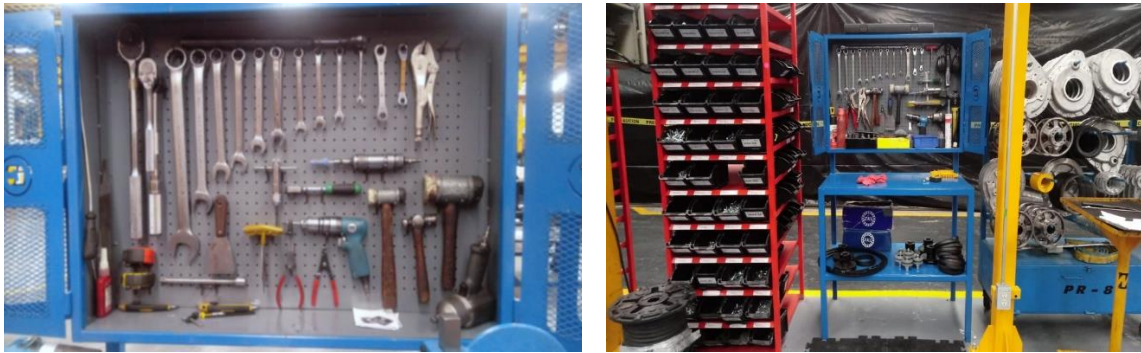


Figura 25 - 26. Implementación de 5's

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO 5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5 CONCLUSIONES

Como sabemos, el objetivo de toda empresa es conseguir maximizar la productividad con un número mínimo de recursos. A partir de la perspectiva del balanceo de línea, esto se consigue cumpliendo con la capacidad de producción deseada, con un número mínimo de recursos.

La empresa no se encuentra en un buen estado en cuanto a las condiciones en las que laboran los trabajadores en sus estaciones de trabajo; hay material de ensamble que quedaron de otros modelos, no tienen contenedores de basura, sus carritos móviles no se dan abasto para colocar su herramienta, en la gaveta donde guardan sus cosas personales la utilizan para guardar herramienta, además de que hacen falta ayudas visuales sobre el proceso de ensamble.

Respecto a operaciones y tiempos de producción no contaban con un registro actualizado por lo que se realizó uno nuevo haciendo partícipes al supervisor, al jefe de sindicato y se seleccionó a operadores capacitados para el nuevo registro, de manera que se obtuvo un mejor flujo del proceso, donde resaltaron todas las actividades de tiempo de ocio por parte de los trabajadores.

Se realizó un balanceo de la línea de ensamble ya con una toma de tiempos actualizada donde se encontró que una de las causas que ocasionan pérdidas económicas era el no tener el tiempo tacto correcto de la línea de ensamble. Por lo mismo que tomaban como referencia los tiempos registrados en SAP desde el año 2000. Claramente hubo modificaciones en los ensambles o se aplicó algún poka-yoke a la línea de ensamble.

De igual modo se resolvieron otros problemas que hoy en día la empresa tiene en cuanto en capacidad de producción; alcanzar la meta de producción, mejorar la eficiencia de la línea de ensamble y reducir costos de producción; estableciendo la cantidad necesaria de operadores e igualando actividades.

- Se redujeron en un 49% los costos de producción del modelo A y un 17% del modelo B con ayuda de técnicas de métodos y tiempos. El objetivo específico era reducir con la propuesta un 20% de los costos, pero se logro más de lo esperado.
- El tiempo estándar para el modelo A es de **19:47:00** hrs y el modelo B de **10:44:42** hrs. Cabe recalcar que a cada estación de trabajo se le agrego tiempo suplementario (24 min) y check list (3 min) como parte del tiempo estándar.
- El tiempo ciclo del modelo A es de **05:00:00 hrs**, es decir, el tiempo que se requiere para ensamblar el modelo **A** y el tiempo que se requiere para el ensamble del modelo **B** es de **03:00:00 hrs**.
- El número de operadores en la línea de ensamble de rodillos que optimiza la eficiencia de la línea es de 4. Recordemos que la línea cuenta con 5 operadores.

Una vez realizado el balanceo de la línea se surtirá el material necesario de los modelos A y B que puedan ensamblarse por jornada laboral y no proporcionarles todo el material como lo han hecho hoy en día saturando sus estaciones de trabajo.

