



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO EN LA LÍNEA DE
SOLDADURA PARA LA PRODUCCIÓN DEL AUTOMÓVIL
MARCA ZOTYE MODELO T-600 EN LA EMPRESA CIAUTO
CÍA. LTDA. EN LA CIUDAD DE AMBATO”.**

PÁEZ ZAMORA CARLOS ALEXANDER

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa para la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

PÁEZ ZAMORA CARLOS ALEXANDER

Titulado:

**“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO EN LA LÍNEA DE SOLDADURA
PARA LA PRODUCCIÓN DEL AUTOMÓVIL MARCA ZOTYE MODELO
T-600 EN LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA. EN LA CIUDAD DE
AMBATO”.**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Ing. Jaime Iván Acosta Velarde
DIRECTOR

Ing. Paúl Oswaldo Vega Cortez
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PÁEZ ZAMORA CARLOS ALEXANDER

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO EN LA LÍNEA DE SOLDADURA PARA LA PRODUCCIÓN DEL AUTOMÓVIL MARCA ZOTYE MODELO T-600 EN LA EMPRESA CIAUTO CÍA. LTDA. EN LA CIUDAD DE AMBATO”.

FECHA DE EXAMINACIÓN: 2018 – 03 - 14

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde DIRECTOR			
Ing. Paúl Oswaldo Vega Cortez ASESOR			

*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presente, es original y basado en proyecto técnico establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-prácticos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Páez Zamora Carlos Alexander

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Carlos Alexander Páez Zamora, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Páez Zamora Carlos Alexander

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a mi madre, el ser sublime que me dio la vida, que a pesar de sus dolencias físicas, nunca fue un limitante, al contrario permanentemente mostró sacrificio para obtener de manera honesta todo lo necesario para salir adelante y que desde mi nacimiento siempre fue esa persona sabia que me ha sabido llevar de su mano por el camino del bien, inculcándome valores que serán indispensables en mi vida personal y profesional.

A mi hermana, la niña risueña que constantemente me llenó de halagos, poniéndome como un ejemplo de persona a seguir, mi amiga incondicional la que me escuchó, la que me ayudó, la que nunca me abandonó y que al contrario siempre estuvo a mi lado en los buenos y malos momentos, especialmente en la etapa universitaria.

Al resto de integrantes de mi familia, los que siempre fueron mi fuente de inspiración para esforzarme y dedicarme diariamente, los cuales mediante sus actos me enseñaron a luchar de una manera sana para cumplir mis objetivos propuestos, siempre mostrando educación, carisma, amistad y respeto hacia los demás.

Carlos Alexander Páez Zamora

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios, por darme sabiduría para saber actuar de la mejor manera en cada uno de los ámbitos de la etapa universitaria, por darnos vida, salud y bienestar a mí, a mi familia, a mis docentes, a mis compañeros y a mis amigos, que sin duda fueron los artífices principales para yo haber podido llegar a cumplir este objetivo que hace algún tiempo atrás me planteé.

A mi familia, el mejor regalo que Dios me pudo dar, quienes estuvieron al pendiente de mí, apoyándome moral y económicamente, donde sin duda sin ellos no hubiese podido cumplirlo. Una mención especial para mi tío político Marco Reyes y para mis abuelitos Humberto Zamora y Dolores Castro, quienes a pesar de que ya no están más con nosotros en este mundo, yo sé que siempre me acompañaron y cuidaron desde donde Dios los tenga.

A mis docentes, los ingenieros Iván Acosta y Paul Vega, quienes me brindaron confianza, me guiaron y me impartieron sus conocimientos para de esa manera haber podido elaborar de la mejor manera mi trabajo de titulación y sobre todo que me supieron demostrar una amistad desinteresada, sacando a flote la calidad de personas y profesionales que son.

Finalmente, agradezco a la empresa CIAUTO Cía. Ltda., la cual me abrió las puertas cuando lo requería, especialmente al ingeniero Santiago Gómez, por ser un gran líder y amigo que supo darme la oportunidad para poder desarrollar mi trabajo previo a la obtención del título universitario en el área de la cual él se encuentra encargado.

Carlos Alexander Páez Zamora

CONTENIDO

CAPÍTULO I

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Antecedentes	2
1.3.	Planteamiento del problema	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	<i>General</i>	4
1.4.2.	<i>Específicos</i>	4
1.5.	Justificación.....	5
1.5.1.	<i>Justificación teórica</i>	5
1.5.2.	<i>Justificación metodológica</i>	5
1.5.3.	<i>Justificación práctica</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Sistema de producción continuo	6
2.2.	Línea de proceso repetitivo	6
2.3.	Línea de ensamble.....	6
2.4.	Distribución orientada al producto.....	7
2.5.	Lean Manufacturing	7
2.5.1.	<i>Pilares del Lean Manufacturing</i>	7
2.6.	Kaizen o Mejoramiento continuo.....	8
2.6.1.	<i>Herramientas del Kaizen o Mejoramiento continuo</i>	8
2.7.	Estandarización	9
2.7.1.	<i>Características de la Estandarización</i>	9
2.7.2.	<i>Estandarización para la gestión de operaciones</i>	9
2.8.	Estudio del trabajo.....	9

2.8.1.	<i>Estudio de métodos</i>	10
2.8.2.	<i>Medición del trabajo</i>	14
2.9.	Tiempo de ciclo.....	17
2.10.	Criterio de la General Electric.....	17
2.11.	Valoración del ritmo de trabajo.....	18
2.11.1.	<i>Sistema de valoración Westinghouse</i>	18
2.12.	Tiempo normal	20
2.13.	Tiempo estándar	20
2.13.1.	<i>Suplementos</i>	21
2.14.	Takt time	22
2.14.1.	<i>Beneficios del takt time</i>	22
2.15.	Capacidad.....	22
2.16.	Productividad	23
2.17.	Índice de productividad.....	23
2.18.	Balance de línea	23
2.18.1.	<i>Consideraciones del balance de línea</i>	23
2.18.2.	<i>Parámetros para el balanceo de línea</i>	24
2.19.	Balance de línea de ensamble	24
2.19.1.	<i>Propósito del balance de línea de ensamble</i>	24
2.20.	Ciclo de Deming	25
2.21.	Hojas de trabajo estandarizado (SOS).....	26
2.21.1.	<i>Utilidades de las hojas de trabajo estandarizado (SOS)</i>	26
2.22.	Hojas de elementos de trabajo (JES).....	27
2.22.1.	<i>Propósito de las hojas de elementos de trabajo (JES)</i>	27
CAPÍTULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	29
3.1.	Tipo de la investigación	29

3.2.	Población y muestra	29
3.3.	Plan de recolección de datos	30
3.4.	Diseño metodológico	30

CAPÍTULO IV

4.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	32
4.1.	Generalidades de la empresa	32
4.1.1.	<i>Reseña histórica</i>	32
4.1.2.	<i>Datos de la empresa</i>	32
4.1.3.	<i>Localización</i>	32
4.1.4.	<i>Productos de la empresa</i>	33
4.1.5.	<i>Eslogan</i>	34
4.1.6.	<i>Misión</i>	34
4.1.7.	<i>Visión</i>	35
4.1.8.	<i>Política de calidad</i>	35
4.1.9.	<i>Principios organizacionales</i>	35
4.1.10.	<i>Objetivos estratégicos de calidad</i>	36
4.1.11.	<i>Organigrama estructural</i>	37
4.1.12.	<i>Layout de las instalaciones de la línea de soldadura</i>	38
4.1.13.	<i>Área de estudio</i>	39
4.1.14.	<i>Producto elaborado en la línea de soldadura</i>	40
4.1.15.	<i>Características del producto a estudiar</i>	41
4.2.	Situación actual de la línea de soldadura	41
4.2.1.	<i>Descripción del proceso en la línea de soldadura</i>	41
4.2.2.	<i>Descripción de las actividades realizadas en cada puesto de trabajo</i>	43
4.2.3.	<i>Número óptimo de ciclos a cronometrar en cada puesto de trabajo</i>	52
4.2.4.	<i>Determinación de los tiempos normales de cada puesto de trabajo</i>	53
4.2.5.	<i>Procedimiento para el cálculo de tiempos normales</i>	54

4.2.6.	<i>Valoración de los operadores de la línea de soldadura</i>	54
4.2.7.	<i>Tiempos normales de cada puesto de trabajo</i>	56
4.2.8.	<i>Determinación de los tiempos estándar de cada puesto de trabajo</i>	58
4.2.9.	<i>Procedimiento para el cálculo de tiempos estándar</i>	59
4.2.10.	<i>Tiempos estándar de cada puesto de trabajo</i>	59
4.2.11.	<i>Determinación del tiempo disponible de trabajo</i>	66
4.2.12.	<i>Tiempo promedio de los tiempos no cíclicos de la línea de soldadura</i>	66
4.2.13.	<i>Balance de la línea de soldadura</i>	67
4.2.14.	<i>Distancias recorridas en la línea de soldadura</i>	70
4.2.15.	<i>Tiempos muertos en la línea de soldadura</i>	71
4.2.16.	<i>Tiempos extras de la línea de soldadura</i>	72
4.3.	<i>Actividades de mejoramiento en la línea de soldadura</i>	74
4.3.1.	<i>Ciclo de Deming para el mejoramiento de la estación de trabajo JIG #1</i>	74
4.3.2.	<i>Ciclo de Deming para el mejoramiento de la estación de trabajo JIG #2</i>	79
4.3.3.	<i>Ciclo de Deming para el mejoramiento de la estación de trabajo Metalfinish</i>	84
4.4.	<i>Situación mejorada de la línea de soldadura</i>	93
4.4.1.	<i>Descripción del proceso de soldadura</i>	93
4.4.2.	<i>Descripcion de las actividades realizadas en cada puesto de trabajo</i>	94
4.4.3.	<i>Determinación de los tiempos normales de cada puesto de trabajo</i>	104
4.4.4.	<i>Tiempos normales de cada puesto de trabajo</i>	104
4.4.5.	<i>Tiempos estándar de cada puesto de trabajo</i>	107
4.4.6.	<i>Balance de la línea de soldadura</i>	112
4.4.7.	<i>Distancias recorridas en la línea de soldadura</i>	114
4.4.8.	<i>Tiempos muertos en la línea de soldadura</i>	115
4.4.9.	<i>Tiempos extras de la línea de soldadura</i>	116
4.5.	<i>Hojas de trabajo estandarizado de la línea de soldadura</i>	117
4.5.1.	<i>Esquema de la hoja de trabajo estandarizado de la línea de soldadura</i>	119

4.6.	Instructivos de trabajo de la línea de soldadura	120
4.6.1.	<i>Esquema del instructivo de trabajo de la línea de soldadura</i>	121
4.7.	Capacidad de la línea de soldadura	122
4.8.	Productividad en la línea de soldadura.....	122
4.8.1.	<i>Productividad de la situación actual de la estación de Metalfinish.....</i>	123
4.8.2.	<i>Productividad de Metalfinish después de las mejoras implementadas</i>	124
4.9.	Índice de productividad de la línea de soldadura	125
4.9.1.	<i>Índice de productividad de Metalfinish</i>	126
4.10.	Beneficios obtenidos en la línea de soldadura	127
4.10.1.	<i>Beneficio de Metalfinish - RH</i>	128
4.10.2.	<i>Beneficio de Metalfinish - RH</i>	129
4.10.3.	<i>Valor del beneficio total de la estación de Metalfinish</i>	130

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
5.1.	Conclusiones	131
5.2.	Recomendaciones.....	133

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Gráficos y diagramas para el estudio de métodos	11
Tabla 2-2: Número recomendado de ciclos	18
Tabla 3-2: Valoración de la habilidad	18
Tabla 4-2: Valoración del esfuerzo.....	19
Tabla 5-2: Valoración de las condiciones.....	19
Tabla 6-2: Valoración de la consistencia.....	19
Tabla 7-2: Suplementos constantes y variables	21
Tabla 1-4: Datos de la empresa	32
Tabla 2-4: Productos de la empresa.....	33
Tabla 3-4: Características del producto a estudiar.....	41
Tabla 4-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #1 - RH.....	44
Tabla 5-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #1 - LH.....	44
Tabla 6-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #2 - A	45
Tabla 7-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #2 - B.....	46
Tabla 8-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #2 - C.....	46
Tabla 9-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #3 - RH.....	47
Tabla 10-4: Cursograma analítico actual del JIG #3 - LH.....	48
Tabla 11-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #3 - A	48
Tabla 12-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Instalación de componentes	49
Tabla 13-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Cuadratura - RH.....	50
Tabla 14-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Cuadratura - LH.....	51
Tabla 15-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Metalfinish - RH	51
Tabla 16-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Metalfinish - LH	52
Tabla 17-4: Número recomendado de ciclos	53
Tabla 18-4: Valoración de la habilidad de la línea de soldadura.....	55
Tabla 19-4: Valoración del esfuerzo de la línea de soldadura.....	55
Tabla 20-4: Valoración de las condiciones de la línea de soldadura.....	55
Tabla 21-4: Valoración de la consistencia de la línea de soldadura	56
Tabla 22-4: Suplementos del JIG #1 – RH y LH.....	60
Tabla 23-4: Suplementos del JIG #2 – RH y LH.....	61
Tabla 24-4: Suplementos del JIG #3 – RH y LH.....	62

Tabla 25-4: Suplementos del JIG #3 – A.....	62
Tabla 26-4: Suplementos de Instalación de componentes.....	63
Tabla 27-4: Suplementos de Cuadratura – RH y LH.....	64
Tabla 28-4: Suplementos de Metalfinish – RH y LH.....	65
Tabla 29-4: Tiempos de la jornada laboral.....	66
Tabla 30-4: Tiempo promedio no cíclico de la línea de soldadura.....	66
Tabla 31-4: Tiempo disponible de trabajo.....	67
Tabla 32-4: Tiempo total estándar actual de la línea de soldadura.....	68
Tabla 33-4: Distancias recorridas en la situación actual de la línea de soldadura.....	70
Tabla 34-4: Tiempos muertos de la situación actual de la línea de soldadura.....	72
Tabla 35-4: Tiempos extras de la situación actual de la línea de soldadura.....	73
Tabla 36-4: Lista normal de actividades del JIG #1 – RH.....	76
Tabla 37-4: Lista modificada de actividades del JIG #1 – RH.....	76
Tabla 38-4: Lista normal de actividades del JIG #1 – LH.....	77
Tabla 39-4: Lista modificada de actividades del JIG #1 – LH.....	77
Tabla 40-4: Lista normal de actividades del JIG #2 – A.....	81
Tabla 41-4: Lista modificada de actividades del JIG #2 – A.....	81
Tabla 42-4: Lista normal de actividades del JIG #2 – C.....	82
Tabla 43-4: Lista modificada de actividades del JIG #2 – C.....	82
Tabla 44-4: Lista de actividades asignadas al operador RH.....	88
Tabla 45-4: Lista de actividades asignadas al operador LH.....	88
Tabla 46-4: Lista normal de actividades de Metalfinish – RH.....	89
Tabla 47-4: Lista modificada de actividades de Metalfinish – RH.....	89
Tabla 48-4: Lista normal de actividades de Metalfinish – LH.....	89
Tabla 49-4: Lista modificada de actividades de Metalfinish – LH.....	89
Tabla 50-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #1 - RH.....	94
Tabla 51-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #1 - LH.....	95
Tabla 52-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #2 - A.....	95
Tabla 53-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #2 - B.....	96
Tabla 54-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #2 - C.....	97
Tabla 55-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #3 - RH.....	97
Tabla 56-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #3 - LH.....	98
Tabla 57-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #3 - A.....	99

Tabla 58-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Instalación de componentes	99
Tabla 59-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Cuadratura - RH .	100
Tabla 60-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Cuadratura - LH .	101
Tabla 61-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Lijado - RH.....	101
Tabla 62-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Lijado - LH.....	102
Tabla 63-4: Tabla resumen del Cursograma analítico mejorado de Metalfinish - RH	103
Tabla 64-4: Tabla resumen del Cursograma analítico mejorado de Metalfinish - LH	103
Tabla 65-4: Suplementos de Lijado – RH y LH	110
Tabla 66-4: Tiempo total estándar mejorado de la línea de soldadura	112
Tabla 67-4: Distancias recorridas en la situación mejorada de la línea de soldadura .	114
Tabla 68-4: Tiempos muertos de la situación mejorada de la línea de soldadura	115
Tabla 69-4: Tiempos extras de la situación mejorada de la línea de soldadura	116
Tabla 70-4: Símbolos de la hoja de trabajo estandarizado	118
Tabla 71-4: Símbolos del instructivo de trabajo.....	120
Tabla 72-4: Tiempos extras de la situación actual de la estación de Metalfinish.....	123
Tabla 73-4: Tiempos extras de la situación mejorada de la estación de Metalfinish ..	124
Tabla 74-4: Productividades de la estación de Metalfinish	126
Tabla 75-4: Tiempos extras y costo de la hora extra de Metalfinish.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Estructura del Lean Manufacturig	8
Figura 2-2: Estudio del trabajo	10
Figura 3-2: Símbolo y actividades de operación	11
Figura 4-2: Símbolo y actividades de inspección.....	12
Figura 5-2: Símbolo y actividades de transporte.....	12
Figura 6-2: Símbolo y actividades de demora.....	12
Figura 7-2: Símbolo y actividades de almacenamiento.....	13
Figura 8-2: Cursograma analítico	13
Figura 9-2: Diagrama de recorrido	14
Figura 10-2: Hoja de observaciones	16
Figura 11-2: Tipos de suplementos	21
Figura 12-2: Hoja de trabajo estandarizado.....	26
Figura 13-2: Hoja de elementos de trabajo.....	28
Figura 1-4: Localización de CIAUTO Cía. Ltda.....	33
Figura 2-4: Organigrama estructural de CIAUTO Cía. Ltda.	37
Figura 3-4: Layout de las instalaciones de la línea de soldadura	38
Figura 4-4: Bloque A de la línea de soldadura	39
Figura 5-4: Bloque B de la línea de soldadura	39
Figura 6-4: Componentes o CKD.....	40
Figura 7-4: Carrocería del vehículo.....	40
Figura 8-4: Diagrama de flujo de la situación actual de la línea de soldadura.....	42
Figura 9-4: Pistola de la bomba de sellado #1	75
Figura 10-4: Instructivo de trabajo del JIG #1	79
Figura 11-4: Instructivo de trabajo del JIG #2	84
Figura 12-4: Layout de línea de soldadura sin la estación de Lijado	86
Figura 13-4: Layout de línea de soldadura con la estación de Lijado	86
Figura 14-4: Anaquel de herramientas de la estación de Lijado	87
Figura 15-4: Instructivo de trabajo de Lijado.....	91
Figura 16-4: Instructivo de trabajo de Metalfinish.....	92
Figura 17-4: Diagrama de flujo de la línea de soldadura mejorada	93
Figura 18-4: Esquema de la hoja de trabajo estandarizado de la línea de soldadura ..	119
Figura 19-4: Esquema del instructivo de trabajo de la línea de soldadura	121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Pared de balanceo de la situación actual de la línea de soldadura	69
Gráfico 2-4: Distancias recorridas en la situación actual de la línea de soldadura.....	71
Gráfico 3-4: Tiempos muertos de la situación actual de la línea de soldadura	72
Gráfico 4-4: Tiempos extras de la situación actual de la línea de soldadura.....	73
Gráfico 5-4: Pared de balanceo de la situación actual de la estación JIG #1	74
Gráfico 6-4: Pared de balanceo de la situación mejorada de la estación JIG #1	78
Gráfico 7-4: Pared de balanceo de la situación actual de la estación JIG #2	80
Gráfico 8-4: Pared de balanceo de la situación mejorada de la estación JIG #2	83
Gráfico 9-4: Pared de balanceo de la situación actual de Metalfinish.....	85
Gráfico 10-4: Pared de balanceo de la situación actual de Lijado.....	90
Gráfico 11-4: Pared de balanceo de la situación mejorada de Metalfinish	90
Gráfico 12-4: Pared de balanceo de la línea de soldadura mejorada	113
Gráfico 13-4: Distancias recorridas en la línea de soldadura mejorada	114
Gráfico 14-4: Tiempos muertos en la línea de soldadura mejorada	116
Gráfico 15-4: Tiempos extras en la línea de soldadura mejorada	117

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Cursograma analítico actual del JIG #1 - RH
- Anexo B:** Cursograma analítico actual del JIG #1 - LH
- Anexo C:** Cursograma analítico actual del JIG #2 - A
- Anexo D:** Cursograma analítico actual del JIG #2 - B
- Anexo E:** Cursograma analítico actual del JIG #2 - C
- Anexo F:** Cursograma analítico actual del JIG #3 – RH
- Anexo G:** Cursograma analítico actual del JIG #3 – LH
- Anexo H:** Cursograma analítico actual del JIG #3 – A
- Anexo I:** Cursograma analítico actual de Instalación de componentes
- Anexo J:** Cursograma analítico actual de Cuadratura – RH
- Anexo K:** Cursograma analítico actual de Cuadratura – LH
- Anexo L:** Cursograma analítico actual de Metalfinish – RH
- Anexo M:** Cursograma analítico actual de Metalfinish – LH
- Anexo N:** Tiempos normales actuales del JIG #1 – RH
- Anexo O:** Tiempos normales actuales del JIG #1 – LH
- Anexo P:** Tiempos normales actuales del JIG #2 – A
- Anexo Q:** Tiempos normales actuales del JIG #2 – B
- Anexo R:** Tiempos normales actuales del JIG #2 – C
- Anexo S:** Tiempos normales actuales del JIG #3 – RH
- Anexo T:** Tiempos normales actuales del JIG #3 – LH
- Anexo U:** Tiempos normales actuales del JIG #3 – A
- Anexo V:** Tiempos normales actuales de Instalación de componentes
- Anexo W:** Tiempos normales actuales de Cuadratura – RH
- Anexo X:** Tiempos normales actuales de Cuadratura – LH
- Anexo Y:** Tiempos normales actuales de Metalfinish – RH
- Anexo Z:** Tiempos normales actuales de Metalfinish – LH
- Anexo AA:** Tiempos estandar actuales del JIG #1 – RH
- Anexo BB:** Tiempos estandar actuales del JIG #1 – LH
- Anexo CC:** Tiempos estandar actuales del JIG #2 – A
- Anexo DD:** Tiempos estandar actuales del JIG #2 – B
- Anexo EE:** Tiempos estandar actuales del JIG #2 – C
- Anexo FF:** Tiempos estandar actuales del JIG #3 – RH

Anexo GG: Tiempos estandar actuales del JIG #3 – LH
Anexo HH: Tiempos estandar actuales del JIG #3 – A
Anexo II: Tiempos estandar actuales de Instalación de componentes
Anexo JJ: Tiempos estandar actuales de Cuadratura – RH
Anexo KK: Tiempos estandar actuales de Cuadratura – LH
Anexo LL: Tiempos estandar actuales de Metalfinish – RH
Anexo MM: Tiempos estandar actuales de Metalfinish – LH
Anexo NN: Tiempos no cíclicos del JIG #1 – RH
Anexo OO: Tiempos no cíclicos del JIG #1 – LH
Anexo PP: Tiempos no cíclicos del JIG #2 – A
Anexo QQ: Tiempos no cíclicos del JIG #2 – B
Anexo RR: Tiempos no cíclicos del JIG #2 – C
Anexo SS: Tiempos no cíclicos del JIG #3 – RH
Anexo TT: Tiempos no cíclicos del JIG #3 – LH
Anexo UU: Tiempos no cíclicos del JIG #3 – A
Anexo VV: Tiempos no cíclicos de Instalación de componentes
Anexo WW: Tiempos no cíclicos de Cuadratura – RH
Anexo XX: Tiempos no cíclicos de Cuadratura – LH
Anexo YY: Tiempos no cíclicos de Metalfinish – RH
Anexo ZZ: Tiempos no cíclicos de Metalfinish – LH
Anexo AAA: Cursograma analítico mejorado del JIG #1 - RH
Anexo BBB: Cursograma analítico mejorado del JIG #1 - LH
Anexo CCC: Cursograma analítico mejorado del JIG #2 - A
Anexo DDD: Cursograma analítico mejorado del JIG #2 - B
Anexo EEE: Cursograma analítico mejorado del JIG #2 - C
Anexo FFF: Cursograma analítico mejorado del JIG #3 - RH
Anexo GGG: Cursograma analítico mejorado del JIG #3 - LH
Anexo HHH: Cursograma analítico mejorado del JIG #3 – A
Anexo III: Cursograma analítico mejorado de Instalación de componentes
Anexo JJJ: Cursograma analítico mejorado de Cuadratura – RH
Anexo KKK: Cursograma analítico mejorado de Cuadratura – LH
Anexo LLL: Cursograma analítico mejorado de Lijado – RH
Anexo MMM: Cursograma analítico mejorado de Lijado – LH
Anexo NNN: Cursograma analítico mejorado de Metalfinish – RH

Anexo OOO: Cursograma analítico mejorado de Metalfinish – LH

Anexo PPP: Tiempos normales mejorados del JIG #1 – RH

Anexo QQQ: Tiempos normales mejorados del JIG #1 – LH

Anexo RRR: Tiempos normales mejorados del JIG #2 – A

Anexo SSS: Tiempos normales mejorados del JIG #2 – B

Anexo TTT: Tiempos normales mejorados del JIG #2 – C

Anexo UUU: Tiempos normales mejorados del JIG #3 – RH

Anexo VVV: Tiempos normales mejorados del JIG #3 – LH

Anexo WWW: Tiempos normales mejorados del JIG #3 – A

Anexo XXX: Tiempos normales mejorados de Instalación de componentes

Anexo YYY: Tiempos normales mejorados de Cuadratura – RH

Anexo ZZZ: Tiempos normales mejorados de Cuadratura – LH

Anexo AAAA: Tiempos normales mejorados de Lijado – RH

Anexo BBBB: Tiempos normales mejorados de Lijado – LH

Anexo CCCC: Tiempos normales mejorados de Metalfinish – RH

Anexo DDDD: Tiempos normales mejorados de Metalfinish – LH

Anexo EEEE: Tiempos estandar mejorados del JIG #1 - RH

Anexo FFFF: Tiempos estandar mejorados del JIG #1 - LH

Anexo GGGG: Tiempos estandar mejorados del JIG #2 – A

Anexo HHHH: Tiempos estandar mejorados del JIG #2 – B

Anexo IIII: Tiempos estandar mejorados del JIG #2 – C

Anexo JJJJ: Tiempos estandar mejorados del JIG #3 – RH

Anexo KKKK: Tiempos estandar mejorados del JIG #3 – LH

Anexo LLLL: Tiempos estandar mejorados del JIG #3 – A

Anexo MMMM: Tiempos estandar mejorados de Instalación de componentes

Anexo NNNN: Tiempos estandar mejorados de Cuadratura – RH

Anexo OOOO: Tiempos estandar mejorados de Cuadratura – LH

Anexo PPPP: Tiempos estandar mejorados de Lijado – RH

Anexo QQQQ: Tiempos estandar mejorados de Lijado – LH

Anexo RRRR: Tiempos estandar mejorados de Metalfinish – RH

Anexo SSSS: Tiempos estandar mejorados de Metalfinish – LH

Anexo TTTT: Ícono de protección respiratoria

Anexo UUUU: Ícono de protección facial

LISTA DE ABREVIACIONES

CIAUTO	Ciudad del Auto.
SOP	Start of Production (Inicio de producción).
TPS	Toyota Production System (Sistema de Producción Toyota).
ASME	American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
TO	Tiempo Medido Promedio.
V	Valoración del Ritmo de Trabajo.
H	Habilidad.
E	Esfuerzo.
C	Condiciones.
K	Consistencia.
S	Suplementos.
TT	Takt Time.
C	Capacidad de Producción.
IP	Índice de Productividad.
SOS	Standard Operation Sheet (Hoja de Operación Estándar).
JES	Job Element Sheet (Hoja de Elemento de Trabajo).
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización).
CKD	Completely Knocked Down (Vehículo Completamente Desarmado).
MIG	Metal Inert Gas (Gas Inerte de Metal).
RH	Raight Hand (Mano Derecha).
LH	Left Hand (Mano Izquierda).
TM	Tiempos Medidos.
TMP	Tiempo Medido Promedio.
TN	Tiempo Normal.
TSP	Tiempo Estándar Promedio.
Tm	Tiempo Muerto.
TE	Tiempo Extra.
Nt	Número de Estaciones de Trabajo.
OIT	Organización Internacional del Trabajo.

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en estandarizar el proceso de la línea de soldadura para la producción del automóvil marca Zotye modelo T-600, con el fin mejorar métodos, balancear la línea, reducir tiempos muertos, eliminar cuellos de botella e implementar un estándar de trabajo a cada uno de los operadores. La situación actual se la obtuvo mediante análisis de tiempos y distancias con herramientas como cámaras de videograbación, cursogramas analíticos, hojas de observaciones y hojas de trabajo estandarizado. Los resultados fueron que en el JIG #1 y JIG #2 las cargas de trabajo estuvieron desequilibradas, la pistola de la bomba de sellado #1 no tenía las características adecuadas de uso y en Metalfinish existía una sobrecarga de trabajo. Para dar solución a las cargas de trabajo desequilibradas, se reasignaron actividades; para mejorar las características de la pistola mencionada, se aumentó el diámetro de la boquilla; y para la sobrecarga de trabajo, se implementó una estación previa de Lijado. Los efectos fueron medidos, aplicando nuevamente la misma metodología de la situación actual, de la cual se obtuvo que las cargas de trabajo del JIG #1 y JIG #2 se equilibraron y sus tiempos bajaron en relación al takt time; asimismo en Metalfinish las cargas de trabajo minimizaron, con lo cual redujo el uso de horas extras; y finalmente se elaboró e implementó en la línea las nuevas hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo. Al final del estudio se observó que las unidades fluyen de manera continua por cada una de las estaciones, cumpliendo a cabalidad el plan de producción en los tiempos provistos. Si bien las mejoras fueron visibles, la línea no ha llegado a la perfección, es decir, no está libre de encontrarse más situaciones por mejorar, es por tal razón que se recomienda que se siga aplicando el criterio de la mejora continua o Kaizen en métodos, herramientas, equipos, materia prima y hasta en medio ambiente.

Palabras clave: <ESTANDARIZAR>, <BALANCEO DE LÍNEA>, <TIEMPOS MUERTOS>, <CUELLOS DE BOTELLA>, <ESTÁNDAR DE TRABAJO>, <CURSOGRAMA ANALÍTICO>, <HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO>, <INSTRUCTIVO DE TRABAJO>, <JIG>, <TAKT TIME>, <MEJORA CONTINUA (Kaizen)>

ABSTRACT

The present study is focused on standardizing the welding line process for the production of Zotye brand car model T-600, in order to improve methods, balance the line, reduce downtimes, eliminate bottlenecks and implement a standard of work to each of the operators. The current situation was obtained through an analysis of time and distance with tools such as video recording cameras, analytical coursegrams, observation sheets and standardized worksheets. The results were that in JIG # 1 and JIG # 2, the workloads were unbalanced, the pump of the sealing pump # 1 did not have the proper characteristics of use and in Metalfinish there was an overload of work. To solve the unbalanced workloads, activities were reassigned; to improve the characteristics of the mentioned gun, the diameter of the nozzle was increased and for the work overload, a previous sanding station was implemented. The effects were measured, applying again the same methodology of the current situation, it was obtained that workloads of JIG # 1 and JIG # 2 were balanced and their times were lowered in relation to takt time; also in Metalfinish the workloads were minimized, which reduced the use of overtime; and finally the new standardized worksheets and work instructions were elaborated and implemented in the line. At the end of the study it was observed that the units went continuously for each of the stations, fully complying with the production plan in the times provided. Although the improvements were visible, the line has not reached perfection, that is, it is not free to find more situations to improve, and it is for this reason, it is recommended to continue applying the criterion of continuous improvement or Kaizen in methods, tools, equipment, raw materials and even in the environment.

Keywords: <STANDARDIZE>, <LINE BALANCE>, <DOWNTIMES>, <BOTTLENECKS>, <WORK STANDARD>, <ANALYTICAL COURSEGRAM>, <STANDARDIZED WORKSHEET>, <JIG>, <TAKT TIME>, <CONTINUOUS IMPROVEMENT (Kaizen)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En Ecuador, la industria automotriz desde su primer ensamble en 1973 ha ido creciendo a un ritmo acelerado y más aún cuando fue considerada como industria priorizada en la Transformación de la Matriz Productiva, es así que hoy en día contribuyen de manera positiva en gran porcentaje a la economía del país en aranceles, impuestos y principalmente en la generación de empleo. General Motors Ómnibus BB con su marca Chevrolet, AYMESA con su marca Kía y CIAUTO con sus marcas Great Wall y Zotye son las empresas que actualmente se encuentran en produciendo en el país, las cuales han ido ganando su espacio en el mercado por el valor agregado que constantemente le van dando a sus vehículos y a sus formas de comercialización.

Las empresas automotrices dedicadas al ensamble de vehículos poseen un proceso de producción en línea, es por tal razón que tienen la imperiosa necesidad de poner en práctica las herramientas del Sistema de Producción Toyota, específicamente unas de las más importantes como lo es Kaizen o Mejora Continua, donde en resumen da a entender que cada uno de los procesos productivos deben estar constantemente mejorándose en aspectos como maquinaria, materia prima, mano de obra, método de trabajo y medio ambiente, para de esa manera lograr ser competitivos mediante el incremento la productividad con automóviles de calidad.

Kaizen recomienda como primer paso, estandarizar los procesos de las distintas líneas de producción existentes, permitiendo dar un orden lógico, óptimo y único de desarrollo a cada una de las tareas, operaciones o procesos. Una vez implementado y puesto en marcha un estándar de trabajo el resultado indiscutiblemente es la excelencia operacional, es decir, que de una u otra manera se evitara los siete desperdicios de la producción.

Es así que, el presente estudio técnico se centra en estandarizar los procesos de cada uno de los trabajadores que forman parte de la línea de soldadura, encargados de la producción del automóvil marca Zotye modelo T-600 en la empresa CIAUTO Cía. Ltda., siguiendo la metodología universal existente para estandarización.

1.2. Antecedentes

CIAUTO Cía. Ltda. es una empresa ambateña que nació de una alianza con uno de los mayores fabricantes de autos del continente asiático, para que se dedique al ensamble y comercialización de vehículos de la marca Great Wall con su modelo de camioneta Wingle y sus modelos de automóvil Haval y M4.

Actualmente, la empresa ha realizado un nuevo convenio con una nueva marca asiática como lo es Zotye, para la producción de su modelo de automóvil T-600, es entonces que rápidamente la empresa conjuntamente con los dueños de la marca, instalaron cada una de las líneas para su producción que parte desde la de abastecimiento, soldadura, pintura, ensamble hasta la de control de calidad.

Específicamente, la atención se centra en la línea de soldadura, donde hasta el momento se han producido ciento veinte unidades, bajo la guía y supervisión de los técnicos asiáticos dueños de la marca. Al ser un proceso de producción nuevo, la línea no cuenta con ningún tipo de estudio para determinar si las características con las que se están produciendo este vehículo son las óptimas y donde únicamente como guía o ayuda cuentan con los Control Plan que los dueños de la marca entregaron durante su estadía en la empresa.

La soldadura del automóvil Zotye T-600, al ser un proceso de producción en línea, es de suma importancia que se encuentre estandarizada, lo cual implica un estudio colectivo e individual de cada uno de los operadores que forman parte de la línea, complementado con la documentación que hay que elaborar y dejar implementado en base al estudio realizado. Esto implica que en cuanto a investigaciones realizadas anteriormente sobre esta temática, únicamente existen estudios similares, pero que pertenecen al proceso de soldadura del automóvil Great Wall modelo M4 y sus instrucciones de trabajo, las mismas que se encuentran en cada una de las estaciones de trabajo de la línea.

Hay que recalcar que existen varias investigaciones realizadas anteriormente sobre estandarización, con la diferencia que se las ha realizado en distintos procesos productivos, en procesos administrativos y hasta en prestación de servicios, las cuales han seguido la misma metodología, pero que en ciertos aspectos han cambiado según la necesidad de la empresa y el enfoque que cada investigador le ha dado.

1.3. Planteamiento del problema

El estándar de trabajo para cada uno de los procesos de producción en el sector automotor, es una técnica que genera una ventaja en relación a la competencia, adaptándose a las exigencias que impone el mercado globalizado, con el firme objetivo de generar de manera segura automóviles con calidad homogénea, en tiempos previstos y a bajos costos.

En la actualidad la empresa la empresa CIAUTO Cía. Ltda., ha notado que la línea de soldadura esta desbalanceada por el número de estaciones de trabajo incorrectas, cargas de trabajo desequilibradas, número de operadores inadecuados; así mismo los métodos de trabajo son incorrectos por falta de un estándar de trabajo, ausencia de documentos que hagan referencia a los procesos, equipos y herramientas inadecuadas. Los aspectos mencionados anteriormente están generando incumplimiento del plan de producción teniendo así retraso en las demás líneas de producción; improductividad como uso de horas extras y baja capacidad de producción; los famosos desperdicios de la producción entre los cuales están actividades que no generan valor, tiempos muertos y cuellos de botella. Luego de mencionar las causas y los efectos el resultado de estos es una variación en la productividad de la línea. Por todas estas razones nace la necesidad de recurrir a estandarizar el proceso producción de cada uno de los operadores que forman parte de la línea, además de esta manera se dará cumplimiento a uno de los ítems más importantes del Sistema de Producción Toyota como lo es Kaizen.

Para la solución de la temática planteada, se va a desarrollar la metodología universal existente para estandarizar, la cual nos proporciona los pasos claros y concretos que debemos seguir para lograrlo, siempre enfocándose en cumplir los requisitos del producto.

Es por ello, que si no se estandariza el proceso en la línea de soldadura, no se tendrá una línea balanceada y los métodos de trabajo aplicados no serán los correctos, dando como resultado la disminución de la productividad, no se aprobarán las auditorias de calidad por la carencia de documentos que hagan referencia al proceso de producción y se perderá el SOP (Start of Production), permiso de producción otorgado por los dueños de la marca.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Estandarizar el proceso de la línea de soldadura para la producción del automóvil marca Zotye modelo T-600 en la empresa CIAUTO Cía. Ltda.

1.4.2. Específicos

- Determinar el proceso actual que lleva a cabo cada operador en la línea de soldadura, a través de las herramientas para el estudio del trabajo.
- Diseñar y difundir el proceso ideal para cada operador de la línea de soldadura, mediante el desarrollo de herramientas para el mejoramiento continuo.
- Ejecutar una prueba piloto en la línea de soldadura con el proceso ideal diseñado para cada operador, a través de la producción normal de los automóviles.
- Evaluar los resultados de la prueba piloto de cada operador de la línea, mediante las herramientas para el estudio del trabajo.
- Definir el proceso ideal que llevará a cabo cada operador en la línea de soldadura, a través de la elaboración de la documentación requerida en las auditorías de calidad.
- Implementar el proceso ideal definido para cada operador de la línea, mediante la capacitación y colocación de la documentación en las instalaciones de la línea.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

Se utilizó fundamento teórico de proyectos de investigaciones existentes y de documentos técnicos, donde de estos últimos además se extrajo valores indispensables para la obtención de los tiempos normales y estándar de cada uno de los operadores de la línea. Esta investigación aportó al conocimiento existente sobre cómo conseguir un estándar de trabajo en un sistema de producción continuo especialmente en líneas de soldadura o ensamble, cuyos resultados se podría sistematizarse para ser incorporado en el campo educativo superior y en el mundo empresarial, ya que se demostró que el estandarizar un proceso aumenta la productividad especialmente en líneas de ensamble.

1.5.2. Justificación metodológica

Se cumplió estrictamente con cada uno de los pasos de la metodología universal para conseguir estandarizar procesos. A diferencia de las otras metodologías existentes enfocadas al mejoramiento de sistemas de producción, la metodología universal fue seleccionada debido a que seguía lineamientos bien claros y concretos en base a mejorar las anomalías que presentaba la línea. Mencionar que esta metodología siempre se enfocó en cumplir con todos los requisitos que demanda proceso de producción para la obtención del producto final de calidad, que en este caso fue la carrocería del automóvil Zotye T-600.

1.5.3. Justificación práctica

Se logró tener la línea balanceada, métodos de trabajo correctos, flujo continuo de unidades y un estándar de trabajo bien definido; logrando así reducir tiempos muertos, cuellos de botella y uso de horas extras. Estándar de trabajo que quedó definido e implementado en las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo, los mismos que están sirviendo de ayuda sobre aspectos del proceso de producción a los operadores y facilitando el aprendizaje a futuros operadores que se unan a la línea, hay que recalcar que dicha documentación ya ha sido evaluada y aprobada en las auditorías internas y está lista para ser evaluada y aprobada pero esta vez en la auditoría externa que será sometida la empresa este año.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de producción continuo

Para (HEIZER, y otros, 2009), un sistema de producción continuo es un sistema que se enfoca en fabricar, producir, o procesar productos o materiales sin interrupción, a través de un proceso de flujo continuo que permite mantener los productos o materiales en continuo movimiento. Sus principales características son:

- El flujo de producción es ininterrumpido.
- Los productos están estandarizados.
- Toda la producción sigue unos estándares de calidad.
- Se produce con anticipación a la demanda.
- Los procedimientos de trabajo están prefijados.

2.2. Línea de proceso repetitivo

La línea del proceso repetitivo es la línea de ensamble clásica. Se usa ampliamente en el ensamble de casi todos los automóviles y aparatos electrodomésticos, tiene más estructura y, en consecuencia, menos flexibilidad que una instalación con enfoque en el proceso. (HEIZER, y otros, 2009)

2.3. Línea de ensamble

La línea de ensamble se dedica a la colocación de las partes fabricadas juntas en una serie de estaciones de trabajo. Su proceso es repetitivo y línea debe estar balanceada, es decir, el tiempo que requiere un empleado en una estación de trabajo de la línea de ensamble debe estar balanceado con el tiempo que requiere el empleado que le sigue en la siguiente estación de trabajo. (HEIZER, y otros, 2009)

Las líneas de ensamble tienden a seguir el paso de las tareas asignadas a los individuos o a las estaciones de trabajo. Por lo tanto, las líneas de ensamble se pueden balancear cambiando tareas de un individuo a otro. (HEIZER, y otros, 2009)

La meta de la administración es crear un flujo continuo a lo largo de la línea de ensamble con un mínimo de tiempo ocioso en cada estación de trabajo. Una línea de ensamble bien balanceada tiene la ventaja de poseer una alta utilización del personal y de las instalaciones, así como equidad en la carga del trabajo asignado a los empleados. (HEIZER, y otros, 2009)

2.4. Distribución orientada al producto

Según (HEIZER, y otros, 2009), las distribuciones orientadas al producto se organizan alrededor de productos o familias de producto similares de alto volumen y baja variedad. La producción repetitiva y la producción continua, usan distribuciones orientadas al producto. Los supuestos son que:

- El volumen de producción es adecuado para la utilización exhaustiva del equipo.
- Los equipos que se utilizan son especiales y por ende los operadores no necesariamente deben especializados.
- La demanda del producto es lo suficientemente estable como para justificar una gran inversión en equipo especializado.
- El suministro de materias primas y componentes es adecuado y de calidad uniforme (apropiadamente estandarizado) para asegurar que funcionará con el equipo especializado.

2.5. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing, es la persecución a una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. (RAJADELL, y otros, 2010)

2.5.1. Pilares del Lean Manufacturing

Para (RAJADELL, y otros, 2010), la implantación de Lean Manufacturing en una planta industrial exige el conocimiento de unos conceptos, unas herramientas y unas técnicas con el objetivo de alcanzar tres objetivos: rentabilidad, competitividad y satisfacción de todos los clientes. Tal como se ha escrito, los pilares del Lean Manufacturing son:

- La filosofía de la mejora continua: el concepto kaizen.
- Control total de la calidad: calidad que se garantiza para todas las actividades.

- El just in time.

Figura 1-2: Estructura del Lean Manufacturing



Fuente: (TOLEDANO DE DIEGO, y otros, 2009)

2.6. Kaizen o Mejoramiento continuo

Kaizen, según su creador Masaki Imai, se plantea como la conjunción de dos palabras:

Kai = cambio.

Zen = para mejorar.

Se puede decir que, Kaizen significa “cambio para mejorar”, que no es solamente un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas (RAJADELL, y otros, 2010).

Para (GARCÍA, 2016), Kaizen en una empresa significa que, los trabajadores vayan mejorando los estándares de la empresa para alcanzar los objetivos y hacerse competitivo. Lo que se pretende es mejorar los niveles de calidad y a su vez reducir los costos de producción con sencillas modificaciones en el día a día.

2.6.1. Herramientas del Kaizen o Mejoramiento continuo

(BRAVO, 2008), menciona que algunas de las herramientas más efectivas de mejoramiento continuo son:

- Estandarización.
- Kanban.
- Seis Sigma.
- Ciclo de Deming.
- Técnica de las 5-S.
- Diagramas de Causa-Efecto.

- Diagramas de Pareto.

2.7. Estandarización

La estandarización está sustentada en un conjunto de instrucciones que definen e ilustran claramente cómo se deben realizar las diferentes etapas de una tarea o actividad. Estandarizar implica conocer qué se debe hacer, cómo y a qué velocidad, para repetir lo exactamente igual en cada ciclo. (TORRUBIANO, y otros, 2013)

2.7.1. Características de la Estandarización

Para (TORRUBIANO, y otros, 2013), las principales características de una estandarización son:

- Permite controlar la productividad, la calidad y la seguridad del proceso.
- Garantiza que las actividades se realicen dentro de los plazos establecidos y con un inventario de proceso definido, que permitirá que con un número mínimo de material se pueda mantener el flujo regular del proceso.
- Constituye la base para la mejora, ya que sin un estándar de partida no se puede mejorar.
- Da a conocer si el sistema productivo está bajo control y detectar posibles desviaciones que nos ayuden en el camino hacia la mejora continua.

2.7.2. Estandarización para la gestión de operaciones

Según (HERNÁNDEZ, y otros, 2013), la estandarización para la gestión de operaciones está compuesta de:

- Análisis de operaciones para establecimiento de análisis de tiempos.
- Procedimientos de detección de despilfarros.
- Acciones de mejora continua (Listas de mejora, hojas de planificación de mejoras, resultados de la mejora, informes temporales de mejoras).
- Procedimientos de definición de operaciones y procesos (hojas, gráficos, diagramas).
- Especificaciones de equipos con datos de capacidad.
- Preparación de equipos y herramientas.
- Tiempos estándares.

2.8. Estudio del trabajo

El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. (KANAWATY, 1996)

Por tanto (KANAWATY, 1996) menciona que, el estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de recursos, y de fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad.



Fuente: (KANAWATY, 1996)

2.8.1. *Estudio de métodos*

El estudio de métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar las actividades, con el fin de efectuar mejoras. (KANAWATY, 1996)

2.8.1.1. *Procedimiento para el estudio de métodos*

(GARCÍA, 2005) nos dice que, el procedimiento para el estudio de métodos se da mediante el cumplimiento sistemático de las siguientes actividades:

- Seleccionar el trabajo que debe mejorarse.
- Registrar los detalles del trabajo.
- Analizar los detalles del trabajo.
- Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo.
- Adiestrar a los operarios en el nuevo método de trabajo.
- Aplicar el nuevo método de trabajo.

2.8.1.2. *Herramientas para el estudio de métodos*

Para (KANAWATY, 1996), las herramientas para el estudio de métodos más corrientes son los gráficos y diagramas, de los cuales hay varios tipos, cada uno con su respectivo propósito. Los gráficos y diagramas más utilizados se dividen en dos categorías:

- Los que sirven para consignar una sucesión de hechos o acontecimientos en el orden en que ocurren, pero sin reproducirlos a escala.
- Los que registran los sucesos, también en el orden en que ocurren, pero indicando su escala en el tiempo, de modo que se observe mejor la acción mutua de sucesos relacionados entre sí.

Tabla 1-2: Gráficos y diagramas para el estudio de métodos

A. GRAFICOS	Que indican la SUCESION de los hechos Cursograma sinóptico del proceso Cursograma analítico del operario Cursograma analítico del material Cursograma analítico del equipo o maquinaria Diagrama bimanual Cursograma administrativo
B. GRAFICOS	Con ESCALA DE TIEMPO Diagrama de actividades múltiples Simograma
C. DIAGRAMAS	Que indican MOVIMIENTO Diagrama de recorrido o de circuito Diagrama de hilos Ciclograma Cronociclograma Gráfico de trayectoria

Fuente: (KANAWATY, 1996)

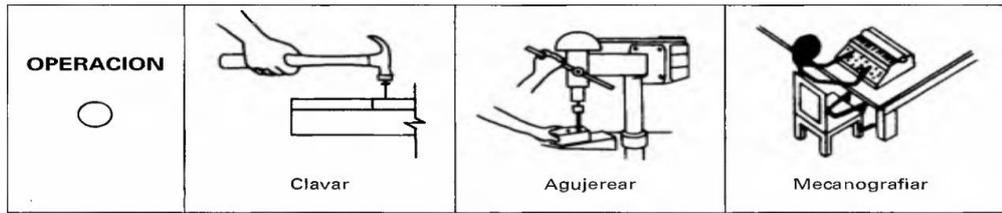
2.8.1.3. *Símbolos utilizados en gráficos y diagramas*

La American Society of Mechanical Engineers (ASME), estableció un conjunto estándar de elementos y símbolos que pueden ser utilizados en los diferentes procesos, pues constituyen una clave utilizable en casi todas partes, que ahorra mucha escritura y sobre todo permite indicar con mucha claridad y exactitud lo que ocurre durante la actividad que se realiza. (JANANIA, 2008)

Los símbolos son los siguientes:

- **Operación.-** Indica la realización de algo en algún lugar. En otras palabras, son todos aquellos cambios intencionales en una o más características. (JANANIA, 2008)

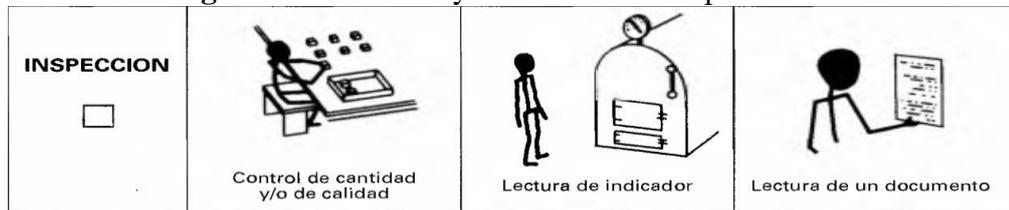
Figura 3-2: Símbolo y actividades de operación



Fuente: (KANAWATY, 1996)

- **Inspección.-** Aquí se va a comprobar si una operación se ejecutó correctamente en lo que se refiere a la calidad, o sea, un método particular que implica que la persona verifique o compare la calidad de un determinado producto. (JANANIA, 2008)

Figura 4-2: Símbolo y actividades de inspección



Fuente: (KANAWATY, 1996)

- **Transporte.-** Se considera un transporte cuando se traslada de un lugar a otro, ya que con esto sucede un cambio de localización. (JANANIA, 2008)

Figura 5-2: Símbolo y actividades de transporte



Fuente: (KANAWATY, 1996)

- **Demora.-** Indica ociosidad, ya sea moviéndose o esperando, con tal de que el movimiento no sea parte del trabajo, es decir, una interrupción entre la acción inmediata y la acción siguiente. (JANANIA, 2008)

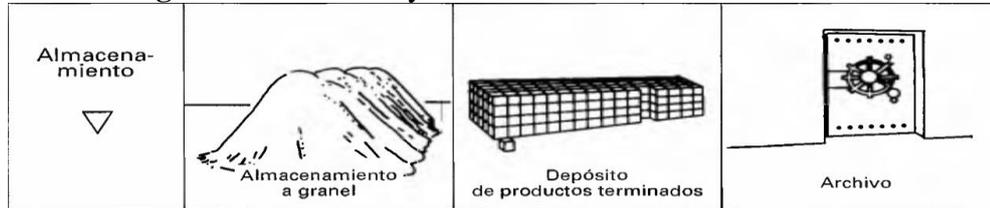
Figura 6-2: Símbolo y actividades de demora



Fuente: (KANAWATY, 1996)

- **Almacenamiento.-** Muestra cuando un producto se encuentra en un área específica sin transportes, inspecciones y operaciones, sobre todo bajo condiciones en que sea necesaria una requisición para sacarlo, es decir, controlado. (KANAWATY, 2008)

Figura 7-2: Símbolo y actividades de almacenamiento



Fuente: (KANAWATY, 1996)

2.8.1.4. *Cursograma analítico*

Según (KANAWATY, 1996), el cursograma analítico es un diagrama que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda.

- **Cursograma de operario.-** Diagrama en donde se registra lo que hace la persona que trabaja.
- **Cursograma de material.-** Diagrama en donde se registra cómo se manipula o trata el material.
- **Cursograma de equipo.-** Diagrama en donde se registra cómo se usa el equipo. (KANAWATY, 1996)

Figura 8-2: Cursograma analítico

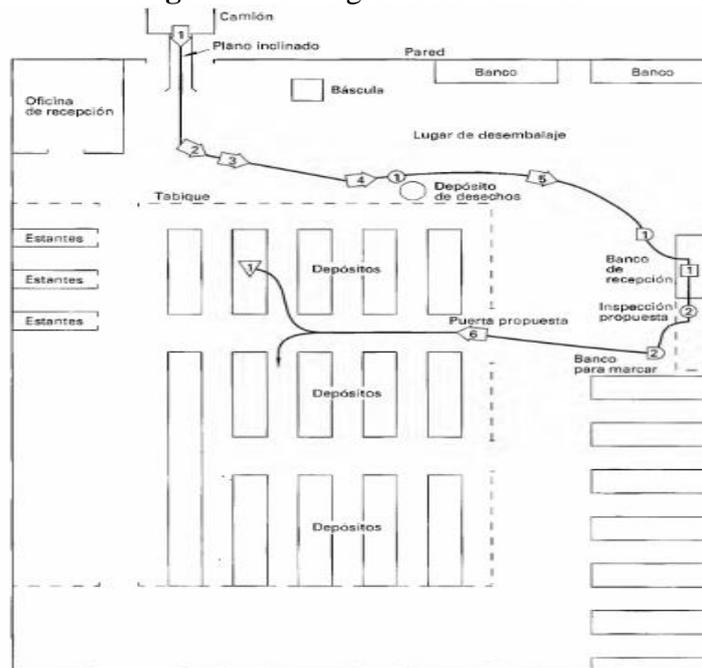
Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo						
Diagrama núm 4 Hoja núm. 1 de 1		Resumen						
Objeto:	Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Cajón de piezas BX 487 (10 por cajón, en cajas de cartón)	Operación ○	2	2	-				
	Transporte □	11	6	5				
	Espera ◊	7	2	5				
	Inspección □	2	1	1				
	Almacenamiento ▽	1	1	-				
Método: Actual/Propuesto	Distancia (m)	56,2	32,2	24				
Lugar: Departamento de recepción	Tiempo (horas-hombre)	1,96	1,16	0,80				
Operario(s): Ficha núm.	Costo por cajón							
Véase columna de observaciones	Mano de obra	\$10,19	\$6,03	\$4,16				
Compuesto por: Fecha:	Material	-	-	-				
Aprobado por: Fecha:	Total	\$10,19	\$6,03	\$4,16				
Descripción	Canti- dad 1 caja	Dis- tancia (m)	Tiempo (min.)	Símbolo				Observaciones
				○	□	◊	▽	
Sacado de camión; colocado en plano inclinado	1,2							2 peones
Deslizado por plano inclinado	6		5					2 peones
Colocado en carretilla	1							2 peones
Acarreado hasta lugar de desembalaje	6		5					1 peón
Destapado	-		5					1 peón
Acarreado hasta banco de recepción	9		5					1 peón
Espera hasta descarga	-		5					
Cajas cartón extraídas y abiertas:								
colocadas sobre banco,	-	20						Inspector
contadas y cotejadas con diseño								
Piezas numeradas y colocadas de nuevo en cajón	-							Peón de almacén
Espera del carretillero	-		5					
Cajón llevado al lugar de distribución	9		5					1 peón
Puesto en depósito	-							
Total		32,2	55	2	6	2	1	1

Fuente: (KANAWATY, 1996)

2.8.1.5. Diagrama de recorrido

Es un diagrama que muestra el flujo en un plano del área de trabajo considerada, indicando la trayectoria seguida por el objeto que se estudia y los símbolos de análisis de procesos de la ASME, colocados en este diagrama lineal para indicar lo que sucede al objeto a su paso por el proceso. (KRICK, 1994)

Figura 9-2: Diagrama de recorrido



Fuente: (KANAWATY, 1996)

2.8.2. Medición del trabajo

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea, según una norma de rendimiento preestablecida. (KANAWATY, 1996)

2.8.2.1. Técnicas para medición del trabajo

Para (GARCÍA, 2005), las principales técnicas que se emplean para medir el trabajo son:

- Por estimación de datos históricos.
- Estudio de tiempos con cronómetro.
- Tiempos predeterminados.
- Técnica de observaciones instantáneas (muestreo del trabajo).
- Datos estándar y fórmulas de tiempo.