Por último, la propuesta planteada sirve de guía para el balanceo de otra línea de producción de la empresa o sin importar el giro de la empresa.

## 5.1 RECOMENDACIONES

Al culminar la presenta propuesta se sugiere lo siguiente para actividades posteriores:

- Hacer tomas de tiempos frecuentemente para verificar la eficiencia de la línea. El nuevo tiempo estándar se debe revisar al cabo de un año para poder identificar variaciones, esto es apropiado en toda empresa que realice balanceo de líneas usando la técnica del estudio de tiempos.
- Por cada estación de trabajo colocar Hojas de Operación Estándar (HOE) acerca del proceso de ensamble de los equipos.
- Dar continuidad a la implementación de 5´s para crear el hábito de cultura en los trabajadores.
- Aplicar el balanceo en las demás líneas de ensamble para reducir costos de producción.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, Julio César, & Arcila, Andrés Mauricio. (2013). Empleo del comportamiento estacional para mejorar el pronóstico de un commodity: el caso del mercado internacional del azúcar. *Estudios Gerenciales*, vol. 29, núm. 129, 2013, pp. 406-415. Cali, Colombia. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21230026003>

Burgos Meneses, J., Garzon Aguirre, L. & Lopez Pereira, J. (2013). Algoritmo heurístico tipo greedy para la solución de los problemas de líneas de ensamble. Vol. 89, núm. 2. p. 135. Disponible en: <http://dx.doi.org.proxydgb.buap.mx/10.6036/MN5714>

Carro Paz, Roberto & González Gómez, Daniel. “Productividad y competitividad”. Recuperado de: [http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf)

Chase, Richard B., Jacobs, F. Roberts. & Aquilano, Nicholas j. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros. 12ª edición. Editorial: Mc Graw Hill. p. 251. Disponible en: <http://anyflip.com/pjkg/liiw/basic/251-300>

Coletti Romero, E., & Riojas Cañari, A. (2018). Balance de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú. *Revista Peruana De Computación Y Sistemas*, 1(1), pp. 9 - 22. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rpcs.v1i1.14853>

Durango Cruz, Luis F., Orejuela Cabrera, Juan P. & Ortiz Dorado, Luis A. (2014). Balance horizontal de líneas de ensamble para modelos mixtos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. vol. 14, No. 26. pp. 121-138. Disponible en: <https://search-ebsochost-com.proxydgb.buap.mx/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=110645058&lang=es&site=host-live>



Gaither, Norman & Frazier, Greng. (2003). Administración de producción y operaciones. 8ª edición. International Thomson Editores. pp. 284. Disponible en: [https://apuntesutnpilar.files.wordpress.com/2012/09/administracion\\_\\_de\\_produccion\\_y\\_operaciones.pdf](https://apuntesutnpilar.files.wordpress.com/2012/09/administracion__de_produccion_y_operaciones.pdf)

García, Criollo R. (2005). Estudio del trabajo - Ingeniería de métodos y medición del trabajo. Segunda edición. Editorial: Mc Graw Hill. pp. 149-145. Disponible en: [https://www.academia.edu/6472658/ESTUDIO\\_DEL\\_TRABAJO\\_ROBERTO\\_GARCIA\\_CRIOLLO](https://www.academia.edu/6472658/ESTUDIO_DEL_TRABAJO_ROBERTO_GARCIA_CRIOLLO)

GIEICOM. (2015). ¿Cómo optimizar las líneas de ensamble? Disponible en: <https://blog.gieicom.com/como-optimizar-las-lineas-de-ensamble>

Guerrero, Fernández, Emilio J. (2013). Análisis de un proceso de modernización de una línea de montaje en una empresa aeronáutica. Capítulo 2: Introducción al Lean Manufacturing. pp. 23-24. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/50070/>

Jiménez, Francisco. (s.f). Funcionamiento y tipos de cronómetros. Centro Nacional de Metrología. pp. 11-13. Disponible en: <http://www.cenam.mx/eventos/enme/docs/38%20Funcionamiento%20y%20Tipos%20de%20cronometros%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf>

Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. 4ta ed. Ginebra, Suiza: oficina internacional del trabajo. Disponible en: [https://www.academia.edu/37437864/Introducci%C3%B3n\\_al\\_estudio\\_del\\_trabajo\\_4ta\\_Edici%C3%B3n\\_George\\_Kanawaty\\_FREELIBROS\\_ORG](https://www.academia.edu/37437864/Introducci%C3%B3n_al_estudio_del_trabajo_4ta_Edici%C3%B3n_George_Kanawaty_FREELIBROS_ORG)

Liker, Jeffrey K. (2006). Las claves del éxito de Toyota. Gestión 2000. Barcelona. pp. 171-186. Disponible en: <http://docshare01.docshare.tips/files/23779/237799799.pdf>

López A. Mauricio., Martínez S. G. María., Quirós M. A. Fernando. & Sosa O. J. Alberto. (2011). Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta. Revista El Buzón de Pacioli, Número Especial 74. pp. 1-12

Medina, Emilsy, & Illada, Ruth (2014). Método de balanceo de líneas con consideraciones ergonómicas (BLEER) aplicado en una línea de tapicería automotriz. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. IV, núm. 13, pp. 54-62. Disponible en: <https://search-ebsohost-com.proxydgb.buap.mx/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=110038435&lang=es&site=ehost-live>

Miño, Cascante G., Moyano, Alulema J. & Santillán Mariño C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. Ingeniería Industrial, vol. XL, núm. 2, pp. 110-122, 2019. Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3604/360459575002/html/index.html>

Nivelar la producción mediante Heijunka. (2020). Disponible en: <https://leansherpa.es/nivelar-la-produccion-mediante-heijunka/>

Peña Orozco, D., Neira García, Ángela M. & Ruiz Grisales, Reynel A. (2016). Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. Scientia Et Technica, 21(3), 239-247. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84950585006>

Pérez V., Raúl. (2011). Desarrollo de un simulador conductual para la formación en gestión empresarial basada en Lean. Telecom BCN. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/40606867/A15VHGA-FISICApdf/>

Restrepo Correa, Jorge H., Cruz Trejos, Eduardo A. & Saracho Almada, Carlos (2006). Una heurística de balanceo de línea de producción aplicada a una malla curricular. Scientia Et Technica, vol. XII, núm. 30. Pereira, Colombia. pp. 267-272. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491065>

Rivera Sitlalli. (7 de junio de 2019). Estudio de trabajo 2 balanceo de línea. [Publicación de blog]. Disponible en: <https://yolomalaldbalanceodelineas.blogspot.com/2019/06/balanceo-de-linea.html>

Rivera Villegas, Erick Wilfredo. (2014) “Estudio de tiempos y movimientos para alcanzar la productividad en la elaboración de cortes típicos en el municipio de Salcajá.”, Quetzaltenango.

Rodríguez Alvarado, Lisaura W., Loyo Quijada, Jesús., López Ontiveros, Miguel Á. & Ávila Soler, Enrique. (2021). Caso de estudio del mejoramiento de indicadores clave en un proceso de ensamble con la herramienta de balanceo de línea. vol. 15, núm. 1. Disponible en: <https://www.academiajournals.com/revista-ing-industrial>

Salazar Huamán, M. Á. (2018). Aplicación de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa láctea. Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_130cba6c38bb16c743e5bd58acbb4f4a](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_130cba6c38bb16c743e5bd58acbb4f4a)

Salazar, L., Bryan. (2019). Cronometraje del trabajo | Ingeniería Industrial Online. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/cronometraje-del-trabajo/>

Salazar, L., Bryan. (2019). Heijunka: Nivelación de la producción | Ingeniería Industrial Online. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>

Salazar, L., Bryan. (2019). Suplementos del Estudio de tiempos | Ingeniería Industrial Online. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>

Orejuela Cabrera, J. P. & González, A. F. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *Inge-Cuc*, vol. 15, núm. 1. pp. 109. Disponible en: <https://search-ebshost-com.proxydgb.buap.mx/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=138162567&lang=es&site=ehost-live>

W. Niebel, Benjamin. & Freivalds, Andris. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Duodécima edición. Editorial: Mc Graw Hill. p. 121. Disponible en: [https://www.academia.edu/7731445/Ingenier%C3%ADa\\_Industrial\\_12ma\\_Niebel\\_y\\_Freivalds](https://www.academia.edu/7731445/Ingenier%C3%ADa_Industrial_12ma_Niebel_y_Freivalds)