2.8.2.2. *Estudio de tiempos*

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido. (GARCÍA, 2005)

2.8.2.3. *Fases para el estudio de tiempos*

Según (GARCÍA, 2005), un estudio de tiempos consta de varias fases, a saber:

1. Preparación

- Selección de la operación.
- Selección del trabajador.
- Actitud frente al trabajador.
- Análisis de comprobación del método de trabajo.

2. Ejecución

- Obtener y registrar la información.
- Descomponer la tarea en elementos.
- Cronometrar.
- Calcular el tiempo observado.

3. Valoración

- Ritmo normal del trabajador promedio.
- Técnicas de valoración.
- Calculo del tiempo base o valorado.

4. Suplementos

- Análisis de demoras.
- Estudio de fatiga.
- Calculo de suplementos y sus tolerancias.

5. Tiempo estándar

- Error de tiempo estándar.
- Calculo de frecuencia de los elementos.
- Determinación de tiempos de interferencia.
- Calculo de tiempo estándar.

2.8.2.4. *Cronometraje*

Es la medición del tiempo de duración de una operación, actividad o tarea mediante dispositivos llamados cronómetros.

(MANOBANDA, 2017) menciona que, en la actualidad el trabajo se mide por medio de dos métodos de cronometraje continuo y de cronometraje con vuelta a cero.

- **Cronometraje continuo.**- Se deja correr el cronometro mientras dura el estudio; este se pone en marcha cuando inicia su trabajo el primer elemento (trabajador) del primer ciclo; al final de la labor de cada individuo, se registra la hora que marca el cronometro. (MANOBANDA, 2017)
- **Cronometraje con vuelta a cero.**- Los tiempos se toman directa e inmediatamente después de que cada elemento (trabajador) concluye su tarea; acto seguido, el segundero del cronometro se regresa a cero y se pone en marcha de forma inmediata, para tomar el tiempo del siguiente elemento (sujeto). (MANOBANDA, 2017)

2.8.2.5. *Cámaras de videogración*

Son ideales para grabar los métodos del operario y el tiempo transcurrido. Al tomar película de la operación y después estudiarla cuadro por cuadro, los analistas pueden registrar los detalles exactos del método usado y después asignar valores de tiempos normales. También pueden establecer estándares proyectando la película a la misma velocidad que la de grabación y luego calificar el desempeño del operario. Asimismo, a través del ojo de la cámara pueden surgir mejoras potenciales a los métodos que pocas veces se detectan con el procedimiento del cronómetro. (NIEBEL, 2009)

2.8.2.6. *Hoja de observaciones*

Son documentos de fácil utilización en los cuales se anotan los tiempos medidos de cada operación, actividad o tarea, ya sea que hayan sido tomados mediante cronometraje continuo o por cronometraje con vuelta a cero. Además estos documentos nos permiten calcular el promedio de los tiempos medidos, anotar la valoración del ritmo de trabajo y suplementos para posteriormente calcular el tiempo normal y tiempo estándar respectivamente.

Figura 10-2: Hoja de observaciones

Tabla 2-2: Número recomendado de ciclos

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: (NIEBEL, 2009)

2.11. Valoración del ritmo de trabajo

Por definición, valorar el ritmo es comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo tipo que uno se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados cuando utilizan el método que corresponde y se les ha dado motivo para querer aplicarse. (KANAWATY, 1996)

2.11.1. Sistema de valoración Westinghouse

Fue desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation (Lowry, Maynard y Stegemerten, 1940). Este sistema de calificación Westinghouse considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. (NIEBEL, 2009)

- **Habilidad.-** Se define como la destreza para seguir un método dado y después la relaciona con la experiencia que se demuestra mediante la coordinación adecuada entre la mente y las manos. La habilidad de un operario es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo. Este factor aumenta a medida que transcurre el tiempo, debido a que una mayor familiaridad con el trabajo proporciona velocidad y suavidad de movimientos, a la vez que desaparecen los titubeos y movimientos falsos. (NIEBEL, 2009)

Tabla 3-2: Valoración de la habilidad

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: (NIEBEL, 2009)

- **Esfuerzo.-** Se define como una demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad que, en gran medida, puede ser controlada por el operario. Al evaluar el esfuerzo del operario, el observador debe calificar sólo el esfuerzo “eficaz”, debido a que ocasionalmente el operario aplica un esfuerzo rápido mal dirigido para incrementar el tiempo de ciclo del estudio. (NIEBEL, 2009)

Tabla 4-2: Valoración del esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: (NIEBEL, 2009)

- **Condiciones.-** Las condiciones que se consideran en este procedimiento de calificación del desempeño, que afectan al operario y no a la operación, incluyen la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido. Los factores que afectan la operación, como herramientas o materiales deficientes, no se consideran al aplicar el factor de desempeño a las condiciones de trabajo. (NIEBEL, 2009)

Tabla 5-2: Valoración de las condiciones

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: (NIEBEL, 2009)

- **Consistencia.-** Normalmente se define cómo la forma repetitiva de acción de la persona en un determinado trabajo, es decir, que los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indicarán una consistencia más o menos exacta. (JANANIA, 2008)

Tabla 6-2: Valoración de la consistencia

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: (NIEBEL, 2009)

2.12. Tiempo normal

El tiempo normal es el tiempo que emplea una persona para realizar un trabajo a ritmo normal. (JANANIA, 2008)

$$T_n = T_o \times V$$
$$T_n = T_o \times [1 + (H + E + C + K)]$$

Donde:

T_n = tiempo normal.

T_o = tiempo medido promedio.

V = valoración del ritmo de trabajo.

H = habilidad.

E = esfuerzo.

C = condiciones.

K = consistencia.

2.13. Tiempo estándar

El tiempo estándar es el tiempo a considerar globalmente de la operación. (JANANIA, 2008)

El tiempo estándar se encuentra mediante la suma del tiempo normal más algunas holguras para las necesidades personales (como descanso para ir al baño o tomar café) las demoras inevitables en el trabajo (como descomposturas del equipo o falta de material) y la fatiga del trabajador (física o mental). (CULQUI, 2014)

$$T_s = T_n \times (1 + S)$$

Donde:

T_s = tiempo estándar.

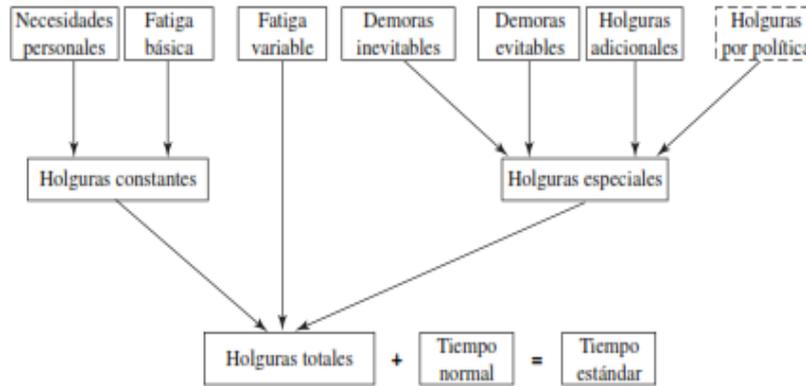
T_n = tiempo normal.

S = suplementos.

2.13.1. Suplementos

Es un valor adicional que se debe incrementar al tiempo normal determinado en la toma de datos, por lo general este tiempo no se puede determinar con exactitud por la variabilidad del proceso, los trabajadores y otros elementos del proceso, sin embargo existen tablas donde indican el porcentaje. (MOYANO, 2016)

Figura 11-2: Tipos de suplementos



Fuente: (NIEBEL, 2009)

Podrá verse que los suplementos por descanso (destinados a reponerse de la fatiga) son la única parte esencial del tiempo que se añade al tiempo básico. Los demás suplementos, como por contingencias, por razones de política de la empresa y especiales, solamente se aplican bajo ciertas condiciones. (KANAWATY, 1996)

Tabla 7-2: Suplementos constantes y variables

SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
A. Suplementos por necesidades personales.	5	7			
B. Suplemento base por fatiga.	4	4			
SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
A. Suplemento por trabajo de pie	2	4	F. Concentración Intensa		
B. Suplemento por postura anormal			Trabajo de cierta precisión	0	0
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajo preciso o fatigoso	2	2
Incómoda (inclinado)	2	3	Trabajo de gran precisión o muy fatigoso	5	5
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido		
C. Uso de fuerza/energía muscular (levantar, tirar, empujar)			Continuo	0	0
Peso levantado Kg			Intermitente y fuerte	2	2
2,5	0	1	Intermitente y muy fuerte	5	5
5	1	2	Estridente y fuerte		
10	3	4	H. Tensión mental		
25	9	20 max	Proceso bastante complejo	1	1
35,5	22	-	Proceso complejo o atención dividida	4	4
D. Mala Iluminación			Muy complejo	8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	I. Monotonía		
Bastante por debajo	2	2	Trabajo algo monótono	0	0
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo bastante monótono	1	1
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo muy monótono	4	4
Índice de enfriamiento KATA			J. Tedio		
16		0	Trabajo algo aburrido	0	0
8		10	Trabajo bastante aburrido	2	1
4		45	Trabajo muy aburrido	5	2
2		100			

Fuente: (MANOBANDA, 2017)

2.14. Takt time

El takt time es exactamente el tiempo en que se debe producir un producto para satisfacer la demanda del cliente, representa un valor umbral del ritmo de producción. (MOYANO, 2016)

Para (RAJADELL, y otros, 2010), el takt time se define como el tiempo en que una pieza debe ser producida para satisfacer las necesidades del cliente, o en otras palabras, es la frecuencia en la cual un producto acabado abandona la línea de producción.

Producir según el takt time significa sincronizar el ritmo de la producción con el de las ventas, de manera que se tiene una idea de la velocidad a la cual se debería estar produciendo idealmente para evitar la sobreproducción. (RAJADELL, y otros, 2010)

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo}}{\text{Producción requerida}}$$

2.14.1. Beneficios del takt time

(RAJADELL, y otros, 2010) menciona algunos beneficios del takt time entre los cuales tenemos:

- Un ritmo estable de producción nivelada.
- No hay exceso de producción.
- Un flujo de componentes estable y nivelado.
- Un número correcto de operarios en cada proceso.
- Una minimización del número de transportes adicionales.
- Un control del stock de producto en curso.

2.15. Capacidad

La capacidad es el volumen de producción o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo. (MANOBANDA, 2017)

Capacidad es cantidad de producto que puede ser obtenido durante un cierto período de tiempo. Puede referirse a la empresa en su conjunto o a un centro de trabajo. (DÁVILA, 2013)

$$C = \frac{\text{Producción requerida}}{\text{Tiempo disponible de trabajo}}$$

2.16. Productividad

Productividad es la relación cuantitativa entre el número de unidades producidas y el número de horas hombre trabajadas.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

2.17. Índice de productividad

El índice de productividad es el valor porcentual que indica el incremento o decremento de la productividad luego de haber implementado mejoras en un sistema productivo.

$$IP = \frac{\text{Productividad mejorada} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad actual}} \times 100\%$$

2.18. Balance de línea

El balance de línea consiste en el diseño para encontrar formas de igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones de una(s) línea(s) de producción. (DÁVILA, 2013)

(DÁVILA, 2013) también menciona que, el balance de línea es un proceso técnico y económico que busca equilibrar las cargas de trabajo para cada puesto en una secuencia de procesamiento.

2.18.1. Consideraciones del balance de línea

Según (GARCÍA, 2005), deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- **Cantidad.-** El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- **Equilibrio.-** Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- **Continuidad.-** Una vez iniciadas, las líneas de producción deben continuar pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones.

Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas subensambles, etc, y la previsión de fallas en el equipo.

2.18.2. Parámetros para el balanceo de línea

(DÁVILA, 2013) nos dice que, para la correcta realización de un balance de línea de producción se requiere de una serie de datos importantes con los cuales poder trabajar, estos parámetros son los siguientes:

- Modelo o modelos que se tienen que fabricar.
- Cantidad a fabricar de cada uno de los modelos.
- Conocer el número de operarias disponibles.
- Polivalencia de las operarias y grado de conocimiento de cada una de las operaciones.
- Porcentaje de absentismo de la planta.
- Actividad media de la planta, sección, operarias.
- Aprovechamiento de las horas contratadas.
- Conocer el inventario de maquinaria existente, así como de los accesorios disponibles en la empresa, o en el mercado.

2.19. Balance de línea de ensamble

Las líneas de ensamble, pueden ser balanceadas moviendo las tareas de un individuo a otro. De esta manera, la cantidad de tiempo requerido por cada individuo o estación se iguala. La meta de la administración es crear un flujo continuo suave sobre la línea de ensamble, con un mínimo de tiempo ocioso en cada estación de trabajo de la persona. Una línea de ensamble bien balanceada tiene la ventaja de la gran utilización del personal, y de la instalación y equidad entre las cargas de trabajo del personal. (DÁVILA, 2013)

2.19.1. Propósito del balance de línea de ensamble

Según (DÁVILA, 2013), el propósito de la técnica de balanceo de la línea de ensamble es:

- Igualar la carga de trabajo en los centros de trabajo.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea de ensamble o ritmo de la planta.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Determinar el costo por mano de obra de ensamble.

- Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.
- Ayudar a la disposición física de la planta.
- Reducir los costos de operación.

2.20. Ciclo de Deming

Según (DÁVILA, 2013), el mejoramiento continuo es una incesante búsqueda de problemas y sus soluciones. Por lo cual debemos de considerar el concepto fundamental del ciclo que es que nunca termina. Una de las principales herramientas para la mejora continua en las empresas es Ciclo Deming o también nombrado ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar). El ciclo Deming es utilizado entre otras cosas para la mejora continua de la calidad dentro de una empresa. El ciclo consiste de una secuencia lógica de cuatro pasos repetidos que se deben de llevar a cabo consecutivamente. Estos pasos son: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Dentro de cada uno de los pasos podemos identificar algunas actividades a llevar a cabo.

(DÁVILA, 2013) nos menciona que los 4 pasos del Ciclo Deming son:

1. Planear:

- Identificar el problema.
- Observar, analizar el problema.
- Involucrar a la gente correcta.
- Recopilar los datos disponibles.
- Comprender las necesidades de los clientes.
- Establecer los objetivos de mejora.
- Detallar las especificaciones de los resultados esperados.
- Identificar los puntos de medición.

2. Hacer:

- Ejecutar acción correctiva.
- Aplicar soluciones.
- Documentar las acciones realizadas.

3. Vigilar:

- ¿Se han alcanzado los resultados deseados?
- Vigilar los cambios que se hayan realizado.
- Obtener retroalimentación.

4. Actuar:

- Incorporar la mejora al proceso.
- Comunicar la mejora a todos los integrantes de la empresa.
- Identificar nuevos problemas/proyectos.
- Estandarizar.
- Aplicar nuevas mejoras.
- Documentar.

2.21. Hojas de trabajo estandarizado (SOS)

Para (ALOMÍA, 2011), las SOS (standard operation sheet) o simplemente hojas de trabajo estandarizado son uno de los mejores métodos que describe y determina la secuencia de las actividades que tiene que elaborar el operador en su puesto de trabajo.

Dentro de esta hoja intervienen los siguientes aspectos:

- Seguridad
- Calidad.
- Repetitividad.
- Cero desperdicios.

Una hoja de trabajo estandarizado es una representación visual de la secuencia de los elementos del operador, los tiempos que requieren cada uno, los recorridos que realiza el operador y los puntos que de atención con respecto a la calidad, inspección y seguridad.

(ALOMÍA, 2011)

2.21.1. Utilidades de las hojas de trabajo estandarizado (SOS)

Según (ALOMÍA, 2011), las SOS sirven para que el operador este enterado de la secuencia del proceso y lo que se debe realizar dentro de la operación de la máquina.

Estas hojas poseen dos puntos muy importantes a considerar y son:

- Todos los operadores deben tener una o varias SOS para el proceso.
- Las SOS deben cumplirse siempre y cuando esté aprobada por el Líder de Equipo de Trabajo.

Figura 12-2: Hoja de trabajo estandarizado

HOJA DE TRABAJO ESTÁNDAR										
PROCESO		MÁQUINA			REFERENCIA	OPERARIO	TAKT	TCP	REALIZADO POR	FECHA
Taladrar y escariar Ø interior carcasa		Taladro + Escariador			Carcasa	1 de 1			F.M.	19/09/2012
Nº	ELEMENTOS de TRABAJO	TIEMPO MANUAL BERIE	TIEMPO MANUAL PARAL	ANDAR	ESPERA	TIEMPO MAQ. AUTOM.	<p> + = Seguridad ◇ = Inspección 1 = WIP estándar </p>			
1	Descargar/cargar/iniciar ciclo taladro	10				40				
2	Rebajar Ø salida		6							
3	Ir al escariador (llevando carcasa)			2						
4	Cargar carcasa	5								
5	Escariar Ø interior carcasa	15								
6	Descargar carcasa	5								
7	Limpiar	6								
8	Inspeccionar	5								
9	Depositar en caja	2								
10	Volver al taladro (sin carcasa)			2						
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
Tiempo de Ciclo del Operario (TCO) =		48	6	4	0	56				

Fuente: (MADARIAGA, 2013)

2.22. Hojas de elementos de trabajo (JES)

Las JES (job element sheet), hojas de elementos de trabajo o simplemente instructivos de trabajo son documentos que muestran la información detallada de alguna operación en específico, asegurando una correcta ejecución de las actividades que se esté realizando. (ALOMÍA, 2011)

Para (ALOMÍA, 2011), las JES nos muestra lo siguiente:

- Todos los elementos que conforman cada operación de que se colocó en la SOS.
- La descripción del paso que se debe realizar, teniendo en cuenta las observaciones que se hacen al empezar a elaborar las hojas.
- Representación visual del detalle de la operación.

2.22.1. Propósito de las hojas de elementos de trabajo (JES)

(ALOMÍA, 2011) dice que, los propósitos de las JES son:

- Dar una información detallada para las personas que ingresan a la empresa y/o cambian del puesto de trabajo.
- Trasladar la información entre Ingeniería Industrial y la ejecución del trabajo dentro de la planta.
- Proveer una base para auditorías, solución de los problemas, el mejoramiento continua y transferencia de documentos.

Figura 13-2: Hoja de elementos de trabajo

		MANUFACTURA				JES Realizador por: LEAN MANUFACTURING	
HOJA DE ELEMENTOS DE TRABAJO		ÁREA PREPARACIÓN DE MATERIALES					
Nombre del elemento:	REINICIO DE EXTRUSION	Básico: <input checked="" type="radio"/>	 Operación Crítica	 Chequeo de calidad	 Seguridad para el Operador	 Contaminación	Razón (Por qué/Para qué)
		Opción: <input type="radio"/>	Símbolo:	Paso #	Paso Principal (Qué)	Punto Importante (Cómo)	
 			1	ACCIONAR EXTRUIDORA	Con la mano derecha se presiona el boton verde que se encuentra en el panel ubicado en el panel que esta en la parte superior de la cabeza junto a los tambores (ver fig.1).	para que el caucho pase con una velocidad regular.	
 			2	ACTIVAR VELOCIDAD EN LINEA	Se presiona el botón verde del lado izquierdo con la mano derecha para de esta forma accionar la velocidad ; este boton se encuentra en el panel explicado anteriormente(ver fig.2)	Para que empiece a pasar el caucho por la extruidora y que llegue a la cabeza para que se aisle el acero. Esta velocidad debe cumplir con las especificación que tenga en la maquina	
			3	REGULAR VELOCIDAD	con la mano derecha se gira la perilla hacia la derecha para ir regulando la velocidad de línea (ver fig.3)	para cumplir con la velocidad especificada en los manuales que es un max de 12 MPM que es la velocidad de línea.	
			4	CONTROL DE EXTRUIDORA	Girar con la mano derecha la perilla que se encuentra en el panel ya explicado para colocar en posición automática (ver fig.4)	Es una operación muy importante ya que la misma sirve para que el caucho pase con una velocidad regular.	
			5	EMPALMAR BREAKER	Tomando con ambas manos la punta del breaker que sale de la cortadora y empalmadora y empalmar manualmente con el breaker que esta sobre la mesa transportadora tomando la punta superior del breaker con la mano derecha mientras que con la izquierda la inferior (ver fig.5)	El empalme que se realiza no debe ser muy grueso puesto que el momento de construcción existiria una protuberancia en la lata.	
ACTUALIZADO LEAN MANUFACTURING		APROBADO VP-MANUFACTURA Gte. Lean Gte. Producción Gte. Ing. Industrial Gte. Calidad Gte. PI Gte. Seguridad					

Fuente: (ALOMÍA, 2011)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de la investigación

La presente investigación es de carácter:

- Cuasi – experimental, debido a que mediante la estandarización del proceso se manipularon variables como métodos, herramientas y equipos, pero a las cuales no se les pudo controlar en su totalidad, es por tal razón que se debe seguir aplicando el criterio de la mejora continua.
- Longitudinal, porque se midieron los tiempos de los operadores en diversos lapsos de los periodos de producción y se hizo un seguimiento a los cambios que se fueron dando en la línea de soldadura a través del tiempo, luego de haber cumplido con todas las actividades que demanda la metodología para conseguir un estándar de trabajo.
- Explicativa, debido que se descompuso hasta el más mínimo detalle las diferentes actividades que desarrollaban cada uno de los operadores en la línea de soldadura; encontrándose las causas y las consecuencias de métodos, herramientas y equipos inadecuados, de los cuales se analizaron, mejoraron y explicaron (qué, para qué, por qué y cómo), logrando crear de esa manera un estándar de trabajo en pos de la mejora continua de la línea.
- Cuantitativa, porque el estudio se basó en la estandarización de la línea de soldadura través de la medición, tratamiento y análisis de la variable cuantitativa llamada Tiempos (de ciclo, normales, estándar) de cada uno de los operadores.
- Inductiva, debido a que se pudo estandarizar el proceso y concluir que los métodos, herramientas y equipos fueron los que provocaban problemas en la línea; todo esto a partir de la medición, tratamiento y análisis de los tiempos de cada uno de los operadores.
- Investigación de campo, porque se estuvo en contacto directo con los operadores y las instalaciones de la línea de soldadura, para la observación de actividades, medición de tiempos y verificación del uso equipos o herramientas.

3.2. Población y muestra

- La población que se consideró para la investigación, fue 3 lotes de 60 automóviles y que son producidos en una semana aproximadamente cada lote, según el plan de producción.
- El procedimiento que se utilizó para el cálculo de la muestra (número de observaciones a cada operador), se basó en la tabla propuesta por la General Electric Company, la misma que como único requisito para obtener este número, fue saber el menor tiempo de ciclo de la línea.

3.3. Plan de recolección de datos

- Para estandarizar el proceso en la línea de soldadura, se procedió a describir las actividades y tomar los tiempos a cada uno de los operadores que forman parte de la línea, en jornadas normales de producción.
- La recolección de los tiempos para la investigación, se lo realizó mediante el uso de una cámara de videograbación, con la cual pudo obtener de manera exacta los tiempos, analizar detenidamente los métodos que cada uno de los operadores estuvieron aplicando y encontrar las mejoras que fueron aplicadas en la línea.
- A cada uno de los operadores se los fue filmando aleatoriamente, es decir, en diferentes horarios y días, hasta cumplir con el número de observaciones recomendados por la tabla propuesta por la General Electric Company.
- Una vez que se obtuvieron los videos de cada uno de los operadores, se miró detenidamente cada uno de ellos, donde simultáneamente en hojas de observaciones y cursogramas analíticos tipo operario, se colocó las actividades secuenciales con sus respectivos tiempos, para finalmente darles su respectivo tratamiento y análisis.

3.4. Diseño metodológico

- Determinación de los procesos actuales que se ejecutan en la línea, mediante una cámara de videograbación, cursogramas analíticos, tiempos estándar, pared de balanceo y hojas de trabajo estandarizado.
- Modificación los métodos, herramientas o equipos que no estaban generando valor, a través de un análisis ordenado con el Ciclo de Deming (planear, hacer, verificar y actuar).
- Comprobación de los métodos, herramientas o equipos modificados, mediante una prueba piloto con la producción normal de automóviles Zotye T-600.

- Evaluación de los resultados de la prueba piloto, a través de cursogramas analíticos, tiempos estándar, pared de balanceo y hojas de trabajo estandarizado.
- Definición de los procesos ideales para la línea, mediante la elaboración de las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo requeridos en las auditorias de calidad.
- Implementación de los procesos ideales definidos para la línea, a través de la capacitación a los operadores y colocación de las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo en cada una de las estaciones de trabajo de la línea.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Generalidades de la empresa

4.1.1. *Reseña histórica*

CIAUTO Cía. Ltda., es una empresa privada dedicada al ensamble de vehículos, que nace cuando la firma ambateña Ambacar adquirió la representación de la marca china Great Wall Motors para el Ecuador, teniendo como principal objetivo aportar positivamente al desarrollo del país, específicamente generando empleo en el sector de la Sierra Centro.

Sus operaciones de producción se dieron inicio el 10 de febrero del 2013, con un proceso de sub ensamble del automóvil todoterreno Haval H5 y de la camioneta Wingle, debido a que las carrocerías de estos vehículos llegaban semi armadas desde China, pero aun así los componentes locales que conformaban estos vehículos eran de un 22%.

Debido a la gran acogida que estos vehículos han tenido en el mercado, la empresa se vio obligada a realizar un gran esfuerzo económico, es entonces que en la actualidad a más de las líneas para el sub ensamble de los dos modelos antes mencionados, ahora cuentan con las líneas de producción necesarias para el ensamble integral del automóvil M4 y del nuevo modelo T-600 de la marca asiática Zotye.

4.1.2. *Datos de la empresa*

Tabla 1-4: Datos de la empresa

RAZÓN SOCIAL		Ciudad del Auto CIAUTO Cía. Ltda.	
SECTOR ECONÓMICO		Automotriz	
DIRECCIÓN	Provincia	Tungurahua	
	Ciudad	Ambato	
	Dirección	Camino Real, Parroquia Unamuncho, Sector El Conde	
CONTACTOS			
	Director de Manufactura	Talento Humano	Coordinador de Soldadura
Nombres	Juan Carlos Escobar	Ángela Ruiz	Santiago Gómez
Número telefónico	0999909314	0980604885	0984067741
Correo electrónico	jcescobar@ciauto.ec	talentohumano@ciauto.ec	sgomez@ciauto.ec
PÁGINA WEB		www.ciauto.ec	

Fuente: Autor

4.1.3. *Localización*

Las instalaciones administrativas y de producción de la Ciudad del Auto CIAUTO Cía. Ltda., se encuentran ubicadas en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Parroquia Unamuncho, sector El Conde, Camino Real, Latitud: -1.643298, Longitud: -78.673082.

Figura 1-4: Localización de CIAUTO Cía. Ltda.



Fuente: Google Earth

4.1.4. Productos de la empresa

Tabla 2-4: Productos de la empresa

N°	MARCA	MODELO	FOTOGRAFÍA
1	 Great Wall	Vehículo Haval H6 Sport.	
2	 Great Wall	Vehículo Haval H5 Turbo.	
3	 Great Wall	Vehículo Haval H5 elite.	

Tabla 3-4 (continua)

4	 Great Wall	Vehículo Haval H2.	
5	 Great Wall	Camioneta Wingle 5 CD-Diesel.	
6	 Great Wall	Camioneta Wingle 5 CD-Gasolina.	
7	 Great Wall	Camioneta Wingle 5 CS.	
8	 Great Wall	Vehículo M4.	
9	 ZOTYE AUTO	Vehículo T-600.	

Fuente: Autor

4.1.5. Eslogan

La Ciudad del Auto CIAUTO Cía. Ltda., nació bajo el eslogan 3T “Traemos Trabajo para Tungurahua”.

4.1.6. Misión

Somos una empresa dedicada al ensamblaje de partes y vehículos automotores de calidad.

Fomentamos el desarrollo de la Provincia y el País, así como también el crecimiento de nuestra gente generando al mismo tiempo la rentabilidad necesaria para asegurar la continuidad y desarrollo de nuestra organización.

4.1.7. *Visión*

- Nuestra cultura organizacional impulsa la búsqueda de la excelencia en un ambiente acogedor que facilita el desarrollo de nuestro equipo humano.
- Mantenemos procesos de fabricación innovadores, confiables, seguros y competitivos que nos permiten ensamblar vehículos de calidad.
- Fomentamos el desarrollo de la industria a través del crecimiento paulatino del número de unidades que ensamblamos y del tipo de partes locales que instalamos en nuestros vehículos, lo que nos permite adoptar y transferir tecnología, generando nuevos y mejores negocios para todas las partes involucradas con nuestra organización.
- Gestionamos nuestros procesos de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma ISO 9001, lo que nos brinda las herramientas y los recursos necesarios para trabajar ordenadamente y con calidad, facilitándonos el logro de la satisfacción de nuestros clientes internos y externos.
- Logramos clientes entusiasmados con nuestros productos, esto nos permite construir un gran nombre de respaldo y seriedad asegurando el crecimiento y sustentabilidad de nuestro negocio.
- Generamos la rentabilidad adecuada para asegurar la continuidad y desarrollo de nuestra empresa así como de la sociedad.

4.1.8. *Política de calidad*

Somos una empresa dedicada al ensamblaje de partes y vehículos automotores de calidad. Estamos comprometidos con el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 9001 que nos permite mantener la integridad y eficacia de nuestro Sistema de Gestión así como su Mejora Continua.

4.1.9. *Principios organizacionales*

- INTEGRIDAD: Hacemos lo que decimos que vamos a hacer.
- HONESTIDAD: Transparencia en todo lo que hacemos.

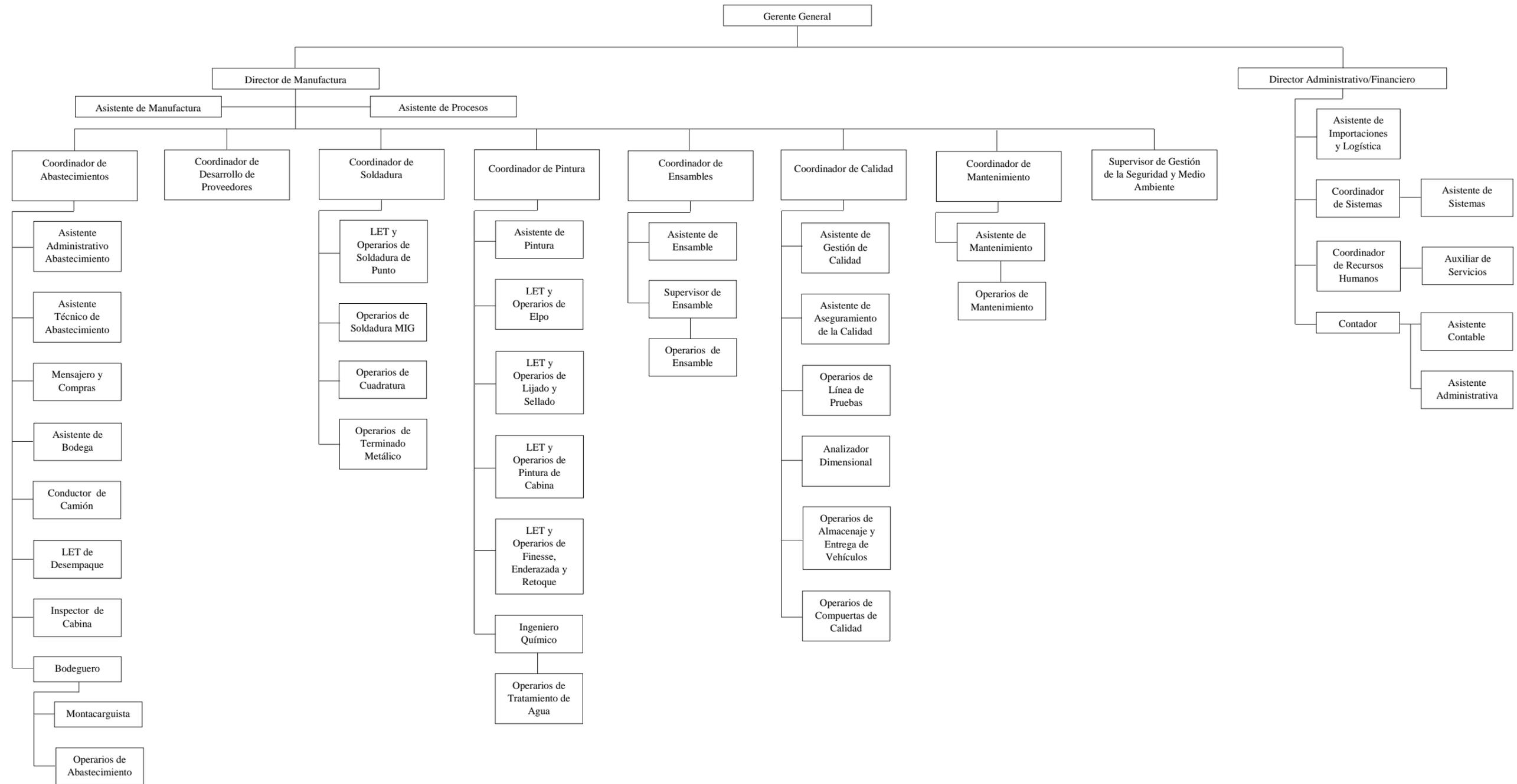
- SOLIDARIDAD: No sirve de nada llegar alto si llegas solo.
- TRABAJO EN EQUIPO: Somos flexibles con nuestras funciones para contribuir con el logro de los objetivos de la empresa.
- ORIENTACION A RESULTADOS: Damos lo mejor y requerimos lo mejor para lograr nuestros objetivos.
- HUMILDAD: Escuchamos para aprender y estamos dispuestos siempre a mejorar.
- CONFIANZA EN DIOS.

4.1.10. Objetivos estratégicos de calidad

- Impulsar el desarrollo de nuestro equipo humano logrando su competencia compromiso y satisfacción con la organización.
- Mantener procesos de ensamblaje innovadores, confiables, seguros y competitivos que nos permiten ensamblar vehículos de calidad.
- Fomentar el desarrollo de la industria a través del crecimiento paulatino del número de unidades que ensamblamos y del tipo de partes locales que instalamos en nuestros vehículos.
- Gestionar nuestros procesos de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma ISO 9001.
- Lograr clientes entusiasmados con nuestros productos asegurando el crecimiento y sustentabilidad de nuestro negocio.
- Tener una Organización que genera la rentabilidad adecuada para asegurar la continuidad y desarrollo de nuestra empresa.

4.1.11. Organigrama estructural

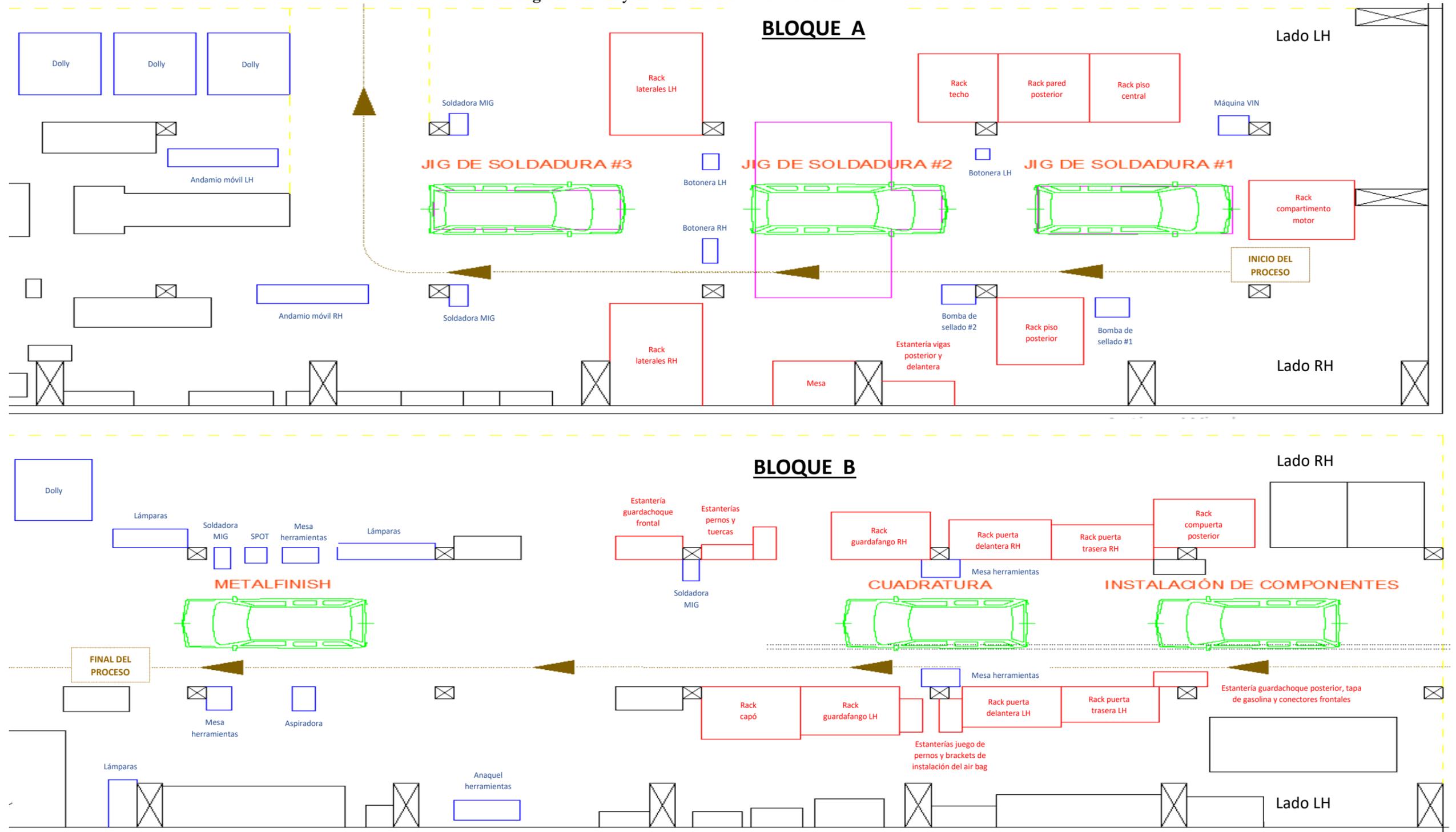
Figura 2-4: Organigrama estructural de CIAUTO Cía. Ltda.



Fuente: Autor

4.1.12. Layout de las instalaciones de la línea de soldadura

Figura 3-4: Layout de las instalaciones de la línea de soldadura



Fuente: Autor

4.1.13. Área de estudio

La determinación de los tiempos para la estandarización del proceso, se lo hace en la línea de soldadura, la misma que tiene como función el ensamble de las diferentes partes que conforman la carrocería del vehículo o también denominadas CKD (Completely Knocked Down – Vehículo Completamente Desarmado), donde actualmente está conformada por seis estaciones de trabajo, divididas en dos bloques, de la siguiente manera:

1. Bloque A: JIG #1, JIG #2, JIG #3.
2. Bloque B: Instalación de Componentes, Cuadratura y Metalfinish.

Figura 4-4: Bloque A de la línea de soldadura



Fuente: Autor

Figura 5-4: Bloque B de la línea de soldadura



Fuente: Autor

4.1.14. Producto elaborado en la línea de soldadura

La **Figura 6-4**, muestra el estado inicial de la carrocería del vehículo, es decir, muestra algunos de los componentes o CKD que van a ser ensamblados en las diferentes estaciones de trabajo conforme avanza el proceso en la línea.

Figura 6-4: Componentes o CKD



Fuente: Autor

En cambio, la **Figura 7-4**, nos ilustra el estado final de la carrocería del vehículo, es decir, cómo sale la carrocería de la línea de soldadura; dando a notar que conforme la carrocería va pasando por cada una de las estaciones de trabajo, se van instalando cada uno de los componentes hasta obtener el producto final listo para enviar a la planta de pintura.

Figura 7-4: Carrocería del vehículo



Fuente: Autor

4.1.15. Características del producto a estudiar

El automóvil Zotye modelo T-600 que se ensambla en las instalaciones de CIAUTO Cía. Ltda., tienen características propias que se describen a continuación:

Tabla 4-4: Características del producto a estudiar

CARACTERÍSTICAS	
Cilindraje	2.0 L
Motor	Mitsubishi Turbo 16 V
Potencia	175 HP / 5500 RPM
Torque	250 N.m / 2400 – 4400 RPM
Transmisión	Manual de 5 velocidades
Frenos delanteros/traseros	Disco ABS+EBD
Suspensión delantera	Independiente con barra estabilizadora
Suspensión trasera	Multi link independiente con barra estabilizadora
Neumáticos	R17
Largo	4631 mm
Ancho	1893 mm
Alto	1694 mm
Peso neto	1541 kg
Capacidad	5 pasajeros

Fuente: Autor

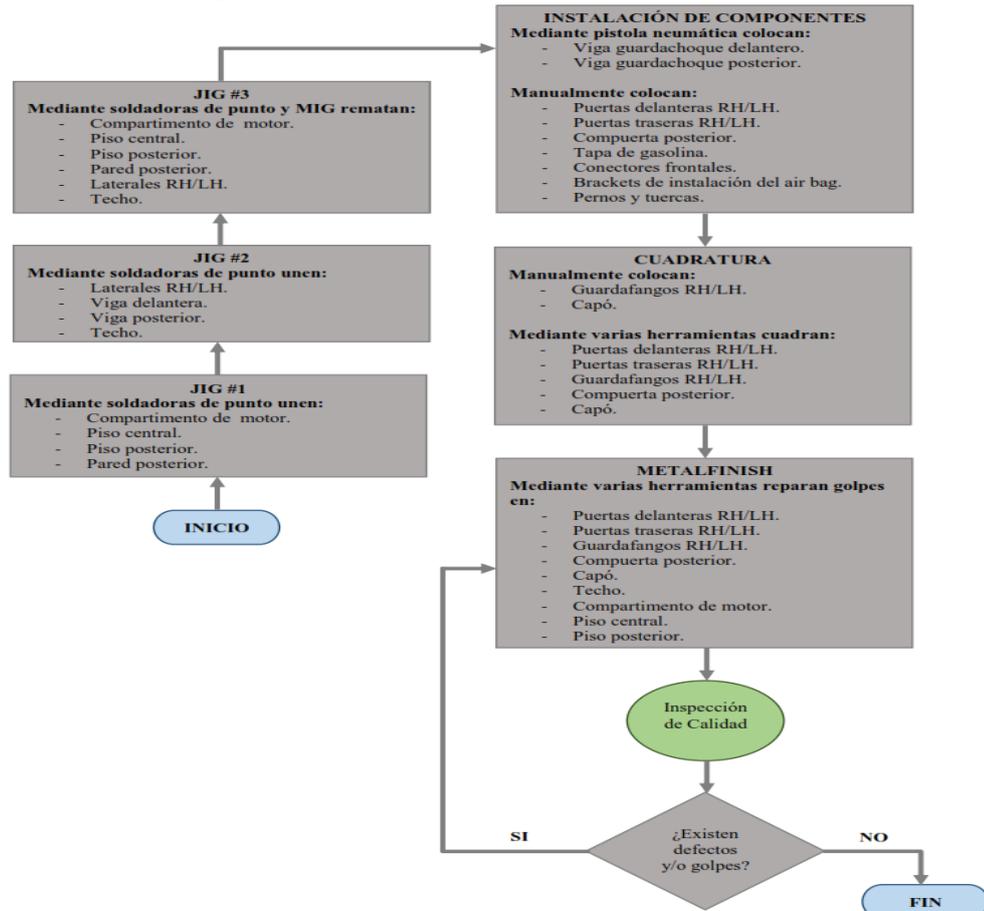
4.2. Situación actual de la línea de soldadura

4.2.1. Descripción del proceso en la línea de soldadura

La producción del automóvil Zotye T-600 tiene un proceso en serie, en lotes de 60 unidades cada uno, de acuerdo a la planificación establecida por el Director de Manufactura.

La **Figura 8-4**, nos muestra el diagrama de flujo de la línea de soldadura con cada una de las estaciones de trabajo, sus respectivas actividades y los componentes que allí se ensamblan.

Figura 8-4: Diagrama de flujo de la situación actual de la línea de soldadura



Fuente: Autor

La línea actualmente está conformada de trece operadores, distribuidos de la siguiente manera:

Bloque A:

- JIG #1: 2 operadores.
- JIG #2: 3 operadores.
- JIG #3: 3 operadores.

Bloque B:

- Instalación de componentes: 1 operador.
- Cuadratura: 2 operadores.
- Metalfinish: 2 operadores.

Donde, cada uno de los operadores se encuentran adecuadamente capacitados para realizar las diferentes actividades encomendadas con sus respectivos elementos de protección personal, equipos y herramientas. Cabe mencionar que algunos operadores no permanecen constantes en sus puestos de trabajo, sino que rotan según el porcentaje de polivalencia que cada uno posee, este porcentaje se da de acuerdo a los conocimientos que poseen en las actividades de las distintas estaciones de trabajo y al tiempo de permanencia en la línea, hay que recalcar que la rotación se da en caso de ausencia o despido de alguno de los operadores y a su vez cuando se contrata operadores.

Los equipos que se utilizan en la línea de soldadura son neumáticos y eléctricos en su mayoría; entre los neumáticos tenemos los JIG's de soldadura, bombas de sellante, limadoras, lijadoras y pulidoras; así mismo entre los eléctricos tenemos las soldadoras de punto, soldadoras MIG y máquina extractora de golpes (spot),

Para finalizar, a cada estación de trabajo el departamento de abastecimientos suministra los respectivos accesorios y componentes (CKD), los cuales son entregados a tiempo y con su respectiva inspección a fin de evitar algunos problemas en el proceso de producción.

4.2.2. Descripción de las actividades realizadas en cada puesto de trabajo

En cada una de las estaciones de trabajo de la línea de soldadura existe desde 1 hasta 3 operadores como máximo, que a su vez ejecutan diversas actividades para la producción de una carrocería del automóvil Zotye T-600, es así que a continuación detallaremos minuciosamente cada una de estas actividades en cursogramas analíticos tipo operario para una mejor comprensión.

4.2.2.1. JIG #1

El JIG de soldadura #1 se encuentra en el bloque A, es la primera estación de trabajo de la línea, esta conformada por dos operadores, los cuales trabajan uno en el lado RH y el otro en el lado LH. En esta estación principalmente realiza la unión mediante soldadura de punto del compartimento de motor con el piso central, piso central con el piso posterior piso posterior con la pared posterior, además de la colocación de sellante en los pisos soldados.

Actividades del JIG #1 – RH

El operador RH del JIG #1 cumple las funciones de soldador de punto, el mismo que realiza en total 19 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:35:21. La división detallada de las diversas actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 4-4**. Nótese claramente que este operador pasa la mayor parte del tiempo realizando actividades de Operación (soldadura de punto) y un tiempo mínimo realizando actividades de Transporte (componentes). Un aspecto a destacar es la ausencia de actividades de Demora (ocio), Inspección y Almacenaje en el proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo A**).

Tabla 5-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #1 - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		16	0:32:01	
Transporte		3	0:03:20	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		19	0:35:21	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #1 – LH

Cumpliendo funciones de soldador de punto, el operador LH del JIG #1 realiza un total de 31 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:33:42. En la **Tabla 5-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las actividades con sus respectivos tiempos. Es evidente que este operador también pasa la mayor parte de su tiempo cumpliendo actividades de Operación (soldadura de punto), otra parte menor de tiempo lo utiliza en actividades de Transporte (componentes) e Inspección (puntos soldados) y una mínima parte de tiempo lo utiliza para actividades de Demora (grabado código VIN). Note que en el proceso de producción de este operador no existen actividades de Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo B**).

Tabla 6-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #1 - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		23	0:25:35	
Transporte		6	0:03:37	
Demora		1	0:01:45	
Inspección		1	0:02:45	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		31	0:33:42	

Fuente: Autor

4.2.2.2. JIG #2

El JIG de soldadura #2 de la misma manera se encuentra en el bloque A, esta es la segunda estación de trabajo de la línea de soldadura, esta conformada por tres operadores, los cuales trabajan rotando por toda la carrocería. La principal característica de esta estación es que mediante soldadura de punto se une el piso con los laterales RH/LH, vigas delantera/posterior con los laterales RH/LH y techo con las vigas delantera/posterior y laterales RH/LH.

Actividades del JIG #2 – A

El operador A del JIG #2 también cumple funciones de soldador de punto, el mismo que realiza un total de 31 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:33:23. La **Tabla 6-4** nos muestra la división detallada de estas 31 actividades. Se puede observar que las actividades de Operación (soldadura de punto) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador y un tiempo mucho menor se toma para realizar las actividades de Transporte (componentes) e Inspección (puntos soldados). Mencionar también que este operador en su proceso de producción no posee actividades de Demora (ociosidad) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo C**).

Tabla 7-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #2 - A

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		26	0:24:20	
Transporte		4	0:06:10	
Demora		---	---	
Inspección		1	0:02:53	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		31	0:33:23	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #2 – B

Cumpliendo funciones de soldador de punto, el operador B del JIG #2 realiza 29 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:30:26. La división detallada de las diversas actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 7-4**.

Nótese claramente que este operador emplea la mayor parte de tiempo realizando actividades de Operación (soldadura de punto), seguido de las actividades de Transporte (componentes) y un tiempo mínimo en actividades de Inspección (puntos soldados). En el proceso de producción de este operador no existen actividades de Demora (ocio) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo D**).

Tabla 8-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #2 - B

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		19	0:19:26	
Transporte		9	0:07:47	
Demora		---	---	
Inspección		1	0:03:13	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		29	0:30:26	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #2 – C

El operador C del JIG #2 cumple funciones de soldador de punto, el mismo que realiza un total de 28 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:27:37. Se puede observar detalladamente en la **Tabla 8-4** cómo están divididas las 28 actividades con sus respectivos tiempos. Es notorio que este operador en su mayoría de tiempo cumple con actividades de Operación (soldadura de punto) y una mínima parte de tiempo lo utiliza en actividades de Transporte (componentes). Las actividades de Demora (ociosidad), Inspección y Almacenaje carece este operador en su proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo E**).

Tabla 9-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #2 - C

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		25	0:23:05	
Transporte		3	0:04:32	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		28	0:27:37	

Fuente: Autor

4.2.2.3. JIG #3

El JIG de soldadura #3 es el último que se encuentra en el bloque A, es la tercera estación de trabajo de la línea, esta conformada por tres operadores, donde uno trabaja en el lado RH otro en el lado LH y el tercero rota alrededor de la carrocería. En esta estación mediante soldadura de punto los operadores que trabajan en los lados RH/LH, rematan los componentes unidos en el JIG #1 y JIG #2 y el último operador realiza cordones y puntos en toda la carrocería mediante soldadura MIG.

Actividades del JIG #3 – RH

Cumpliendo funciones de soldador de punto, el operador del lado RH del JIG #3 realiza un total de 25 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:33:11. La **Tabla 9-4** nos muestra la división detallada de estas 25 actividades. Las actividades de Operación (soldadura de punto) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador, seguidas de las actividades de Transporte (herramientas) y un tiempo mínimo utilizado en actividades de Demora (soldadora de punto) e Inspección (puntos soldados). Mencionar que en el proceso de producción de este operador no existen actividades de Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo F**).

Tabla 10-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #3 - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		19	0:28:00	
Transporte		4	0:04:22	
Demora		1	0:00:34	
Inspección		1	0:00:15	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		25	0:33:11	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #3 – LH

El operador del lado LH del JIG #3 cumple funciones de soldador de punto, el mismo que realiza 23 actividades en total en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:49. La división detallada de las 23 actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 10-4**.

Nótese claramente que el mayor tiempo se toma en realizar actividades de Operación (soldadura de punto) y un tiempo menor para cumplir con las actividades de Transporte (herramientas) e Inspección (puntos soldados). Las actividades de Demora (ocio) y Almacenaje no posee este operador en su proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (Véase Anexo G).

Tabla 11-4: Cursograma analítico actual del JIG #3 - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		16	0:23:41	
Transporte		5	0:04:50	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:03:18	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		23	0:31:49	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #3 – A

Cumpliendo funciones de soldador MIG, el operador A del JIG #3 realiza 24 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:34:27. En la **Tabla 11-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las 24 actividades con sus respectivos tiempos. Es claro que la mayor parte de su tiempo el operador pasa cumpliendo actividades de Operación (soldadura MIG) y una mínima parte de tiempo lo utiliza en actividades de Inspección (cordones y puntos soldados). Citar que en el proceso de producción de este operador no existen actividades de Transporte, Demora (ocio) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (Véase Anexo H).

Tabla 12-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual del JIG #3 - A

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		23	0:31:42	
Transporte		---	---	
Demora		---	---	
Inspección		1	0:02:45	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		24	0:34:27	

Fuente: Autor

4.2.2.4. *Instalación de componentes*

Instalación de componentes en cambio se encuentra en el bloque B, es la cuarta estación de trabajo de la línea de soldadura, esta conformada por un solo operador, el cual trabaja rotando alrededor de la carrocería. La principal característica de esta estación es la instalación de todo lo que son pernos y tuercas, además de las vigas de guerdachos delantero/posterior, puertas delanteras RH/LH, puertas traseras RH/LH y compuerta posterior.

Actividades de Instalación de componentes

El operador de Instalación de componentes realiza un total de 33 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:34:34. Estas 33 actividades están divididas detalladamente en la **Tabla 12-4**. Nótese que las actividades de Operación (instalar componentes) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador, un tiempo considerable se toma para realizar las actividades de Transporte (componentes) y un mínimo tiempo se toma para actividades de Inspección (pernos y tuercas). Citar además que este operador no posee actividades de Demora y Almacenaje en su proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo I**).

Tabla 13-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Instalación de componentes

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		21	0:24:29	
Transporte		10	0:09:40	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:00:25	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		33	0:34:34	

Fuente: Autor

4.2.2.5. *Cuadratura*

Cuadratura también se encuentra en el bloque B, es la quinta estación de trabajo de la línea, esta conformada por dos operadores, los cuales trabajan uno en el lado RH y el otro en el lado LH.

En esta estación se coloca el capó y guardafangos RH/LH, adicional a esto mediante varias de herramientas cuadran las puertas delanteras RH/LH, puertas traseras RH/LH, guardafangos RH/LH, compuerta posterior y capó.

Actividades de Cuadratura – RH

Cumpliendo la función de cuadrador, el operador del lado RH de Cuadratura realiza 33 actividades en total en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:00. La división detallada de las 33 actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 13-4**. Se puede observar claramente que este operador utiliza la mayor parte de su tiempo para realizar actividades de Operación (cuadratura) y tiempo mínimo para cumplir actividades de Transporte (componentes) e Inspección (pernos y tuercas). Notar la ausencia de actividades de Demora y Almacenaje en el proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo J**).

Tabla 14-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Cuadratura - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		29	0:30:03	
Transporte		2	0:01:01	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:00:56	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		33	0:32:00	

Fuente: Autor

Actividades de Cuadratura – LH

El operador del lado LH de Cuadratura cumple funciones de cuadrador, el mismo que realiza un total de 26 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:06. En la **Tabla 14-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las actividades con sus respectivos tiempos. Es notorio que este operador también pasa la mayor parte de su tiempo cumpliendo actividades de Operación (cuadratura) y una mínima parte de tiempo cumple con actividades de Transporte (componentes) e Inspección (pernos y tuercas). Mencionar que el proceso de producción de este operador no existen actividades de Demora (ociosidad) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo K**).

Tabla 15-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Cuadratura - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		23	0:31:00	
Transporte		1	0:00:40	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:00:26	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		26	0:32:06	

Fuente: Autor

4.2.2.6. *Metalfinish*

Metalfinish es otra de la que se encuentra en el bloque B, es la sexta y última estación de trabajo de la línea de soldadura, esta conformada por dos operadores, los cuales trabajan uno en el lado RH y el otro en el lado LH.

La principal característica de esta estación es que aquí mediante varias herramientas y equipos reparan todo los golpes existentes en el compartimento de motor, piso central, piso posterior, capó, compuerta posterior, techo, puertas delanteras RH/LH, puertas traseras RH/LH y guardafangos RH/LH.

Actividades de Metalfinish – RH

Cumpliendo funciones de enderezador, el operador RH de Metalfinish realiza un total de 9 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 1:04:10. Estas 9 actividades están divididas detalladamente en la **Tabla 15-4**. Obsérvese claramente que las actividades de Operación (enderezar) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador y un tiempo mínimo se toma para realizar las actividades de Transporte (carrocería). Citar además que este operador no posee actividades de Demora, Inspección y Almacenaje en su proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo L**).

Tabla 16-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Metalfinish - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		7	1:03:32	
Transporte		2	0:00:38	

Tabla 17-4 (continua)

Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		9	1:04:10	

Fuente: Autor**Actividades de Metalfinish – LH**

El operador del lado RH de Metalfinish cumple funciones de enderezador, el mismo que realiza en total 8 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:51:03. La división detallada de las 8 actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 16-4**. Nótese claramente que este operador todo su tiempo pasa realizando actividades de Operación (enderezar). Por tal razón las actividades de Transporte, Demora, Inspección y Almacenaje no existen en el proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo M**).

Tabla 18-4: Tabla resumen del cursograma analítico actual de Metalfinish - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		8	0:51:03	
Transporte		---	---	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		8	0:51:03	

Fuente: Autor**4.2.3. Número óptimo de ciclos a cronometrar en cada puesto de trabajo**

Para encontrar el número óptimos de ciclos a cronometrar en cada puesto de trabajo de la línea de soldadura, consideraremos los valores de la tabla propuesta por la General Electric Company.

En primera instancia, determinamos que en la estación de trabajo JIG #2, en el puesto de trabajo C, es donde se encuentra el menor tiempo de ciclo de la línea con 0:27:18 (hh:mm:ss).

Con los 0:27:18 (hh:mm:ss), acudimos a la **Tabla 17-4** y observamos que se encuentra en el rango 20 – 40 min, dándonos a conocer que para ese rango lo recomendable es cronometrar 5 ciclos.

Tabla 19-4: Número recomendado de ciclos

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: (NIEBEL, 2009)

Si bien, la tabla de la General Electric Company nos recomienda cronometrar 5 ciclos, en la presente investigación nos enfocaremos a cronometrar 10 ciclos en cada puesto de trabajo, teniendo siempre presente que mientras más sea el número de ciclos cronometrados mejor será el resultado del análisis de los tiempos.

4.2.4. Determinación de los tiempos normales de cada puesto de trabajo

Para la obtención de los tiempos normales de cada uno de los trabajadores de la línea, aplicamos la ecuación:

$$TN = TMP \times V \quad (1)$$

Entonces, para el tiempo normal (TN), se requirió del tiempo medido promedio (TMP) y la valoración del ritmo de trabajo (V). Donde para valorar este ritmo, utilizamos el sistema de Westinghouse, el cual se enfoca en estimar la habilidad (H), el esfuerzo (E), las condiciones (C) y la consistencia (K) de cada uno de los trabajadores, de la siguiente manera:

$$TN = TMP \times [1 + (H + E + C + K)] \quad (2)$$

Por tal razón, en las hojas de registro de los tiempos normales de cada trabajador, la terminología utilizada es la siguiente:

$\sum TM$ = sumatoria de los tiempos medidos (formato hora).

TMP = tiempos medidos promedio (formato hora).

TMP = tiempos medidos promedio (formato decimal).

H = habilidad.

E = esfuerzo.

C = condiciones.

K = consistencia.

TN = tiempo normal (formato decimal).

4.2.5. Procedimiento para el cálculo de tiempos normales

Una vez medidos los 10 tiempos de cada una de las actividades que realizan los operadores que forman parte de la línea de soldadura para producir una unidad, procedimos a:

- Sumar los 10 tiempos medidos: $\sum TM$ (hh:mm:ss) >>> Formato hora.
- Promediar los 10 tiempos medidos: TMP (hh:mm:ss) >>> Formato hora y TMP (mm,ss) >>> Formato decimal.
- Colocar la valoración de Habilidad (H), Esfuerzo (E), Condiciones (C) y Consistencia (K) en cada una de las actividades.
- Calcular el tiempo normal de cada una de las actividades mediante la **Ecuación (2)**.
- Sumar los tiempos normales de cada una de las actividades: TOTAL TIEMPO NORMAL (mm,ss) >>> Formato decimal y TOTAL TIEMPO NORMAL (hh:mm:ss) >>> Formato hora.

4.2.6. Valoración de los operadores de la línea de soldadura

Para determinar los tiempos normales de los operadores de la línea de soldadura, tomamos en cuenta los valores del sistema de valoración Westinghouse para Habilidad, Esfuerzo, Condiciones y Consistencia, donde:

Para Habilidad se dio una valoración de 0,00 (Promedio) como se puede ver en la **Tabla 18-4**, debido a que al ser un proceso de producción nuevo para los operadores, no poseen experiencia y la destreza que tienen para seguir los métodos no a llegado a la excelencia, conllevando a que la coordinación entre las manos y la mente no estén bien definidas.

Tabla 20-4: Valoración de la habilidad de la línea de soldadura

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: (NIEBEL, 2009)

Para Esfuerzo se dio una valoración de 0,00 (Promedio) como se puede ver en la **Tabla 19-4**, porque al no tener una buena habilidad aún, la velocidad para seguir los métodos no es la ideal (se mejora conforme aumente la habilidad). Pero hay que recalcar que al trabajar bajo un takt time los operadores ponen toda la predisposición para producir una unidad dentro de este valor de tiempo.

Tabla 21-4: Valoración del esfuerzo de la línea de soldadura

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: (NIEBEL, 2009)

Para Condiciones se dio una valoración de +0,02 (Bueno) como se puede ver en la **Tabla 20-4**, debido a que las instalaciones de la línea de soldadura brindan todas las comodidades y confort para lograr un buen desempeño de los trabajadores, especialmente una temperatura adecuada, iluminación correcta y bajos niveles de ruido.

Tabla 22-4: Valoración de las condiciones de la línea de soldadura

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: (NIEBEL, 2009)

Para Consistencia se dio una valoración de +0,01 (Bueno) como se puede ver en la **Tabla 21-4**, porque la forma repetitiva con que siguen los métodos son casi constantes, los mismos que se ratifican y se ven reflejados en la poca variabilidad entre los tiempos medidos en cada actividad.

Tabla 23-4: Valoración de la consistencia de la línea de soldadura

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: (NIEBEL, 2009)

4.2.7. Tiempos normales de cada puesto de trabajo

4.2.7.1. Tiempos normales del JIG #1

Registro del tiempo normal del JIG #1 - RH

Una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador RH del JIG #1, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador produce una carrocería (19 actividades) en 0:35:12 (formato hora) o 35,20 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo N**).

Registro del tiempo normal del JIG #1 - LH

Luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador LH del JIG #1, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo produce una carrocería (31 actividades) en 0:34:12 (formato hora) o 34,20 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo O**).

4.2.7.2. Tiempos normales del JIG #2

Registro del tiempo normal del JIG #2 – A

Cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador A del JIG #2, se obtuvo que 0:32:46 (formato hora) o 32,77 min (formato decimal) se tarda este operador para producir una carrocería (31 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo P**).

Registro del tiempo normal del JIG #2 - B

Una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador B del JIG #2, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador produce una carrocería (29 actividades) en 0:31:21 (formato hora) o 31,35 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo Q**).

Registro del tiempo normal del JIG #2 - C

Luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador C del JIG #2, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo produce una carrocería (28 actividades) en 0:27:52 (formato hora) o 27,86 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo R**).

4.2.7.3. Tiempos normales del JIG #3

Registro del tiempo normal del JIG #3 - RH

Cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador RH del JIG #3, se obtuvo que 0:32:43 (formato hora) o 32,71 min (formato decimal) se tarda este operador para producir una carrocería (25 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo S**).

Registro del tiempo normal del JIG #3 - LH

Una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador LH del JIG #3, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador produce una carrocería (23 actividades) en 0:32:23 (formato hora) o 32,38 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo T**).

Registro del tiempo normal del JIG #3 - A

Luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador A del JIG #3, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo produce una carrocería (24 actividades) en 0:33:02 (formato hora) o 33,04 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo U**).

4.2.7.4. Tiempo normal de Instalación de componentes

Registro del tiempo normal de Instalación de componentes

Cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador de Instalación de componentes, se obtuvo que 0:33:52 (formato hora) o 33,86 min (formato decimal) se tarda este operador para producir una carrocería (33 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo V**).

4.2.7.5. *Tiempos normales de Cuadratura*

Registro del tiempo normal de Cuadratura - RH

Una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador RH de Cuadratura, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador produce una carrocería (33 actividades) en 0:31:53 (formato hora) o 31,89 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo W**).

Registro del tiempo normal de Cuadratura - LH

Luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador LH de Cuadratura, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo produce una carrocería (26 actividades) en 0:32:33 (formato hora) o 32,55 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo X**).

4.2.7.6. *Tiempos normales de Metalfinish*

Registro del tiempo normal de Metalfinish - RH

Cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador RH de Metalfinish, se obtuvo que 0:52:33 (formato hora) o 52,55 min (formato decimal) se tarda este operador para producir una carrocería (9 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo Y**).

Registro del tiempo normal de Metalfinish - LH

Una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador LH de Metalfinish, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador produce una carrocería (8 actividades) en 0:49:32 (formato hora) o 49,53 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo Z**).

4.2.8. *Determinación de los tiempos estándar de cada puesto de trabajo*

Para la obtención del tiempo estándar de cada uno de los trabajadores de la línea, aplicamos la ecuación:

$$TS = TN \times (1 + S) \quad (3)$$

Entendiendo que, para el tiempo estándar (TS), necesitamos del tiempo normal (TN) y los suplementos (S). Suplementos que obtuvimos de la tabla propuesta por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en la cual consta principalmente los suplementos constantes (necesidades personales y fatiga) y los suplementos variables (trabajo de pie, postura anormal, etc).

Es así que, en las hojas de registro de los tiempos estándar de cada trabajador, la terminología utilizada es la siguiente:

TN = tiempo normal (formato decimal).

TS = tiempo estándar (formato decimal).

4.2.9. Procedimiento para el cálculo de tiempos estándar

Una vez calculados los tiempos normales de cada una de las actividades de la de los operadores que forman parte de la línea de soldadura para producir una unidad, procedimos a:

- Determinar los suplementos constantes y variables que se deben añadir a cada uno de los operadores, según **Tabla 7-2** de la OIT: % >>> Formato porcentual.
- Sumar los suplementos determinados para cada uno de los operadores: TOTAL >>> Formato porcentual.
- Colocar el valor total de la suma de los suplementos en cada una de las actividades: SUPLEMENTO >>> Formato decimal.
- Calcular el tiempo estándar de cada una de las actividades mediante la **Ecuación (3)**.
- Sumar los tiempos estándar de cada una de las actividades: TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR (mm,ss) >>> Formato decimal y TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR (hh:mm:ss) >>> Formato hora.

4.2.10. Tiempos estándar de cada puesto de trabajo

4.2.10.1. Tiempos estándar del JIG #1

La **Tabla 22-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó a los operadores RH y LH del JIG #1, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estandar, según la OIT.

- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que los operadores de esta estación pasan toda la jornada laboral trabajando de pie y el 1% se añadió porque estos operadores pasan manipulando pistolas de punto, que a pesar de tener balancines no se ha logrado reducir sus pesos totalmente, llegándose a determinar que aproximadamente el peso que manipulan oscila entre 5 y 10 kg.

Tabla 24-4: Suplementos del JIG #1 – RH y LH

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
Fuerza muscular	1
TOTAL	12

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar del JIG #1 – RH

Con un 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 22-4** y con los tiempos normales de las 19 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador RH del JIG #1, obteniendo como resultado 0:39:25 (formato hora) o 39,42 min (formato decimal), tiempo en el cual este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo AA**).

Registro del tiempo estándar del JIG #1 – LH

Teniendo los tiempos normales de las 31 actividades que realiza el operador LH del JIG #1 y con un total de 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 22-4**, se determinó el tiempo estándar que se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:38:18 (formato hora) o 38,30 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo BB**).

4.2.10.2. Tiempos estándar del JIG #2

La **Tabla 23-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó a los operadores A, B y C del JIG #2, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estándar, según la OIT.

- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que los operadores de esta estación pasan toda la jornada laboral trabajando de pie y el 1% se añadió porque estos operadores pasan manipulando pistolas de punto, que a pesar de tener balancines no se ha logrado reducir sus pesos totalmente, llegándose a determinar que aproximadamente el peso que manipulan oscila entre 5 y 10 kg.

Tabla 25-4: Suplementos del JIG #2 – RH y LH

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
Fuerza muscular	1
TOTAL	12

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar del JIG #2 – A

Con los tiempos normales de las 31 actividades que realiza el operador A del JIG #2 para producir una carrocería y el 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 23-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:36:43 (formato hora) o 36,71 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo CC**).

Registro del tiempo estándar del JIG #2 – B

Con un 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 23-4** y con los tiempos normales de las 29 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador B del JIG #2, obteniendo como resultado 0:35:07 (formato hora) o 35,12 min (formato decimal), tiempo en el cual este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo DD**).

Registro del tiempo estándar del JIG #2 – C

Teniendo los tiempos normales de las 28 actividades que realiza el operador C del JIG #2 y con un total de 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 23-4**, se determinó el tiempo estándar que se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:31:12 (formato hora) o 31,20 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo EE**).

4.2.10.3. *Tiempos estándar del JIG #3*

La **Tabla 24-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó a los operadores RH y LH del JIG #3, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estándar, según la OIT.
- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que los operadores de esta estación pasan toda la jornada laboral trabajando de pie y el 1% se añadió porque estos operadores pasan manipulando pistolas de punto, que a pesar de tener balancines no se ha logrado reducir sus pesos totalmente, llegándose a determinar que aproximadamente el peso que manipulan oscila entre 5 y 10 kg.

Tabla 26-4: Suplementos del JIG #3 – RH y LH

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
Fuerza muscular	1
TOTAL	12

Fuente: Autor

La **Tabla 25-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó al operador A del JIG #3, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estándar, según la OIT.
- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que el operador de esta estación pasa toda la jornada laboral trabajando de pie.

Tabla 27-4: Suplementos del JIG #3 – A

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
TOTAL	11

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar del JIG #3 – RH

Con los tiempos normales de las 25 actividades que realiza el operador RH del JIG #3 para producir una carrocería y el 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 24-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:36:38 (formato hora) o 36,64 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo FF**).

Registro del tiempo estándar del JIG #3 – LH

Con un 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 24-4** y con los tiempos normales de las 23 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador LH del JIG #3, obteniendo como resultado 0:36:16 (formato hora) o 36,27 min (formato decimal), tiempo en el cual este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo GG**).

Registro del tiempo estándar del JIG #3 – A

Teniendo los tiempos normales de las 24 actividades que realiza el operador A del JIG #3 y con un total de 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 25-4**, se determinó el tiempo estándar que se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:36:41 (formato hora) o 36,68 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo HH**).

4.2.10.4. Tiempo estándar de Instalación de componentes

La **Tabla 26-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó al operador de Instalación de componentes, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estandar, según la OIT.
- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que el operador de esta estación pasa toda la jornada laboral trabajando de pie.

Tabla 28-4: Suplementos de Instalación de componentes

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4

Tabla 29-4: (continua)

Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
TOTAL	11

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar de Instalación de componentes

Con los tiempos normales de las 33 actividades que realiza el operador de Instalación de componentes para producir una carrocería y el 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 26-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:37:35 (formato hora) o 37,58 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo II**).

4.2.10.5. Tiempos estándar de Cuadratura

La **Tabla 27-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó a los operadores RH y LH de Cuadratura, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estandar, según la OIT.
- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que los operadores de esta estación pasan toda la jornada laboral trabajando de pie.

Tabla 30-4: Suplementos de Cuadratura – RH y LH

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
TOTAL	11

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar de Cuadratura - RH

Con un 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 27-4** y con los tiempos normales de las 33 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador RH de Cuadratura, obteniendo como resultado 0:35:24 (formato hora) o 35,40 min (formato decimal), tiempo en el cual este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo JJ**).

Registro del tiempo estándar de Cuadratura - LH

Teniendo los tiempos normales de las 26 actividades que realiza el operador LH de Cuadratura y con un total de 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 27-4**, se determinó el tiempo estándar que se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:36:08 (formato hora) o 36,13 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo KK**).

4.2.10.6. Tiempos estándar de Metalfinish

La **Tabla 28-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó a los operadores RH y LH de Metalfinish, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estandar, según la OIT.
- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que los operadores de esta estación pasan toda la jornada laboral trabajando de pie.

Tabla 31-4: Suplementos de Metalfinish – RH y LH

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
TOTAL	11

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar de Metalfinish – RH

Con los tiempos normales de las 9 actividades que realiza el operador RH de Metalfinish para producir una carrocería y el 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 28-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:58:20 (formato hora) o 58,33 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo LL**).

Registro del tiempo estándar de Metalfinish - LH

Con un 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 28-4** y con los tiempos normales de las 8 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador LH de Metalfinish, obteniendo como resultado 0:54:59 (formato hora) o 54,98 min (formato decimal), tiempo en el cual este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo MM**).

4.2.11. Determinación del tiempo disponible de trabajo

Para la obtención del tiempo disponible de trabajo en toda la línea de soldadura, primeramente tomamos como referencia la jornada laboral que maneja CIAUTO Cía. Ltda., detallada de la siguiente manera:

Tabla 32-4: Tiempos de la jornada laboral

JORNADA LABORAL	
Inicio de la jornada laboral	7:00
Inicio del periodo del break	9:45
Culminación del periodo del break	10:00
Inicio del periodo del almuerzo	13:00
Culminación del periodo del almuerzo	13:45
Culminación de la jornada laboral	16:00

Fuente: Autor

Si observamos en la **Tabla 29-4**, la jornada inicia a las 7:00 (7 de la mañana) y culmina a las 16:00 (4 de la tarde), obteniendo como resultado parcial un total de 8 horas o 480 minutos disponibles para la producción del automóvil Zotye T-600.

Como se mencionó anteriormente, las 8 horas (480 minutos) es un resultado parcial, debido a que dentro de la línea de producción cada uno de los trabajadores realiza actividades no cíclicas (una vez al día), las cuales hay que tomar en cuenta para el cálculo final del tiempo disponible de trabajo.

Por tal razón (**Véase Anexo NN al Anexo ZZ**) para observar de manera más detallada las actividades no cíclicas y sus respectivos tiempos de cada uno de los operadores.

4.2.12. Tiempo promedio de los tiempos no cíclicos de la línea de soldadura

Tabla 33-4: Tiempo promedio no cíclico de la línea de soldadura

TIEMPO PROMEDIO NO CÍCLICO (hh:mm:ss)	0:38:22
TIEMPO PROMEDIO NO CÍCLICO (mm,ss)	38,37

Fuente: Autor

Con los 480 minutos de la jornada laboral de CIAUTO Cía. Ltda. y los 38 minutos de tiempo promedio no cíclico que nos muestra la **Tabla 30-4**, procedemos a restarlos, para obtener el tiempo disponible de trabajo, así:

Tabla 34-4: Tiempo disponible de trabajo

Tiempo de la jornada laboral	480 min.
Tiempo promedio no cíclico	38 min.
TIEMPO DISPONIBLE DE TRABAJO	442 min.

Fuente: Autor

4.2.13. Balance de la línea de soldadura

La necesidad de balancear la línea de soldadura de CIAUTO Cía. Ltda., nace con el firme de objetivo de igualar o aproximar los tiempos de cada estación de trabajo, equilibrar las cargas de trabajo de los operadores, determinar el número óptimo de operadores que debe tener la línea y de esa manera aprovechar al máximo mano de obra, equipos, herramientas y demás recursos.

Para ello, daremos cumplimiento a la metodología existente para balanceo de líneas de ensamble, de la siguiente manera:

4.2.13.1. Determinación del takt time

Para la obtención del takt time de la línea de soldadura, aplicamos la siguiente ecuación:

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo}}{\text{Producción requerida}} \quad (4)$$

La **Ecuación (4)** involucra el valor del tiempo disponible de trabajo, donde la **Tabla 31-4** nos indica que cada operador tiene 442 minutos exclusivos para la producción de 12 unidades (carrocerías) como pide el plan de producción.

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo}}{\text{Producción requerida}}$$

$$TT = \frac{442 \text{ min.}}{12 \text{ unidades}}$$

$$TT = 36,83 \text{ min./unidad}$$

$$TT = 0:36:50 \text{ min./unidad}$$

Los 0:36:50 (hh:mm:ss) obtenidos como takt time marca el ritmo de producción, es decir, nos indica que cada vez que transcurra éste tiempo, debe salir una carrocería de cada estación de trabajo completamente terminada.

4.2.13.2. Determinación teórica del número de estaciones de trabajo

Para el cálculo teórico del número de estaciones de trabajo, aplicamos la siguiente ecuación:

$$N_t = \frac{\text{Tiempo total estándar de la línea}}{\text{Takt time}} \quad (5)$$

La **Ecuación (5)** parte de saber cuál es tiempo estándar total de la línea de soldadura para la producción del automóvil Zotye T-600, para lo cual recopilamos, sumamos y promediamos los tiempos estándar total de cada uno de los puestos de trabajo, de la siguiente manera:

Tabla 35-4: Tiempo total estándar actual de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TSP (hh:mm:ss)
JIG #1	RH	0:39:25	0:38:52
	LH	0:38:18	
JIG #2	A	0:36:43	0:34:21
	B	0:35:07	
	C	0:31:12	
JIG #3	RH	0:36:38	0:36:32
	LH	0:36:16	
	A	0:36:41	
Instalación de componentes	Único	0:37:35	0:37:35
Cuadratura	RH	0:35:24	0:35:46
	LH	0:36:08	
Metalfinish	RH	0:58:20	0:56:39
	LH	0:54:59	
TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR DE LA LÍNEA (hh:mm:ss)			3:59:44

Fuente: Autor

Como podemos ver en la **Tabla 32-4**, el tiempo total estándar de la línea de soldadura es de 3:59:44 (hh:mm:ss), equivalente a 239 minutos, valor con el cual procedimos a calcular el número teórico de estaciones de trabajo con la **Ecuación (5)**, así:

$$N_t = \frac{\text{Tiempo total estándar de la línea}}{\text{Takt time}}$$

$$Nt = \frac{239 \text{ min./unidad}}{36,83 \text{ min./unidad}}$$

Nt = 6,5 estaciones

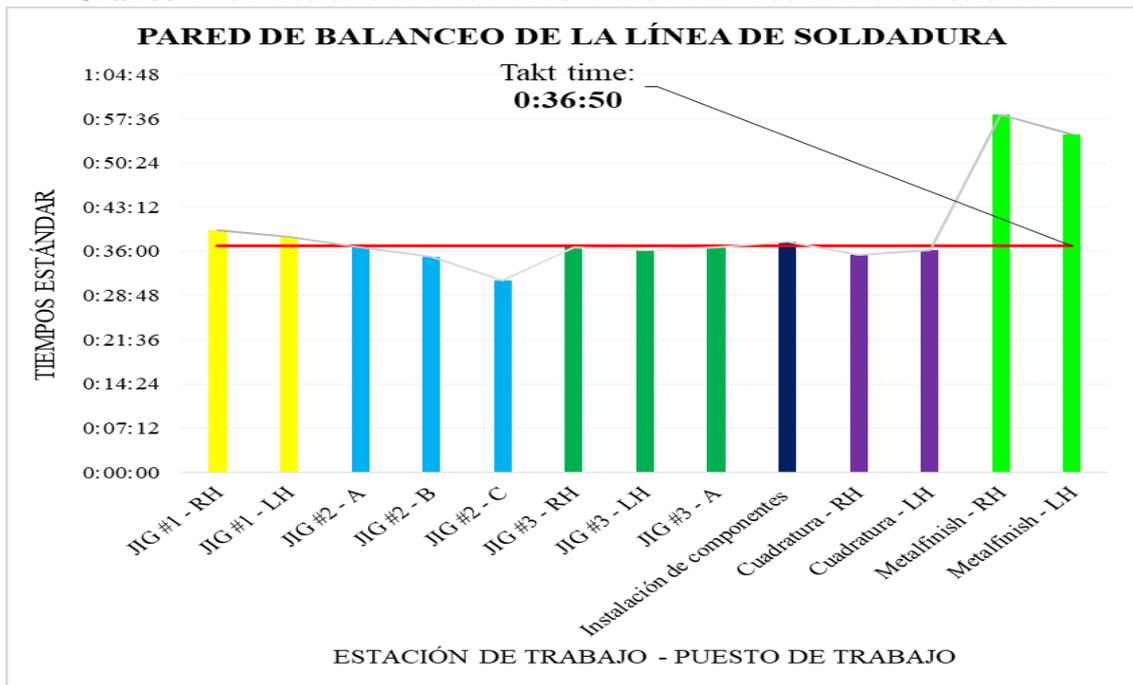
Nt = 7 estaciones

Con las 7 estaciones de trabajo que nos dio como resultado, podemos determinar que la distribución de las estaciones en la línea de soldadura para la producción del automóvil Zotye T-600 no es la adecuada, debido a que únicamente en la actualidad solo existen 6. Esto nos da a entender que en alguna o algunas estaciones de trabajo existen tiempos desfasados en relación a las demás estaciones y que a su vez requieren una pronta corrección.

4.2.13.3. Pared de balanceo de la línea de soldadura

Con el firme objetivo de analizar el comportamiento de los tiempos que se tardan en cada puesto de trabajo para producir una carrocería y de observar la cantidad de tiempos muertos o improductivos que cada operador tiene en relación a los 0:36:50 (hh:mm:ss) de takt time, procedimos a elaborar la pared de balanceo de la línea de soldadura, para de esa manera poder determinar con certeza donde se encuentran los problemas y tomar decisiones acertadas para dar una solución correcta a éstos.

Gráfico 1-4: Pared de balanceo de la situación actual de la línea de soldadura



Fuente: Autor

En el **Gráfico 1-4**, es notorio que en las estaciones de trabajo JIG #3, Instalación de componentes y Cuadratura las cargas de trabajo y sus tiempos están equilibrados en relación al takt time, dando a entender que los métodos, herramientas, equipos y número de operadores son los adecuados para la producción.

Por el contrario en el JIG #1 y Metalfinsih, claramente se observa que los tiempos están por sobre el takt time, notando que existe sobrecarga de trabajo o que a su vez los métodos, herramientas, equipos o el número de operadores en estas estaciones no son los adecuados para la producción, para lo cual habrá que mejorar cualquiera de los aspectos antes mencionados.

Así mismo en el JIG #2, existe un desbalance en las cargas de trabajo y por ende en sus tiempos, presentándose una cierta cantidad de tiempo muerto, por tal razón habrá que realizar una redistribución de actividades entre los tres operadores existentes en esta estación de trabajo.

Para culminar, estas tres últimas estaciones de trabajo mencionadas que presentaron anomalías serán a las que atenderemos para dar solución mediante la aplicación de diversas técnicas según sea el caso.

4.2.14. Distancias recorridas en la línea de soldadura

Para determinar exactamente la distancia que cada uno de los operadores recorría en la línea de soldadura para la producción de una unidad, se procedió a medir en las mismas instalaciones y a comprobarlas en una gráfica elaborada a escala de la línea.

En la **Tabla 33-4** y **Gráfico 2-4**, se puede observar claramente las distancias que recorrían cada uno de los operadores antes de las mejoras implementadas.

Tabla 36-4: Distancias recorridas en la situación actual de la línea de soldadura

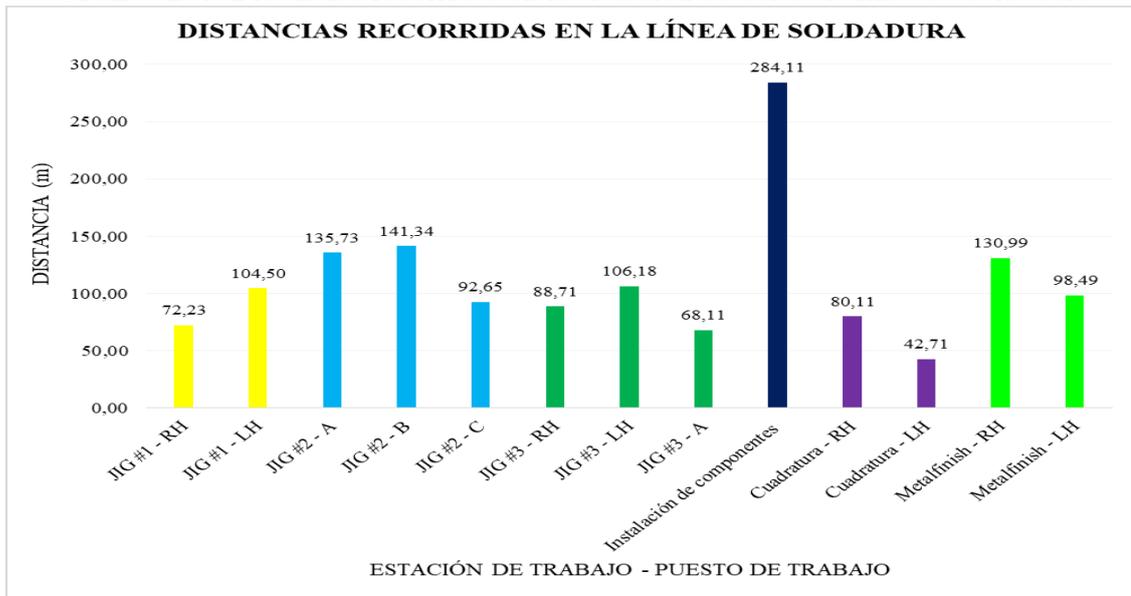
ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	DISTANCIA (m)
JIG #1	RH	72,23
	LH	104,50
JIG #2	A	135,73
	B	141,34
	C	92,65
JIG #3	RH	88,71
	LH	106,18
	A	68,11
Instalación de componentes	Único	284,11

Tabla 37-4 (continua)

Cuadratura	RH	80,11
	LH	42,71
Metalfinish	RH	130,99
	LH	98,49

Fuente: Autor

Gráfico 2-4: Distancias recorridas en la situación actual de la línea de soldadura



Fuente: Autor

4.2.15. Tiempos muertos en la línea de soldadura

Para la obtención de los tiempos muertos de cada uno de los trabajadores de la línea, primero comprobamos que cumpla la siguiente condición:

$$\text{Si: } TT > TS$$

Entonces aplicamos la siguiente ecuación para calcular el tiempo muerto:

$$T_m = TT - TS \quad (6)$$

Es así que, en la **Tabla 34-4** de los tiempos muertos, la terminología utilizada es la siguiente:

TS = tiempo estándar (formato hora).

TT = takt time (formato hora).

Tm = tiempo muerto (formato hora).

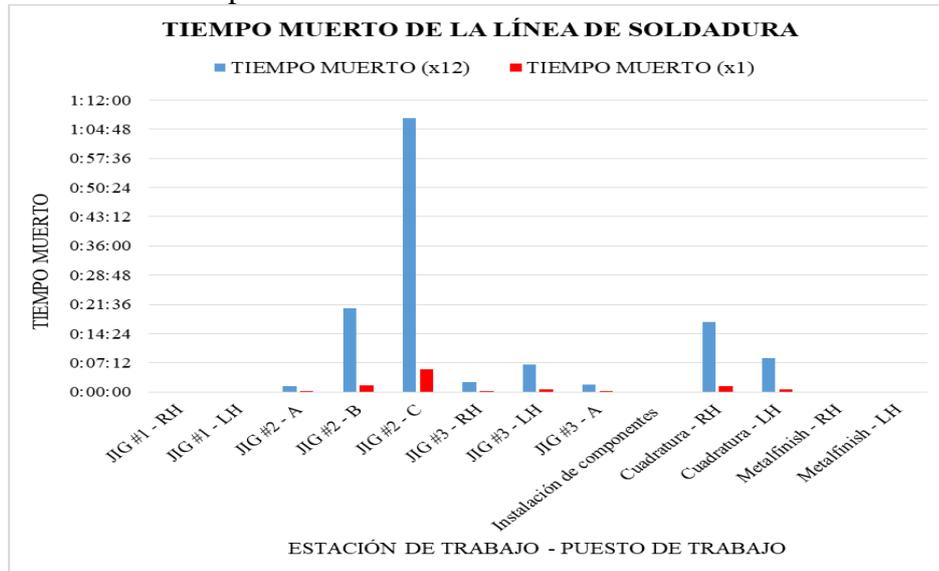
Tabla 38-4: Tiempos muertos de la situación actual de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TT (hh:mm:ss)	Tm (x1) (hh:mm:ss)	PRODUCCIÓN REQUERIDA	Tm (x12) (hh:mm:ss)
JIG #1	RH	0:39:25	0:36:50	---	---	---
	LH	0:38:18	0:36:50	---	---	---
JIG #2	A	0:36:43	0:36:50	0:00:07	12	0:01:24
	B	0:35:07	0:36:50	0:01:43	12	0:20:36
	C	0:31:12	0:36:50	0:05:38	12	1:07:36
JIG #3	RH	0:36:38	0:36:50	0:00:12	12	0:02:24
	LH	0:36:16	0:36:50	0:00:34	12	0:06:48
	A	0:36:41	0:36:50	0:00:09	12	0:01:48
Instalación de componentes	Único	0:37:35	0:36:50	---	---	---
Cuadratura	RH	0:35:24	0:36:50	0:01:26	12	0:17:12
	LH	0:36:08	0:36:50	0:00:42	12	0:08:24
Metalfinish	RH	0:58:20	0:36:50	---	---	---
	LH	0:54:59	0:36:50	---	---	---

Fuente: Autor

En el **Gráfico 3-4**, se puede observar claramente los tiempos muertos de cada uno de los operadores antes de las mejoras implementadas.

Gráfico 3-4: Tiempos muertos de la situación actual de la línea de soldadura



Fuente: Autor

4.2.16. Tiempos extras de la línea de soldadura

Los tiempos extras para cada uno de los trabajadores de la línea, se calculan si primeramente cumple la siguiente condición:

$$\text{Si: } TS > TT$$

Una vez cumplida la condición, aplicamos la siguiente ecuación:

$$TE = TS - TT \quad (7)$$

La terminología utilizada en la **Tabla 35-4** de tiempos extras es la siguiente:

TS = tiempo estándar (formato hora).

TT = takt time (formato hora).

TE = tiempo extra (formato hora).

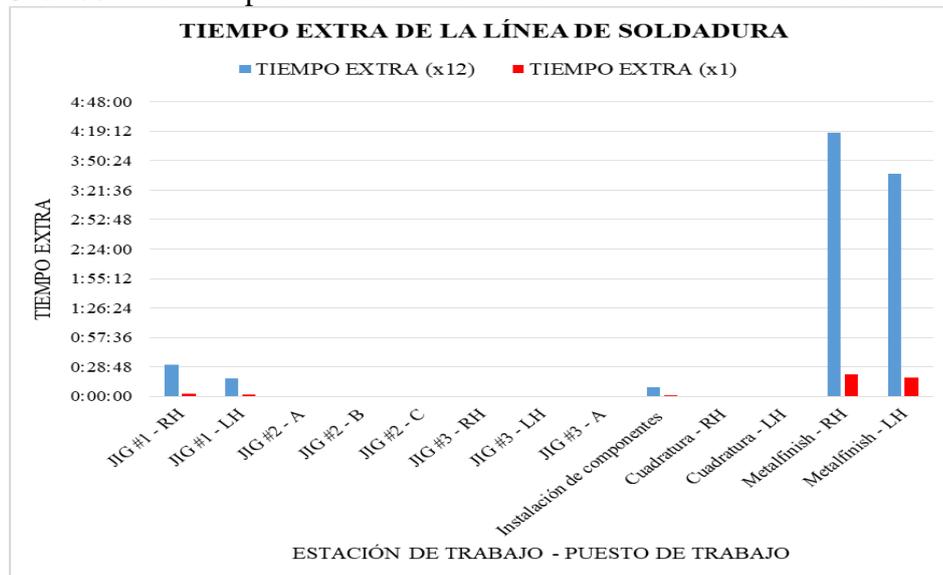
Tabla 39-4: Tiempos extras de la situación actual de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TT (hh:mm:ss)	TE (hh:mm:ss)	PRODUCCIÓN REQUERIDA	TE (x12) (hh:mm:ss)
JIG #1	RH	0:39:25	0:36:50	0:02:35	12	0:31:00
	LH	0:38:18	0:36:50	0:01:28	12	0:17:36
JIG #2	A	0:36:43	0:36:50	---	---	---
	B	0:35:07	0:36:50	---	---	---
	C	0:31:12	0:36:50	---	---	---
JIG #3	RH	0:36:38	0:36:50	---	---	---
	LH	0:36:16	0:36:50	---	---	---
	A	0:36:41	0:36:50	---	---	---
Instalación de componentes	Único	0:37:35	0:36:50	0:00:45	12	0:09:00
Cuadratura	RH	0:35:24	0:36:50	---	---	---
	LH	0:36:08	0:36:50	---	---	---
Metalfinish	RH	0:58:20	0:36:50	0:21:30	12	4:18:00
	LH	0:54:59	0:36:50	0:18:09	12	3:37:48

Fuente: Autor

En el **Gráfico 4-4**, se puede observar claramente los tiempos extras que cada operador necesita para cumplir con el requerimiento diario antes de las mejoras implementadas.

Gráfico 4-4: Tiempos extras de la situación actual de la línea de soldadura



Fuente: Autor

4.3. Actividades de mejoramiento en la línea de soldadura

Para aplicar las mejoras de una manera ordenada y lógica en cada una de las estaciones de trabajo que lo requirieron, hemos tomado en cuenta el principio del Ciclo de Deming de la siguiente manera:

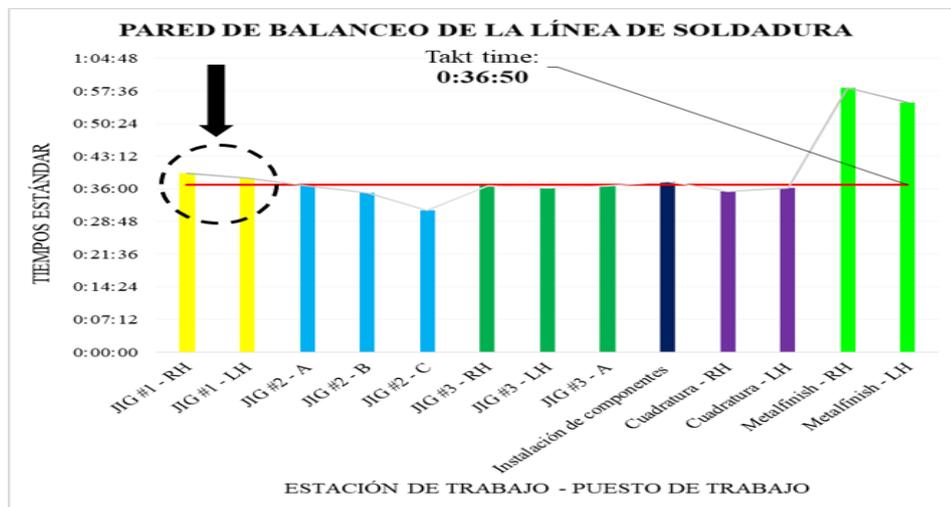
4.3.1. Ciclo de Deming para el mejoramiento de la estación de trabajo JIG #1

4.3.1.1. Planear

P – Planear.- Como se puede observar en el **Gráfico 5-4**, los tiempos de los dos operadores de la estación JIG #1 están por sobre el takt time, notándose claramente que las cargas de trabajo estaban desequilibradas y a más de eso se logró detectar que la pistola de la bomba de sellado #1, no estaba adaptada para cumplir con las condiciones que el Control Plan obliga al momento de colocar el sellante en los componentes de la carrocería, es por tal razón que el tiempo que se estaba tardando en realizar estas actividades eran muy elevado.

Entonces, para las anomalías encontradas en esta estación, primeramente se buscó mejorar las características de la pistola de la bomba de sellado #1, y de esa manera reducir el tiempo que se toma en la colocación de sellante en los diferentes componentes de la carrocería; como segundo punto, se buscó equilibrar las cargas de trabajo entre los dos operadores de la línea, reasignando actividades en base al grado de dificultad, tiempo de experiencia, tiempo de duración de la actividad y siempre evitando que la secuencia que deben seguir no provoque tiempos muertos.

Gráfico 5-4: Pared de balanceo de la situación actual de la estación JIG #1



Fuente: Autor

4.3.1.2. Hacer

H – Hacer.- Para reducir los tiempos que se tomaban en la colocación de sellante en los diferentes componentes de la carrocería, se decidió modificar las características de la pistola de la bomba de sellado #1, es decir, se aumentó el diámetro del orificio de la boquilla mediante un ligero corte como indica la **Figura 9-4**, logrando así que el sellante sea expulsado con mayor rapidez y en las dimensiones que el Control Plan obliga.

- Diámetro normal del orificio de la boquilla = 3mm
- Diámetro modificado del orificio de la boquilla = 6mm

Figura 9-4: Pistola de la bomba de sellado #1



Fuente: Autor

En cambio, para equilibrar las cargas de trabajo entre los dos operadores, se eliminó una actividad que no estaba generando valor en la carrocería y se reasignó algunas actividades.

Estas reasignaciones se las traslado a la línea, específicamente a cada uno de los puestos de trabajo del JIG #1, donde se explicó el ¿por qué se reasignó?, ¿para qué se reasignó? y ¿cómo había que ejecutarlo?. Es así que finalmente, una vez conocido y entendido las modificaciones, se puso en práctica las mismas mediante la producción normal de las carrocerías del automóvil Zotye T-600.

Como se puede observar en la **Tabla 36-4** y **Tabla 37-4**, están las reasignaciones realizadas al operador RH y en la **Tabla 38-4** y **Tabla 39-4**, de la misma manera se puede observar en cambio las reasignaciones del operador LH.

Actividad reasignada a otro operador =

Actividad eliminada =

Actividad asignada de otro operador

Lista de actividades del JIG #1 – RH

Tabla 40-4: Lista normal de actividades del JIG #1 – RH

1	Coloca sellante #1 en compartimento de motor.
2	Coloca sellante #1 en piso posterior.
3	Transporta y coloca compartimento de motor en JIG #1.
4	Transporta y coloca piso posterior en JIG #1.
5	Coloca piso central en JIG #1.
6	Cierra prensas manuales RH de JIG #1.
7	Suelda parte RH de compartimento de motor con piso central.
8	Suelda parte RH de piso central.
9	Suelda parte RH de piso central con piso posterior.
10	Suelda parte lateral RH de compartimento de motor.
11	Suelda parte lateral RH de compartimento de motor con piso central.
12	Suelda parte lateral RH de piso central con piso posterior.
13	Suelda piso posterior con pared posterior.
14	Abre prensas manuales RH/LH de JIG #1.
15	Golpea con martillo partes laterales de piso posterior.
16	Coloca ganchos de tecla en carrocería.
17	Mueve carrocería hacia adelante.
18	Suelda parte RH de piso central.
19	Coloca sellante #1 alrededor de carrocería.

Fuente: Autor

Tabla 41-4: Lista modificada de actividades del JIG #1 – RH

1	Coloca sellante #1 en compartimento de motor.
2	Coloca sellante #1 en piso posterior.
3	Transporta y coloca compartimento de motor en JIG #1.
4	Transporta y coloca piso posterior en JIG #1.
5	Coloca piso central en JIG #1.
6	Cierra prensas manuales RH/LH de JIG #1.
7	Suelda parte RH de compartimento de motor con piso central.
8	Suelda parte RH de piso central.
9	Suelda parte RH de piso central con piso posterior.
10	Suelda parte lateral RH de compartimento de motor.
11	Suelda parte lateral RH de compartimento de motor con piso central.
12	Suelda parte lateral RH de piso central con piso posterior.
13	Suelda piso posterior con pared posterior.
14	Abre prensas manuales RH/LH de JIG #1.
15	Coloca ganchos de tecla en carrocería.
16	Mueve carrocería hacia adelante.
17	Suelda parte RH de piso central.
18	Mueve carrocería hacia atrás.
19	Coloca tapas de obturación en partes laterales RH/LH de piso carrocería.
20	Coloca sellante #1 alrededor de carrocería.

Fuente: Autor

Lista de actividades del JIG #1 – LH

Tabla 42-4: Lista normal de actividades del JIG #1 – LH

1	Graba en máquina código VIN y números secretos de carrocería.
2	Retira piso central de rack.
3	Limpia con WD-40 piso central.
4	Graba en piso central código VIN y números secretos.
5	Coloca en manifiesto de carrocería código VIN y números secretos.
6	Coloca ganchos de tecla en piso central.
7	Coloca ganchos de tecla en piso posterior.
8	Limpia con WD-40 compartimento de motor.
9	Coloca ganchos de tecla en compartimento de motor.
10	Transporta y coloca compartimento de motor en JIG #1.
11	Transporta y coloca piso posterior en JIG #1.
12	Transporta y coloca piso central en JIG #1.
13	Transporta y coloca pared posterior en JIG #1.
14	Cierra prensas neumáticas RH/LH y prensas manuales LH de JIG #1.
15	Suelda parte central de compartimento de motor con piso central.
16	Suelda parte LH de compartimento de motor con piso central.
17	Suelda parte LH de piso central.
18	Suelda parte LH de piso central con piso posterior.
19	Suelda parte lateral LH de compartimento de motor.
20	Suelda parte lateral LH de compartimento de motor con piso central.
21	Suelda parte lateral LH de piso central con piso posterior.
22	Suelda partes laterales RH/LH de piso posterior con pared posterior.
23	Suelda piso posterior con pared posterior.
24	Abre prensas neumáticas RH/LH de JIG #1.
25	Coloca ganchos de tecla en carrocería.
26	Mueve carrocería hacia adelante.
27	Suelda parte LH de piso central.
28	Mueve carrocería hacia atrás.
29	Coloca tapas de obturación en partes laterales RH/LH de piso carrocería.
30	Marca puntos soldados en toda la carrocería.
31	Llena manifiesto de carrocería.

Fuente: Autor

Tabla 43-4: Lista modificada de actividades del JIG #1 – LH

1	Graba en máquina código VIN y números secretos de carrocería.
2	Retira piso central de rack.
3	Limpia con WD-40 piso central.
4	Graba en piso central código VIN y números secretos.
5	Coloca en manifiesto de carrocería código VIN y números secretos.
6	Coloca ganchos de tecla en piso central.
7	Coloca ganchos de tecla en piso posterior.
8	Limpia con WD-40 compartimento de motor.
9	Coloca ganchos de tecla en compartimento de motor.
10	Transporta y coloca compartimento de motor en JIG #1.
11	Transporta y coloca piso posterior en JIG #1.
12	Transporta y coloca piso central en JIG #1.
13	Transporta y coloca pared posterior en JIG #1.
14	Cierra prensas neumáticas RH/LH de JIG #1.
15	Suelda parte central de compartimento de motor con piso central.
16	Suelda parte LH de compartimento de motor con piso central.
17	Suelda parte LH de piso central.
18	Suelda parte LH de piso central con piso posterior.
19	Suelda parte lateral LH de compartimento de motor.
20	Suelda parte lateral LH de compartimento de motor con piso central.
21	Suelda parte lateral LH de piso central con piso posterior.
22	Suelda partes laterales RH/LH de piso posterior con pared posterior.
23	Suelda piso posterior con pared posterior.
24	Abre prensas neumáticas RH/LH de JIG #1.
25	Coloca ganchos de tecla en carrocería.
26	Suelda parte LH de piso central.
27	Marca puntos soldados en toda la carrocería.
28	Llena manifiesto de carrocería.

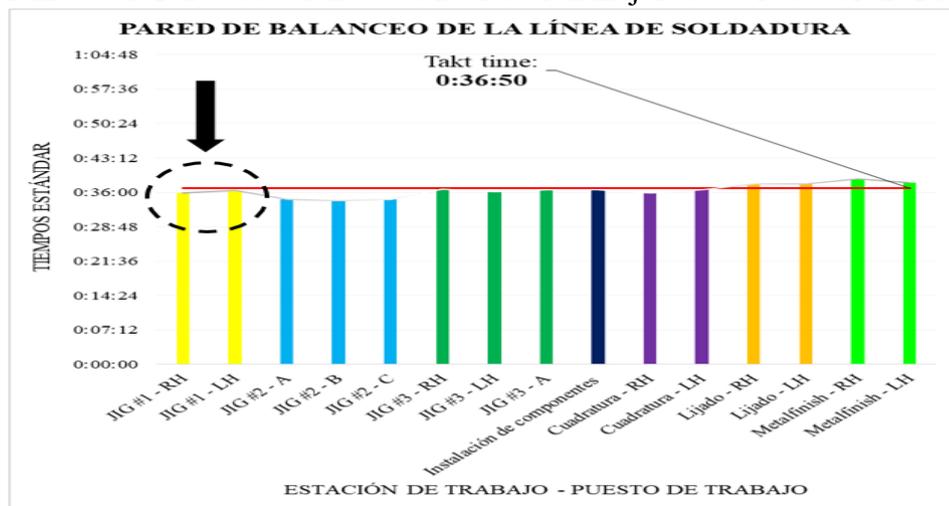
Fuente: Autor

4.3.1.3. Verificar

V – Verificar.- Una vez modificada la pistola de la bomba de sellante #1 y puesto en práctica las reasignaciones de actividades realizadas, se procedió a verificar si los cambios aplicados dieron o no resultado. Para esto nuevamente aplicamos la misma metodología de toma de tiempos de ambos operadores, tal y como se lo hizo para el levantamiento de la situación actual de línea.

Como se puede observar en el **Gráfico 6-4**, primeramente los tiempos de ambos operadores redujeron, situándose por debajo de la línea del takt time; además notar que las cargas de trabajo se han nivelado de cierta manera, debido a que ambos trabajadores tardan aproximadamente lo mismo en cumplir con sus actividades para la producción de una carrocería.

Gráfico 6-4: Pared de balanceo de la situación mejorada de la estación JIG #1



Fuente: Autor

4.3.1.4. Actuar

A – Actuar.- Con los resultados satisfactorios observados, se documentó los cambios realizados en hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo como se observa en la **Figura 10-4**, los cuales fueron revisados, aprobados e implementados en la línea con el propósito de fomentar una ayuda a los operadores y de cumplir con uno de los requisitos obligatorios para aprobar las auditorias de calidad.

Figura 10-4: Instructivo de trabajo del JIG #1

CIAUTO		INSTRUCCIONES DE TRABAJO			COP-02-SOL-IT-01	
Elaborado por: Alexander Páez		Revisión: 01		Revisado por: Coordinador de Soldadura		Fecha: 2017 - 11 - 20
Aprobado por: Jefe de planta		Nº:		Hoja de Proceso: S56-8230-		1101(CCEA)
Línea: Soldadura Zotye		Estación: JIG #1 - Colocación de sellante en compartimento del motor.		Modelo: Zotye T-600		
Características Especiales: <input checked="" type="checkbox"/> Chequeo de Calidad <input checked="" type="checkbox"/> Operación Crítica		Seguridad Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Seguridad Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Medio Ambiente		Equipo de Protección: <input checked="" type="checkbox"/> Gafas <input checked="" type="checkbox"/> Zapatos de Seguridad <input checked="" type="checkbox"/> Casco <input checked="" type="checkbox"/> Protección Auditiva		Residuos Generados: <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Peligrosos <input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> Chatarra <input type="checkbox"/> Papel / Cartón
LISTA DE COMPONENTES				HERRAMIENTA Y EQUIPO		
Item	Código	Descripción	Cant.	Item	Herramienta	Especificaciones
1	8400010001-B11	Compartimento del motor	1	1	Bomba de sellado #1	Y609033
				2	Sellante #1	2515
GRÁFICO/FOTOGRAFÍA		No.	Paso Principal (Elemento)	Símbolo	¿Cómo? (Puntos Clave)	¿Por qué? (Efectos)
		1	Colocar sellante en el compartimento del motor.		En la pistola de la bomba de sellado #1, presionamos el gatillo (ver FIG.1), para expulsar el sellante #1 y luego lo colocamos en las partes del compartimento del motor, como indica la FIG. 2.	Evitar el ingreso de líquidos a la carrocería, una vez ensamblada.

Fuente: Autor

Cabe recalcar que, con los cambios realizados en la estación no se ha llegado a la perfección, sino que al contrario se debe seguir analizando detenidamente una y otra vez (métodos, equipos o herramientas), porque esta estación no está exenta de encontrarse nuevos aspectos a mejorar, es allí de donde nace el criterio de la mejora continua, especialmente en procesos de producción en línea.

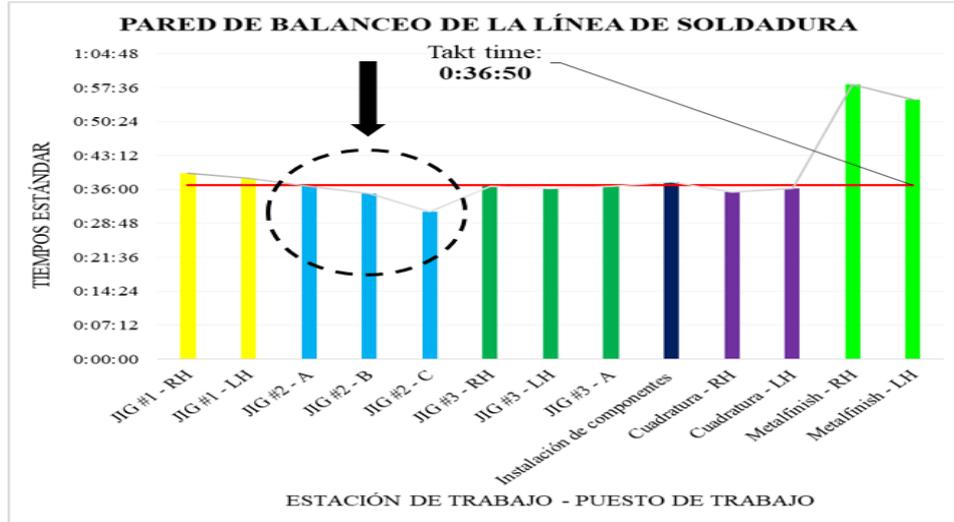
4.3.2. Ciclo de Deming para el mejoramiento de la estación de trabajo JIG #2

4.3.2.1. Planear

P – Planear.- De la misma manera que en el JIG #1, podemos observar en el diagrama de barras del **Gráfico 7-4**, que los tiempos de los tres operadores que forman parte del JIG #2 están por debajo del valor del takt time, aspecto positivo que nos dio a entender que los equipos y herramientas son los adecuados para cumplir con las actividades asignadas a cada uno. Pero al contrario hay que mencionar que el punto que se tomó en cuenta son los métodos erróneos que se estuvieron aplicando, en otras palabras, la asignación de actividades para cada operador no era equitativa (desequilibrio de cargas).

Por tal razón, para evitar el agotamiento heterogéneo de los operadores al final de la jornada laboral, se trató de equilibrar de la mejor manera las cargas de trabajo, mediante la reasignación de actividades entre cada uno de ellos, siempre tomando en cuenta el grado de dificultad de la actividad, el tiempo de duración de la misma, la experiencia de cada operador y lo más importante que al momento de reasignar se debe verificar que la secuencia a seguir no genere tiempos muertos.

Gráfico 7-4: Pared de balanceo de la situación actual de la estación JIG #2



Fuente: Autor

4.3.2.2. Hacer

H – Hacer.- Luego de un exhaustivo análisis de las secuencias de las actividades que cada operador cumplía y con el fin de equilibrar las cargas de trabajo entre los tres operadores de la estación JIG #2, se reasignó actividades entre el operador A (más carga de trabajo de la estación) y el operador C (menos carga de trabajo de la estación).

Luego de haber sido reasignadas las actividades entre el operador A y el operador C, inmediatamente se explicó el ¿por qué se modificó?, ¿para qué se modificó? y ¿cómo había que ejecutarlo?, donde la puesta en marcha se lo realizó con la producción normal de las carrocerías según la planificación.

En la **Tabla 40-4** y **Tabla 41-4**, se puede observar el antes y después de la reasignación de las actividades del operador A, así mismo en la **Tabla 42-4** y **Tabla 43-4**, se puede observar el antes y después de reasignación de las actividades del operador C.

Actividad reasignada a otro operador =

Actividad eliminada =

Actividad asignada de otro operador =

Lista de actividades del JIG #2 – A

Tabla 44-4: Lista normal de actividades del JIG #2 – A

1	Transporta y coloca lateral RH en JIG #2.
2	Transporta y coloca lateral LH en JIG #2.
3	Coloca piso de carrocería en JIG #2.
4	Retira ganchos de tecele de carrocería.
5	Golpea con parte trasera de laterales RH/LH.
6	Cierra prensas neumáticas laterales RH de JIG #2.
7	Cierra prensas neumáticas laterales LH de JIG #2.
8	Coloca viga delantera y cierra prensas manuales delanteras RH/LH de JIG.
9	Suelda compartimento de motor con lateral RH.
10	Suelda viga delantera con lateral RH.
11	Suelda compartimento de motor con lateral LH.
12	Suelda viga delantera con lateral LH.
13	Suelda pared posterior con lateral RH.
14	Suelda pared posterior con lateral LH.
15	Suelda piso posterior con pared posterior.
16	Transporta y coloca techo en carrocería.
17	Cierra prensas manuales posteriores RH/LH de JIG #2.
18	Cierra prensas neumáticas posteriores RH/LH de JIG #2.
19	Suelda viga posterior con techo.
20	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral LH.
21	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral RH.
22	Abre prensas neumáticas posteriores y laterales RH de JIG #2.
23	Abre prensas neumáticas posteriores y laterales LH de JIG #2.
24	Suelda lado RH de viga posterior con techo
25	Suelda lado LH de viga posterior con techo
26	Marca puntos soldados en lado RH de carrocería.
27	Limpia con WD-40 el lado RH de carrocería.
28	Coloca ganchos de tecele en carrocería.
29	Transporta carrocería al JIG #3.
30	Coloca carrocería en JIG #3.
31	Suelda parte inferior de laterales RH/LH.

Fuente: Autor

Tabla 45-4: Lista modificada de actividades del JIG #2 – A

1	Transporta y coloca lateral RH en JIG #2.
2	Transporta y coloca lateral LH en JIG #2.
3	Coloca piso de carrocería en JIG #2.
4	Retira ganchos de tecele de carrocería.
5	Golpea con parte trasera de laterales RH/LH.
6	Cierra prensas neumáticas laterales RH de JIG #2.
7	Cierra prensas neumáticas laterales LH de JIG #2.
8	Coloca viga delantera y cierra prensas manuales delanteras RH/LH de JIG.
9	Suelda compartimento de motor con lateral RH.
10	Suelda viga delantera con lateral RH.
11	Suelda compartimento de motor con lateral LH.
12	Suelda viga delantera con lateral LH.
13	Suelda pared posterior con lateral RH.
14	Suelda pared posterior con lateral LH.
15	Suelda piso posterior con pared posterior.
16	Transporta y coloca techo en carrocería.
17	Cierra prensas manuales posteriores RH/LH de JIG #2.
18	Cierra prensas neumáticas posteriores RH/LH de JIG #2.
19	Suelda viga posterior con techo.
20	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral LH.
21	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral RH.
22	Abre prensas neumáticas posteriores y laterales RH de JIG #2.
23	Abre prensas neumáticas posteriores y laterales LH de JIG #2.
24	Suelda lado RH de viga posterior con techo
25	Suelda lado LH de viga posterior con techo
26	Marca puntos soldados en lado RH de carrocería.
27	Limpia con WD-40 el lado RH de carrocería.
28	Coloca ganchos de tecele en carrocería.

Fuente: Autor

Lista de actividades del JIG #2 – C

Tabla 46-4: Lista normal de actividades del JIG #2 – C

1	Transporta y coloca lateral RH en JIG #2.
2	Cierra prensas neumáticas de sujeción RH de JIG #2.
3	Transporta y coloca lateral LH en JIG #2.
4	Cierra prensas neumáticas de sujeción LH de JIG #2.
5	Coloca sellante en parte delantera de lateral RH.
6	Coloca sellante en parte delantera de lateral LH.
7	Transporta pistola de sellante #1 a bomba.
8	Coloca viga posterior en carrocería.
9	Cierra prensas manuales posteriores RH/LH de JIG #2.
10	Suelda parte externa de viga posterior con lateral LH.
11	Suelda parte interna de viga posterior con lateral LH.
12	Suelda parte externa de viga posterior con lateral RH.
13	Suelda parte interna de viga posterior con lateral RH.
14	Abre prensas manuales posteriores RH/LH de JIG #2.
15	Coloca sellante #1 en parte superior de lateral RH.
16	Coloca sellante #1 en parte superior de lateral LH.
17	Suelda compartimento de motor con lateral RH.
18	Suelda compartimento de motor con lateral LH.
19	Coloca techo en carrocería.
20	Suelda viga delantera con techo.
21	Suelda techo con lateral RH.
22	Suelda techo con lateral LH.
23	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral RH.
24	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral LH.
25	Suelda parte superior de compartimento de motor con lateral RH.
26	Suelda parte superior de compartimento de motor con lateral LH.
27	Coloca ganchos de tecele en carrocería.
28	Llena manifiesto de carrocería.

Fuente: Autor

Tabla 47-4: Lista modificada de actividades del JIG #2 – C

1	Transporta y coloca lateral RH en JIG #2.
2	Cierra prensas neumáticas de sujeción RH de JIG #2.
3	Transporta y coloca lateral LH en JIG #2.
4	Cierra prensas neumáticas de sujeción LH de JIG #2.
5	Coloca sellante en parte delantera de lateral RH.
6	Coloca sellante en parte delantera de lateral LH.
7	Transporta pistola de sellante #1 a bomba.
8	Coloca viga posterior en carrocería.
9	Cierra prensas manuales posteriores RH/LH de JIG #2.
10	Suelda parte externa de viga posterior con lateral LH.
11	Suelda parte interna de viga posterior con lateral LH.
12	Suelda parte externa de viga posterior con lateral RH.
13	Suelda parte interna de viga posterior con lateral RH.
14	Abre prensas manuales posteriores RH/LH de JIG #2.
15	Coloca sellante #1 en parte superior de lateral RH.
16	Coloca sellante #1 en parte superior de lateral LH.
17	Suelda compartimento de motor con lateral RH.
18	Suelda compartimento de motor con lateral LH.
19	Coloca techo en carrocería.
20	Suelda viga delantera con techo.
21	Suelda techo con lateral RH.
22	Suelda techo con lateral LH.
23	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral RH.
24	Suelda parte lateral de compartimento de motor con lateral LH.
25	Suelda parte superior de compartimento de motor con lateral RH.
26	Suelda parte superior de compartimento de motor con lateral LH.
27	Coloca ganchos de tecele en carrocería.
28	Transporta carrocería al JIG #3.
29	Coloca carrocería en JIG #3.
30	Suelda parte inferior de laterales RH/LH.
31	Llena manifiesto de carrocería.

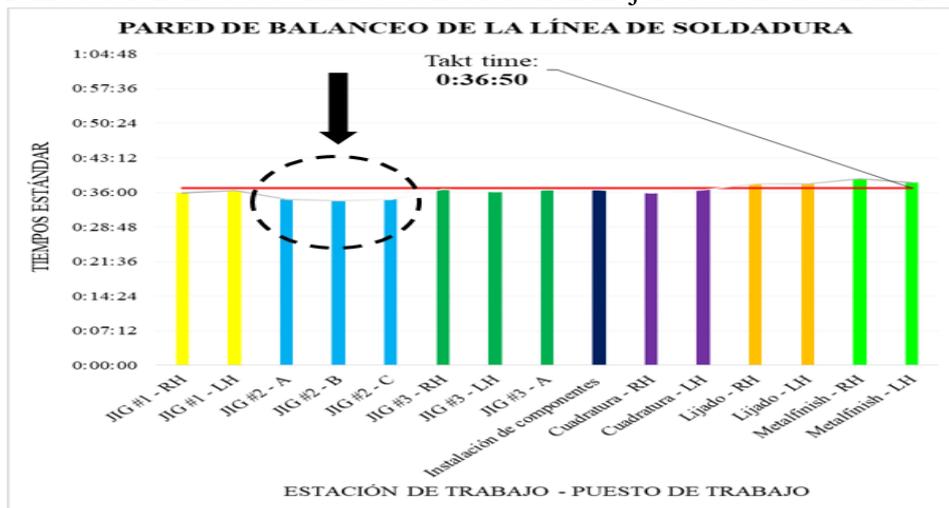
Fuente: Autor

4.3.2.3. Verificar

V – Verificar.- Para poder determinar con certeza si los cambios de actividades que se hicieron entre los operadores A y C han surtido el efecto deseado, nuevamente se decidió tomar tiempos, pero esta vez de los tres operadores (A, B y C) que forman parte de la estación de trabajo, donde de igual forma se aplicó la metodología que se utilizó para la toma de tiempos de la situación actual.

Con los tiempos completos se les dio el debido tratamiento, obteniendo al final un nuevo diagrama de barras (pared de balanceo) y bien como se puede observar en el **Gráfico 8-4**, los tiempos entre los tres operadores son aproximadamente los mismos, concluyendo así que las cargas de trabajo están casi niveladas, en otras palabras, para la producción una unidad (carrocería) los tres trabajadores cumplen sus actividades en idéntica cantidad de tiempo y que su agotamiento va a ser homogéneo al final de la jornada laboral.

Gráfico 8-4: Pared de balanceo de la situación mejorada de la estación JIG #2

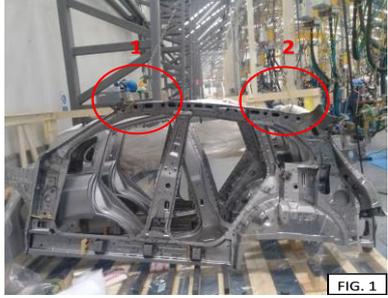


Fuente: Autor

4.3.2.4. Actuar

A – Actuar.- Con los equipos y herramientas adecuadas para la producción, a más de eso con los métodos de trabajo mejorados de cada uno de los operadores de la estación, el siguiente paso fue la elaboración de las hojas de trabajo estandarizado y los instructivos de trabajo como nos indica la **Figura 11-4**; documentación que fue revisada, aprobada e inmediatamente implementada en la línea para brindar un ayuda a los operadores y cumplir con los requisitos para aprobar las auditoria de calidad.

Figura 11-4: Instructivo de trabajo del JIG #2

COP-02-SOL-IT-01						
Elaborado por: Alexander Páez Revisión: 01 Revisado por: Coordinador de Soldadura Fecha: 2017 - 11 - 20 Aprobado por: Jefe de planta Nº:						
Linea: Soldadura Zotye	Estación: JIG #2 - Colocación de los ganchos del tecele #4 en el lateral RH.					
Modelo: Zotye T-600 Hoja de Proceso: S/N						
Características Especiales: <input checked="" type="checkbox"/> Chequeo de Calidad <input checked="" type="checkbox"/> Seguridad Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Operación Crítica <input checked="" type="checkbox"/> Medio Ambiente	Equipo de Protección: <input checked="" type="checkbox"/> Gafas <input checked="" type="checkbox"/> Zapatos de Seguridad <input checked="" type="checkbox"/> Guantes anticorte <input checked="" type="checkbox"/> Casco <input checked="" type="checkbox"/> Protección Auditiva <input checked="" type="checkbox"/> Ropa de Trabajo					
Residuos Generados: <input checked="" type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Peligrosos <input checked="" type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> Chatarra <input type="checkbox"/> Papel / Cartón						
LISTA DE COMPONENTES			HERRAMIENTA Y EQUIPO			
Item	Código	Descripción	Cant.	Item	Herramienta	Especificaciones
1	5401020302_B11	Lateral RH	1	1	Tecele #4	Demasg 250 kg
GRÁFICO/FOTOGRAFÍA						
		No.	Paso Principal (Elemento)	Símbolo	¿Cómo? (Puntos Clave)	¿Por qué? (Efectos)
		1	Revisar la calidad de la superficie del lateral RH.		Visualmente verificamos la calidad de la superficie del lateral RH, como indica la FIG. 1.	Constatar que el lateral RH no contenga deformaciones, golpes, aceite o corrosión.
		2	Colocar los ganchos del tecele #4 en el lateral RH.		Conjuntamente entre 3 trabajadores, colocamos manualmente cada uno de los 2 ganchos del tecele #4 en los agujeros específicos del lateral RH, como indica la FIG. 1.	Garantizar un transporte y colocación segura del lateral RH en el JIG #2.

Fuente: Autor

Si bien se mejoró notablemente los métodos en la estación de trabajo, es notorio que al observar la pared de balanceo del **Gráfico 8-4**, existe una cierta cantidad de tiempo muerto en los tres operadores. Para ello se analizó la posibilidad de reducir a dos operadores en la estación, pero en cambio los tiempos se elevaban demasiado por sobre el takt time, provocando de esa manera un cuello de botella en medio de la línea.

Es por tal razón, que se decidió priorizar la existencia de pequeñas cantidades de tiempos muertos, a que exista un cuello de botella en medio de la línea que impida cumplir con la producción diaria establecida en la planificación.

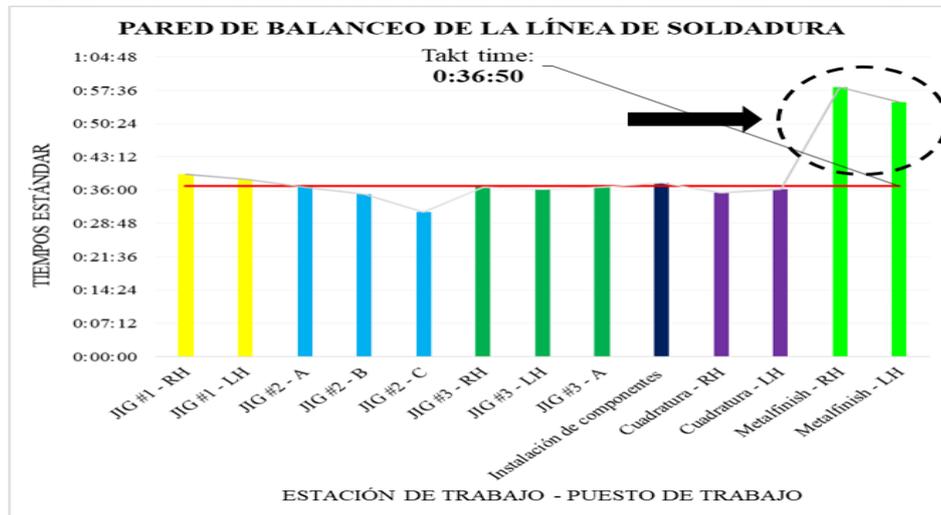
4.3.3. Ciclo de Deming para el mejoramiento de la estación de trabajo Metalfinish

4.3.3.1. Planear

P – Planear.- En la pared de balanceo del **Gráfico 9-4**, nos indica claramente que los tiempos de ambos operadores Metalfinish están totalmente desfasados en relación al takt time y a los tiempos de las demás estaciones de trabajo de la línea, donde como aspecto positivo se notó que aquí los equipos, herramientas y métodos son los adecuados para cumplir de la mejor manera con las actividades encomendadas.

Pero al contrario, el punto de inflexión que provocaba que los tiempos sean muy elevados, era la presencia de una sobrecarga de trabajo en ambos operadores, debido a la gran cantidad de golpes, óxido, residuos y rayones con los que las carrocerías llegan a esta estación.

Gráfico 9-4: Pared de balanceo de la situación actual de Metalfinish



Fuente: Autor

Mediante una inspección del estado de los componentes o CKD y de las carrocerías a lo largo de la línea, se logró determinar que la gran mayoría de las anomalías (golpes, óxido, residuos y rayones) ya salían desde el área de abastecimientos, mas no se las ocasionaba en el proceso mismo en la línea de soldadura.

Para evitar el desfase de tiempos por la sobrecarga de trabajo que cada operador poseía, se planteó implementar una nueva estación trabajo, con el fin de asignar actividades que reduzcan las cargas de trabajo, tiempos y agotamiento a los operadores de Metalfinish, además de reducir el número de defectos previo a la inspección de calidad que son sometidas las carrocerías al final del proceso de la línea.

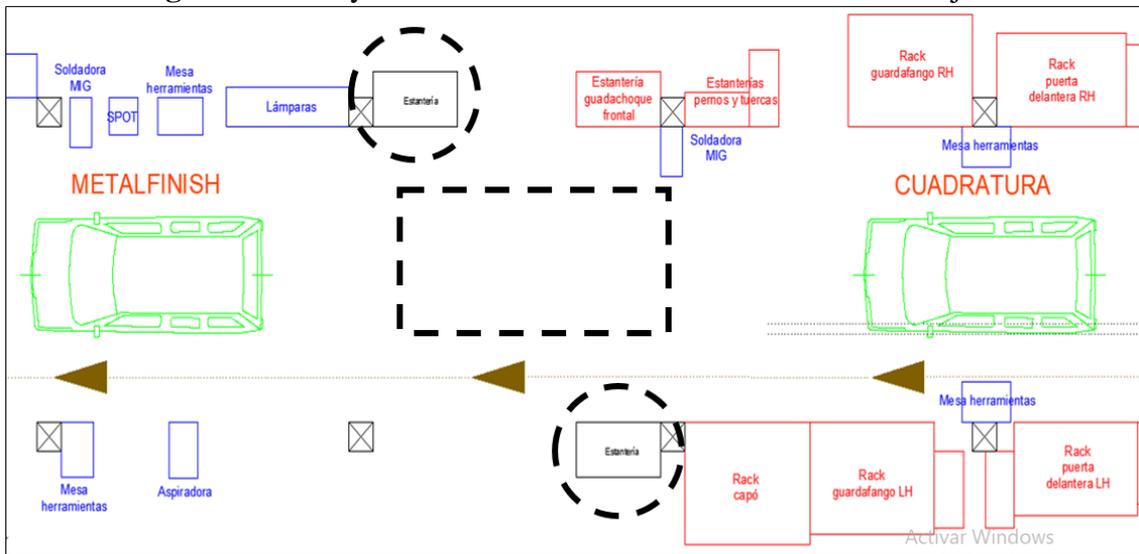
4.3.3.2. *Hacer*

H – Hacer.- Luego de un largo análisis de los métodos, tiempos, equipos, herramientas y estado de cómo llegan las carrocerías a esta última estación, se decidió implementar la estación de trabajo planteada, la cual se antepuso a la de Metalfinsih con el nombre de Lijado. Estación que netamente está dedicada al lijado de toda la carrocería, inspección de golpes, pulido de zonas con óxido, aspirado de residuos y limpieza total de toda la carrocería.

Para la implementación de esta nueva estación, se requirió de espacio físico a continuación de la estación de Cuadratura para poder seguir teniendo un proceso continuo en la línea, a más de eso era necesario adecuar o adquirir mobiliario para la colocación de las herramientas o equipos a utilizar.

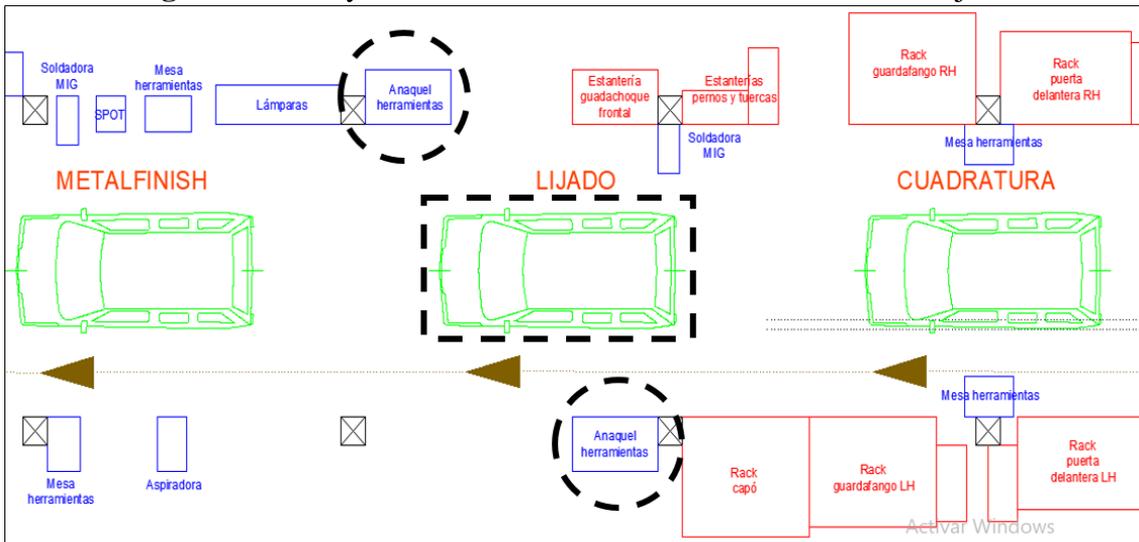
Pues bien, como se puede observar en la **Figura 12-4** y **Figura 13-4**, el espacio físico existió en las dimensiones adecuadas para poder laborar; adicional a esto se observa la adecuación de dos estanterías que se encontraban en la línea, pero que no cumplían ninguna función en el proceso de producción, las mismas que fueron destinadas para la colocación de las herramientas y equipos a utilizar como indica la **Figura 14-4**.

Figura 12-4: Layout de línea de soldadura sin la estación de Lijado



Fuente: Autor

Figura 13-4: Layout de línea de soldadura con la estación de Lijado



Fuente: Autor

Figura 14-4: Anaquel de herramientas de la estación de Lijado



Fuente: Autor

Hay que mencionar también que, para esta nueva estación de trabajo (lijado) se necesitaron herramientas y equipos como:

- Lijas #150.
- Lijadoras neumáticas.
- Franelas.
- Marcadores de tiza líquida (color rojo).
- Cepilladora neumática.
- WD-40.
- Aspiradora (se utiliza la de Metalfinish).

Para dar inicio al funcionamiento de esta estación de trabajo, se procedió a movilizar dos operadores que se ya se encontraban desempeñándose en la producción del automóvil Great Wall modelo M4 (no se alteró su proceso), los mismos que al ser parte de la misma línea ya tenían el conocimientos básicos sobre las actividades que les tocaría realizar.

Como siguiente paso, se les asignó los respectivos puestos de trabajo, donde uno fue al lado RH y el otro al lado LH de la carrocería. Es entonces que, en base a las necesidades que cada lado de la carrocería poseía se les delegó las respectivas secuencias de actividades, explicándoles el ¿por qué deben hacerlo?, ¿para qué deben hacerlo? y ¿cómo deben hacerlo?.

A continuación, en la **Tabla 44-4**, observamos las actividades secuenciales que se le asignó al operador RH y en la **Tabla 45-4**, se puede observar las actividades secuenciales asignadas al operador LH.

Listado de actividades asignadas en la estación de Lijado

Tabla 48-4: Lista de actividades asignadas al operador RH

1	Prepara lijadora neumática.
2	Lija y marca golpes en guardafango RH.
3	Lija y marca golpes en parte externa e interna de puerta delantera RH.
4	Lija y marca golpes en parte externa e interna de puerta trasera RH.
5	Lija y marca golpes en parte externa e interna de compuerta posterior.
6	Lija y marca golpes en lado RH de techo.
7	Cepilla zonas oxidadas del lado RH de la carrocería.
8	Limpia con WD-40 guardafango RH.
9	Limpia con WD-40 parte externa e interna de puerta delantera RH.
10	Limpia con WD-40 parte externa e interna de puerta trasera RH.
11	Limpia con WD-40 parte externa e interna de compuerta posterior.
12	Limpia con WD-40 lado RH de techo.
13	Limpia con WD-40 lado RH de interior de carrocería.
14	Llena manifiesto de carrocería.

Fuente: Autor

Tabla 49-4: Lista de actividades asignadas al operador LH

1	Transporta carrocería de cuadratura.
2	Prepara lijadora neumática.
3	Lija y marca golpes en compartimento de motor.
4	Lija y marca golpes en parte externa e interna de capó.
5	Lija y marca golpes en guardafango LH.
6	Lija y marca golpes en parte externa e interna de puerta delantera LH.
7	Lija y marca golpes en parte externa e interna de puerta trasera LH.
8	Lija y marca golpes en lado LH de techo.
9	Cepilla zonas oxidadas del lado LH de la carrocería.
10	Aspira interior de carrocería.
11	Limpia con WD-40 compartimento de motor.
12	Limpia con WD-40 parte interna y externa de capó.
13	Limpia con WD-40 guardafango LH.
14	Limpia con WD-40 parte externa e interna de puerta delantera LH.
15	Limpia con WD-40 parte externa e interna de puerta trasera LH.
16	Limpia con WD-40 lado LH de techo.
17	Limpia con WD-40 lado LH de interior de carrocería.

Fuente: Autor

Una vez que se implementó la estación de Lijado, en cambio en Metalfinish se decidió verificar actividades, redefinir secuencias, explicar el ¿por qué de los cambios?, ¿para qué se realizaron los cambios? y ¿cómo deberían ejecutar las nuevas secuencias de actividades?. Para eso, de forma inmediata se puso en práctica lo implementado y modificado a través de la producción normal de las carrocerías del Zotye T-600 acorde a la planificación acordada.

En la **Tabla 46-4** y **Tabla 47-4**, se puede observar el antes y después de las actividades del operador RH, así mismo en la **Tabla 48-4** y **Tabla 49-4**, se puede observar el antes y después de las actividades del operador LH.

Actividad reasignada a otro operador = 

Actividad eliminada = 

Actividad asignada de otro operador = 

Listado de actividades de Metalfinish – RH

Tabla 50-4: Lista normal de actividades de Metalfinish – RH

1	Transporta carrocería de cuadratura.
2	Eleva compuerta posterior y capó.
3	Lija compartimento de motor y capó.
4	Lija todo el lado RH de carrocería.
5	Lima de escoria de puntos corregidos de techo con lateral RH.
6	Corrige golpes de todo el lado RH de carrocería.
7	Corrige golpes de compartimento de motor y capó.
8	Limpia con WD-40 interior de carrocería, compartimento de motor, capó y todo el lado RH de carrocería.
9	Transporta carrocería a control de calidad.

Fuente: Autor

Tabla 51-4: Lista modificada de actividades de Metalfinish – RH

1	Transporta carrocería de cuadratura.
2	Eleva compuerta posterior y capó.
3	Lima de escoria de puntos corregidos de techo con lateral RH.
4	Corrige golpes de todo el lado RH de carrocería.
5	Corrige golpes de compartimento de motor y capó.
6	Limpia con WD-40 interior de carrocería, compartimento de motor, capó y todo el lado RH de carrocería.
7	Transporta carrocería a control de calidad.

Fuente: Autor

Listado de actividades de Metalfinish – LH

Tabla 52-4: Lista normal de actividades de Metalfinish – LH

1	Lija todo el lado LH de carrocería.
2	Lija compuerta posterior.
3	Lima escoria de puntos corregidos de techo con lateral LH.
4	Corrige golpes de todo lado LH de carrocería.
5	Aspira interior de carrocería.
6	Corrige golpes de compuerta posterior.
7	Limpia con WD-40 techo, compuerta posterior y todo el lado LH de carrocería.
8	Llena manifiesto de carrocería.

Fuente: Autor

Tabla 53-4: Lista modificada de actividades de Metalfinish – LH

1	Lima escoria de puntos corregidos de techo con lateral LH.
2	Corrige golpes de todo lado LH de carrocería.
3	Aspira interior de carrocería.
4	Corrige golpes de compuerta posterior.
5	Limpia con WD-40 techo, compuerta posterior y todo el lado LH de carrocería.
6	Llena manifiesto de carrocería.

Fuente: Autor

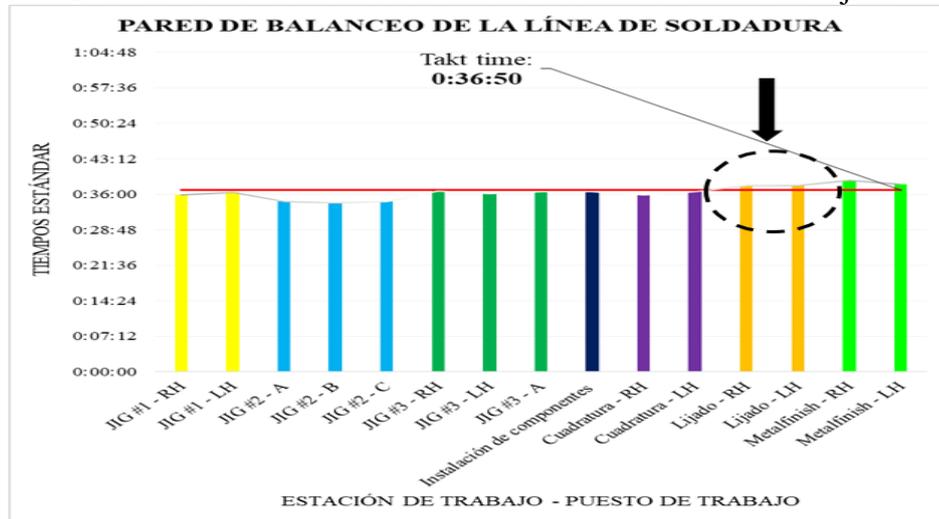
4.3.3.3. Verificar

V – Verificar.- Una vez que se implementó la estación de Lijado y se modificó las secuencias de actividades de Metalfinish, se tomó nuevamente los tiempos de los operadores de las dos estaciones, bajo la metodología aplicada en la toma de tiempos de la situación inicial de la línea.

Con los tiempos de cada uno de los operadores de Lijado y Metalfinish, se les dio el debido tratamiento obteniendo al final una nueva gráfica de pared de balanceo (diagrama de barras).

Donde en el **Gráfico 10-4**, se puede notar claramente que los tiempos en la estación de Lijado son aproximadamente los mismos entre los dos operadores, concluyendo que las cargas de trabajo están equilibradas y que aproximadamente ambos terminaran sus respectivas actividades de manera simultánea en cada carrocería.

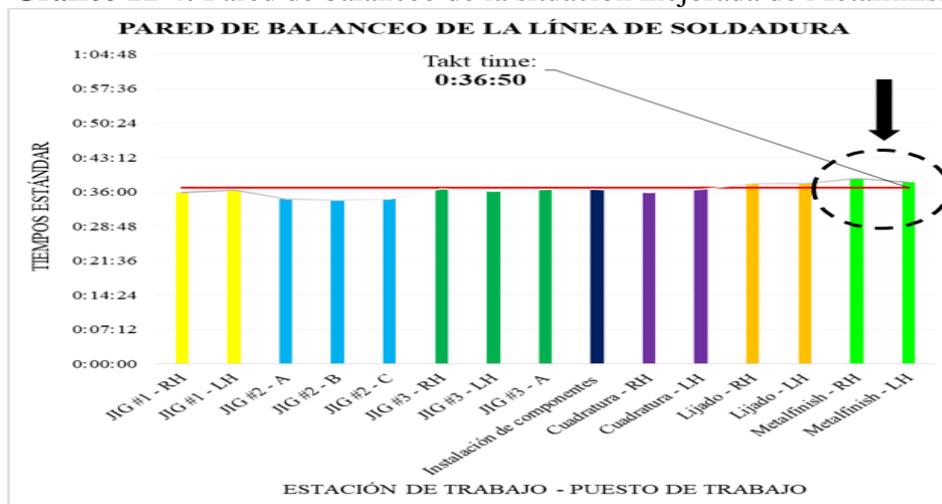
Gráfico 10-4: Pared de balanceo de la situación actual de Lijado



Fuente: Autor

Así mismo en el **Gráfico 11-4**, se puede notar que con la implementación de la estación de Lijado, los tiempos en Metalfinish redujeron notablemente llegándose a situar cerca al valor del takt time y que aproximadamente estos dos son los mismos, lo cual equivale a cargas de trabajo reducidas y equilibradas, además que el instante de finalización de las actividades de ambos operadores son casi iguales en cada una de las carrocerías.

Gráfico 11-4: Pared de balanceo de la situación mejorada de Metalfinish



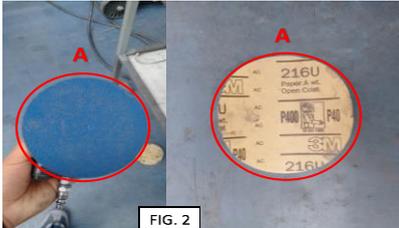
Fuente: Autor

4.3.3.4. Actuar

A – Actuar.- Con la satisfacción de haber obtenido resultados muy satisfactorios en la práctica, la necesidad de cumplir los requisitos para la aprobación de las auditorías de calidad y la ausencia de una ayuda a los operadores sobre el proceso a seguir se procedió a la elaboración, revisión, aprobación e implementación en la línea de las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo bajo el formato que fue elaborado y fue aprobado previamente.

En la **Figura 15-4**, se observa un instructivo de trabajo de la estación de Lijado con su respectivo formato y con todos sus campos llenos según sea la necesidad.

Figura 15-4: Instructivo de trabajo de Lijado

CIAUTO		INSTRUCCIONES DE TRABAJO		COP-02-SOL-IT-01		
Linea: Soldadura Zotye		Estación: Lijado - Colocación de la lija #150 en la lijadora neumática.		Modelo: Zotye T-600		
Características Especiales: <input checked="" type="checkbox"/> Chequeo de Calidad <input checked="" type="checkbox"/> Operación Crítica <input checked="" type="checkbox"/> Seguridad Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Medio Ambiente		Equipo de Protección: <input checked="" type="checkbox"/> Gafas <input checked="" type="checkbox"/> Casco <input checked="" type="checkbox"/> Zapatos de Seguridad <input checked="" type="checkbox"/> Protección Auditiva		Residuos Generados: <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Peligrosos <input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> Chatarra <input type="checkbox"/> Papel / Cartón		
Elaborado por: Alexander Páez		Revisión: 01		Revisado por: Coordinador de Soldadura		
Aprobado por: Jefe de planta		Fecha: 2017 - 11 - 20		Nº:		
Hoja de Proceso: S/N						
LISTA DE COMPONENTES			HERRAMIENTA Y EQUIPO			
Item	Código	Descripción	Cant.	Item	Herramienta	Especificaciones
				1	Lijadora neumática	D/A Sander
				2	Lija	#150
GRÁFICO/FOTOGRAFÍA		No.	Paso Principal (Elemento)	Simbolo	¿Cómo? (Puntos Clave)	¿Por qué? (Efectos)
 <p>FIG. 1</p>		1	Colocar la lija #150 en la lijadora neumática.		Manualmente colocamos la lija #150 (ver FIG. 1), haciendo coincidir su cara A con la cara A de la lijadora neumática, como indica la FIG. 2.	Garantizar la fijación total de la lija #150 en la lijadora neumática, para posteriormente lijar la carrocería.
 <p>FIG. 2</p>						

Fuente: Autor

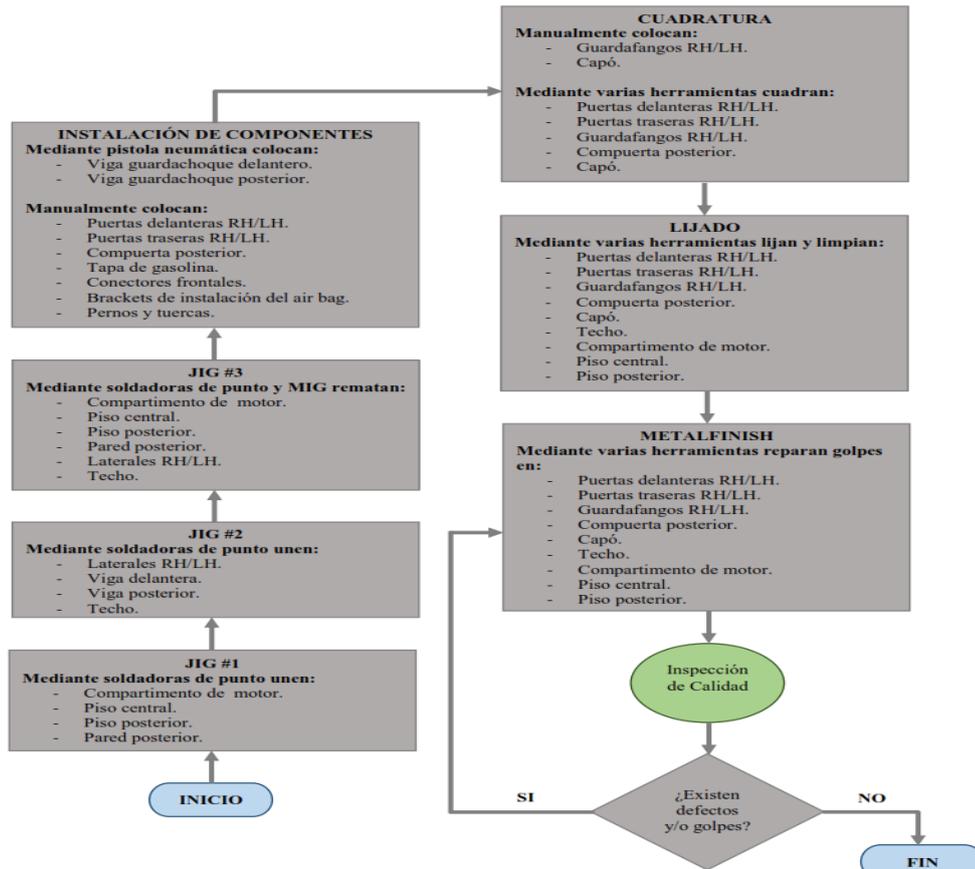
De la misma manera, en la **Figura 16-4**, se observa un instructivo de trabajo de la estación de Metalfinish con su respectivo formato y con todos sus campos llenos según sea la necesidad.

4.4. Situación mejorada de la línea de soldadura

4.4.1. Descripción del proceso de soldadura

El nuevo diagrama de flujo de la línea de soldadura de la **Figura 17-4**, nos indica cada una de las estaciones de trabajo (incluida la nueva estación de Lijado), sus respectivas actividades y los componentes que allí se ensamblan.

Figura 17-4: Diagrama de flujo de la línea de soldadura mejorada



Fuente: Autor

Luego de las mejoras implementadas la línea, ahora está conformada por quince operadores, distribuidos de la siguiente manera:

Bloque A:

- JIG #1: 2 operadores.
- JIG #2: 3 operadores.
- JIG #3: 3 operadores.

Bloque B:

- Instalación de componentes: 1 operador.
- Cuadratura: 2 operadores.
- Lijado: 2 operadores.
- Metalfinish: 2 operadores.

4.4.2. Descripción de las actividades realizadas en cada puesto de trabajo

4.4.2.1. JIG #1

Actividades del JIG #1 – RH

Con las mejoras implementadas esta vez el operador RH del JIG #1 realiza en total 20 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:23. La división detallada de las diversas actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 50-4**. Al igual que en la situación actual, este operador pasa la mayor parte del tiempo realizando actividades de Operación (soldadura de punto) y un tiempo mínimo realizando actividades de Transporte (componentes). Por tal razón se destaca la ausencia de actividades de Demora (ocio), Inspección y Almacenaje en el nuevo proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo AAA**).

Tabla 54-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #1 - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		16	0:28:27	
Transporte		4	0:02:56	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		20	0:31:23	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #1 – LH

El operador LH del JIG #1 con las mejoras implementadas, ahora realiza un total de 28 actividades en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:26. En la **Tabla 51-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las actividades con sus respectivos tiempos. Como en la situación actual, es evidente que este operador también pasa la mayor parte de su tiempo cumpliendo actividades de Operación (soldadura de punto), otra parte menor de tiempo lo utiliza en actividades de Transporte (componentes) e Inspección (puntos soldados) y una mínima parte de tiempo lo utiliza para actividades de Demora (grabado código VIN). Por ende en el nuevo proceso de producción de este operador no existen actividades de Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo BBB**).

Tabla 55-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #1 - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		22	0:25:06	
Transporte		4	0:02:14	
Demora		1	0:01:55	
Inspección		1	0:02:11	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		28	0:31:26	

Fuente: Autor4.4.2.2. *JIG #2***Actividades del JIG #2 – A**

Esta vez con las mejoras implementadas el operador A del JIG #2 realiza un total de 28 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:08. La **Tabla 52-4** nos muestra la división detallada de estas 28 actividades. Al igual que en la situación actual, se puede observar que las actividades de Operación (soldadura de punto) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador y un tiempo mucho menor se toma para realizar las actividades de Transporte (componentes) e Inspección (puntos soldados). Por tal razón este operador en su nuevo proceso de producción no posee actividades de Demora (ociosidad) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo CCC**).

Tabla 56-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #2 - A

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		24	0:24:07	
Transporte		3	0:04:11	
Demora		---	---	
Inspección		1	0:02:50	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		28	0:31:08	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #2 – B

Con las mejoras implementadas el operador B del JIG #2 realiza las mismas 29 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:28:17. La división detallada de las diversas actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 53-4**. Como en la situación actual, nótese claramente que este operador emplea la mayor parte de tiempo realizando actividades de Operación (soldadura de punto), seguido de las actividades de Transporte (componentes) y un tiempo mínimo en actividades de Inspección (puntos soldados). Por ende en el nuevo proceso de producción de este operador no existen de actividades de Demora (ocio) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo DDD**).

Tabla 57-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #2 - B

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		19	0:19:19	
Transporte		9	0:06:45	
Demora		---	---	
Inspección		1	0:02:13	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		29	0:28:17	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #2 – C

El operador C del JIG #2 con las mejoras implementadas, ahora realiza un total de 31 actividades en un mayor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:29:28. Se puede observar detalladamente en la **Tabla 54-4** cómo están divididas las 31 actividades con sus respectivos tiempos. Al igual que en la situación actual, es notorio que este operador en su mayoría de tiempo cumple con actividades de Operación (soldadura de punto) y una mínima parte de tiempo lo utiliza en actividades de Transporte (componentes). Por ende las actividades de Demora (ociosidad), Inspección y Almacenaje carece este operador en su nuevo proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo EEE**).

Tabla 58-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #2 - C

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		27	0:24:39	
Transporte		4	0:04:49	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		31	0:29:28	

Fuente: Autor

4.4.2.3. JIG #3

Actividades del JIG #3 – RH

A este puesto de trabajo no se aplicaron ningún tipo de mejoras, es así que el operador del lado RH del JIG #3 realiza las mismas 25 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:17. La **Tabla 55-4** nos muestra la división detallada de estas 25 actividades. Como en la situación actual, las actividades de Operación (soldadura de punto) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador, seguidas de las actividades de Transporte (herramientas) y un tiempo mínimo utilizado en actividades de Demora (soldadora de punto) e Inspección (puntos soldados). Por tal razón en el nuevo proceso de producción de este operador no existen actividades de Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo FFF**).

Tabla 59-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #3 - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		19	0:28:27	
Transporte		4	0:03:04	
Demora		1	0:00:29	
Inspección		1	0:00:17	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		25	0:32:17	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #3 – LH

A este puesto de trabajo tampoco se aplicaron ningún tipo de mejoras, es por eso que el operador del lado LH del JIG #3 realiza las mismas 23 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:29. La división detallada de las 23 actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 56-4**. Al igual que en la situación actual, nótese claramente que el mayor tiempo se toma en realizar actividades de Operación (soldadura de punto) y un tiempo menor para cumplir con las actividades de Transporte (herramientas) e Inspección (puntos soldados). Por ende las actividades de Demora (ocio) y Almacenaje no posee este operador en su nuevo proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo GGG**).

Tabla 60-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #3 - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		16	0:23:31	
Transporte		5	0:03:56	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:04:02	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		23	0:31:29	

Fuente: Autor

Actividades del JIG #3 – A

Así mismo a este puesto de trabajo no se aplicó ningún tipo de mejora, por lo que el operador A del JIG #3 realiza las mismas 24 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:42. En la **Tabla 57-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las 24 actividades con sus respectivos tiempos.

Como en la situación actual, es claro que la mayor parte de su tiempo el operador pasa cumpliendo actividades de Operación (soldadura MIG) y una mínima parte de tiempo lo utiliza en actividades de Inspección (cordones y puntos soldados). Por ende citar que en el nuevo proceso de producción de este operador no existen actividades de Transporte, Demora (ocio) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo HHH**).

Tabla 61-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado del JIG #3 - A

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		23	0:29:54	
Transporte		---	---	
Demora		---	---	
Inspección		1	0:02:48	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		24	0:32:42	

Fuente: Autor

4.4.2.4. *Instalación de componentes*

Actividades de Instalación de componentes

A esta estación de trabajo tampoco se aplicaron ningún tipo de mejoras, es así que el operador de Instalación de componentes realiza las mismas 33 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:33:19. Estas 33 actividades están divididas detalladamente en la **Tabla 58-4**. Al igual que la situación actual, nótese que las actividades de Operación (instalar componentes) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador, un tiempo considerable se toma para realizar las actividades de Transporte (componentes) y un mínimo tiempo se toma para actividades de Inspección (pernos y tuercas). Por tal razón citar además que este operador no posee actividades de Demora y Almacenaje en su nuevo proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo III**).

Tabla 62-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Instalación de componentes

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		21	0:23:32	
Transporte		10	0:09:22	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:00:25	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		33	0:33:19	

Fuente: Autor

4.4.2.5. Cuadratura

Actividades de Cuadratura – RH

A este puesto de trabajo no se aplicaron ningún tipo de mejoras, es por eso que el operador del lado RH de Cuadratura realiza las mismas 33 actividades, pero ahora en un mayor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:10. La división detallada de las 33 actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 59-4**. Como en la situación actual, se puede observar claramente que este operador utiliza la mayor parte de su tiempo para realizar actividades de Operación (cuadratura) y tiempo mínimo para cumplir actividades de Transporte (componentes) e Inspección (pernos y tuercas). Por ende notar la ausencia de actividades de Demora y Almacenaje en el nuevo proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo JJJ**).

Tabla 63-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Cuadratura - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		29	0:30:10	
Transporte		2	0:01:04	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:00:56	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		33	0:32:10	

Fuente: Autor

Actividades de Cuadratura – LH

Así mismo a este puesto de trabajo no se aplicó ningún tipo de mejora, es así que el operador del lado LH realiza las mismas 26 actividades, pero ahora en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:02. En la **Tabla 60-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las actividades con sus respectivos tiempos. Al igual que en la situación actual, es notorio que este operador también pasa la mayor parte de su tiempo cumpliendo actividades de Operación (cuadratura) y una mínima parte de tiempo cumple con actividades de Transporte (componentes) e Inspección (pernos y tuercas). Por ende mencionar que en el nuevo proceso de producción de este operador no existen actividades de Demora (ociosidad) y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo KKK**).

Tabla 64-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Cuadratura - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		23	0:31:00	
Transporte		1	0:00:55	
Demora		---	---	
Inspección		2	0:00:21	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		26	0:31:02	

Fuente: Autor

4.4.2.6. *Lijado*

Lijado es una nueva estación de trabajo que se encuentra en el bloque B, es la sexta y penúltima estación de trabajo de la línea de soldadura, esta conformada por dos operadores, los cuales trabajan uno en el lado RH y el otro en el lado LH. La principal característica de esta estación es que aquí mediante varias herramientas y equipos lijan, inspeccionan golpes, pulen zonas con óxido, aspiran residuos y limpian en el compartimento de motor, piso central, piso posterior, capó, compuerta posterior, techo, puertas delanteras RH/LH, puertas traseras RH/LH y guardafangos RH/LH.

Actividades de Lijado – RH

El operador RH de Lijado cumple las funciones de lijador, el mismo que realiza en total 14 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:57. La división detallada de las diversas actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 61-4**. Nótese claramente que este operador utiliza la totalidad de su tiempo para realizar actividades de Operación (lijar) y un tiempo mínimo realizando actividades de Transporte (componentes). Por tal razón las actividades de Transporte, Demora, Inspección y Almacenaje no existen en el proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo LLL**).

Tabla 65-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Lijado - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		14	0:32:57	
Transporte		---	---	
Demora		---	---	

Tabla 66-4 (continua)

Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		14	0:32:57	

Fuente: Autor

Actividades de Lijado – LH

Cumpliendo funciones de lijador, el operador LH de Lijado realiza un total de 17 actividades en un tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:31:24. En la **Tabla 62-4** se puede observar detalladamente cómo están divididas las actividades con sus respectivos tiempos. Es evidente que este operador también pasa la mayor parte de su tiempo cumpliendo actividades de Operación (lijar) y una mínima parte de tiempo lo utiliza para actividades de Transporte (carrocería). Por tal razón note que en el proceso de producción de este operador no existen actividades de Demora (ociosidad), Inspección y Almacenaje. Para mayor detalle de las actividades (**Véase Anexo MMM**).

Tabla 67-4: Tabla resumen del cursograma analítico mejorado de Lijado - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		16	0:31:16	
Transporte		1	0:0:08	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		17	0:31:24	

Fuente: Autor

4.4.2.7. *Metalfinish*

Actividades de Metalfinish – RH

Una vez que se implementó la estación de Lijado, esta vez el operador RH de Metalfinish realiza un total de 7 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:41:46. Estas 7 actividades están divididas detalladamente en la **Tabla 63-4**. Como en la situación actual, obsérvese claramente que las actividades de Operación (enderezar) son las que mayor tiempo pasa realizando el operador y un tiempo mínimo se toma para realizar las actividades de Transporte (carrocería).

Por ende citar además que este operador no posee actividades de Demora, Inspección y Almacenaje en su nuevo proceso de producción. Para mayor detalle de las actividades (Véase Anexo NNN).

Tabla 68-4: Tabla resumen del Cursograma analítico mejorado de Metalfinish - RH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		5	0:41:21	
Transporte		2	0:00:25	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		7	0:41:46	

Fuente: Autor

Actividades de Metalfinish – LH

Así mismo una vez que se implementó la estación de Lijado, esta vez el operador del lado RH de Metalfinish realiza 6 actividades, pero ahora en un menor tiempo de ciclo promedio por unidad de 0:32:46. La división detallada de las 6 actividades con sus respectivos tiempos se muestra en la **Tabla 64-4**. Al igual que en la situación actual, nótese claramente que este operador todo su tiempo pasa realizando actividades de Operación (enderezar). Por tal razón las actividades de Transporte, Demora, Inspección y Almacenaje no existen en el nuevo proceso de producción de este operador. Para mayor detalle de las actividades (Véase Anexo OOO).

Tabla 69-4: Tabla resumen del Cursograma analítico mejorado de Metalfinish - LH

RESUMEN				
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO (hh:mm:ss)	OBSERVACIONES
Operación		6	0:32:46	
Transporte		---	---	
Demora		---	---	
Inspección		---	---	
Almacenaje		---	---	
TOTAL		6	0:32:46	

Fuente: Autor

4.4.3. Determinación de los tiempos normales de cada puesto de trabajo

Para la determinación de los tiempos normales de cada puesto de trabajo después de las mejoras implementadas, se siguió el mismo procedimiento que la situación actual y se utilizaron los mismos valores del sistema de valoración Westinghouse para todas las estaciones de trabajo, incluida la nueva de Lijado, así:

- Habilidad = 0,00
- Esfuerzo = 0,00
- Condiciones = 0,02
- Consistencia = 0,01

4.4.4. Tiempos normales de cada puesto de trabajo

4.4.4.1. Tiempos normales del JIG #1

Registro del tiempo normal del JIG #1 - RH

Implementado las mejoras y dado el tratamiento a los nuevos tiempos del operador RH del JIG #1, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador ahora produce una carrocería (20 actividades) en 0:32:02 (formato hora) o 32,03 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo PPP**).

Registro del tiempo normal del JIG #1 - LH

Implementado las mejoras y luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador LH del JIG #1, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo ahora produce una carrocería (28 actividades) en 0:32:29 (formato hora) o 32,48 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo QQQ**).

4.4.4.2. Tiempos normales del JIG #2

Registro del tiempo normal del JIG #2 – A

Con las mejoras implementadas y cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador A del JIG #2, se obtuvo que 0:30:52 (formato hora) o 30,86 min (formato decimal) se tarda ahora este operador para producir una carrocería (28 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo RRR**).

Registro del tiempo normal del JIG #2 - B

Una vez implementado las mejoras y dado el tratamiento a los tiempos del operador B del JIG #2, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo ahora este operador produce una carrocería (29 actividades) en 0:30:32 (formato hora) o 30,54 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo SSS**).

Registro del tiempo normal del JIG #2 - C

Implementado las mejoras y luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador C del JIG #2, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo ahora produce una carrocería (31 actividades) en 0:30:50 (formato hora) o 30,83 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo TTT**).

4.4.4.3. Tiempos normales del JIG #3

Registro del tiempo normal del JIG #3 - RH

Sin haber implementado mejoras a este puesto de trabajo y cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador RH del JIG #3, se obtuvo que 0:32:45 (formato hora) o 32,75 min (formato decimal) se tarda ahora este operador para producir una carrocería (25 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo UUU**).

Registro del tiempo normal del JIG #3 - LH

Sin mejoras implementadas en este puesto de trabajo y una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador LH del JIG #3, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador ahora produce una carrocería (23 actividades) en 0:32:17 (formato hora) o 32,28 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo VVV**).

Registro del tiempo normal del JIG #3 - A

Sin implementar ninguna mejora en este puesto de trabajo y luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador A del JIG #3, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo ahora produce una carrocería (24 actividades) en 0:32:57 (formato hora) o 32,95 min (formato decimal).

Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo WWW**).

4.4.4.4. *Tiempo normal de Instalación de componentes*

Registro del tiempo normal de Instalación de componentes

Sin haber implementado mejoras a este puesto de trabajo y cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador de Instalación de componentes, se obtuvo que 0:32:58 (formato hora) o 32,97 min (formato decimal) se tarda ahora este operador para producir una carrocería (33 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo XXX**).

4.4.4.5. *Tiempos normales de Cuadratura*

Registro del tiempo normal de Cuadratura - RH

Sin mejoras implementadas en este puesto de trabajo y una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador RH de Cuadratura, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo ahora este operador produce una carrocería (33 actividades) en 0:32:19 (formato hora) o 32,32 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo YYY**).

Registro del tiempo normal de Cuadratura - LH

Sin implementar ninguna mejora en este puesto de trabajo y luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador LH de Cuadratura, resultó que ahora este operador a un ritmo normal de trabajo produce una carrocería (26 actividades) en 0:32:57 (formato hora) o 32,95 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo ZZZ**).

4.4.4.6. *Tiempos normales de Lijado*

Registro del tiempo normal de Lijado - RH

Una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador RH de Lijado, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo este operador produce una carrocería (14 actividades) en 0:34:01 (formato hora) o 34,01 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo AAAA**).

Registro del tiempo normal de Lijado - LH

Luego de dar cumplimiento al procedimiento para obtener el tiempo normal del operador LH de Lijado, resultó que este operador a un ritmo normal de trabajo produce una carrocería (17 actividades) en 0:34:00 (formato hora) o 34,00 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo BBBB**).

4.4.4.7. Tiempos normales de Metalfinish

Registro del tiempo normal de Metalfinish - RH

Una vez implementado las mejoras y cumplido cada uno de los pasos para la obtención del tiempo normal del operador RH de Metalfinish, se obtuvo que 0:34:56 (formato hora) o 34,93 min (formato decimal) se tarda ahora este operador para producir una carrocería (7 actividades) a ritmo normal de trabajo. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo CCCC**).

Registro del tiempo normal de Metalfinish - LH

Implementado las mejoras y una vez dado el tratamiento a los tiempos del operador LH de Metalfinish, se obtuvo que a ritmo normal de trabajo ahora este operador produce una carrocería (6 actividades) en 0:34:15 (formato hora) o 34,25 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos normales (**Véase Anexo DDDD**).

Determinación de los tiempos estándar de cada puesto de trabajo

Para la determinación de los tiempos estándar mejorados, nuevamente hemos tomado como referencia los valores de los suplementos de la situación actual de la línea. Donde a su vez añadimos los suplementos de la nueva estación implementada de Lijado.

4.4.5. Tiempos estándar de cada puesto de trabajo

4.4.5.1. Tiempos estándar del JIG #1

Registro del tiempo estándar del JIG #1 – RH

Con un 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 22-4** y con los nuevos tiempos normales de las 20 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador RH del JIG #1, obteniendo como resultado 0:35:53 (formato hora) o 35,88 min (formato decimal), tiempo en el cual ahora este operador produce una carrocería.

Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo EEEE**).

Registro del tiempo estándar del JIG #1 – LH

Teniendo los nuevos tiempos normales de las 28 actividades que realiza el operador LH del JIG #1 y con un total de 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 22-4**, se determinó el tiempo estándar que ahora se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:36:22 (formato hora) o 36,37 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo FFFF**).

4.4.5.2. *Tiempos estándar del JIG #2*

Registro del tiempo estándar del JIG #2 – A

Con los nuevos tiempos normales de las 28 actividades que ahora realiza el operador A del JIG #2 para producir una carrocería y el 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 23-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:34:34 (formato hora) o 34,56 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo GGGG**).

Registro del tiempo estándar del JIG #2 – B

Con un 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 23-4** y con los nuevos tiempos normales de las 29 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador B del JIG #2, obteniendo como resultado 0:34:12 (formato hora) o 34,20 min (formato decimal), tiempo en el cual ahora este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo HHHH**).

Registro del tiempo estándar del JIG #2 – C

Teniendo los nuevos tiempos normales de las 31 actividades que realiza el operador C del JIG #2 y con un total de 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 23-4**, se determinó el tiempo estándar que ahora se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:34:32 (formato hora) o 34,53 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo IIII**).

4.4.5.3. *Tiempos estándar del JIG #3*

Registro del tiempo estándar del JIG #3 – RH

Con los nuevos tiempos normales de las 25 actividades que ahora realiza el operador RH del JIG #3 para producir una carrocería y el 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 24-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:36:41 (formato hora) o 36,68 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo JJJJ**).

Registro del tiempo estándar del JIG #3 – LH

Con un 12% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 24-4** y con los nuevos tiempos normales de las 23 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador LH del JIG #3, obteniendo como resultado 0:36:09 (formato hora) o 36,15 min (formato decimal), tiempo en el cual ahora este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo KKKK**).

Registro del tiempo estándar del JIG #3 – A

Teniendo los nuevos tiempos normales de las 24 actividades que realiza el operador A del JIG #3 y con un total de 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 25-4**, se determinó el tiempo estándar que se toma ahora este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:36:34 (formato hora) o 36,57 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo LLLL**).

4.4.5.4. *Tiempos estándar de Instalación de componentes*

Registro del tiempo estándar de Instalación de componentes

Con los nuevos tiempos normales de las 33 actividades que ahora realiza el operador de Instalación de componentes para producir una carrocería y el 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 26-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:36:36 (formato hora) o 36,60 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo MMMM**).

4.4.5.5. *Tiempos estándar de Cuadratura*

Registro del tiempo estándar de Cuadratura - RH

Con un 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 27-4** y con los nuevos tiempos normales de las 33 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador RH de Cuadratura, obteniendo como resultado 0:35:24 (formato hora) o 35,40 min (formato decimal), tiempo en el cual ahora este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo NNNN**).

Registro del tiempo estándar de Cuadratura - LH

Teniendo los nuevos tiempos normales de las 26 actividades que realiza el operador LH de Cuadratura y con un total de 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 27-4**, se determinó el tiempo estándar que ahora se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:36:34 (formato hora) o 36,57 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo OOOO**).

4.4.5.6. *Tiempos estándar de Lijado*

La **Tabla 65-4**, muestra los valores porcentuales de los suplementos constantes y variables que se otorgó a los operadores RH y LH de Lijado, donde:

- En los suplementos constantes se colocaron 5% de necesidades personales y 4% por fatiga, debido a que son de carácter obligatorio añadirlos al momento de calcular los tiempos estandar, según la OIT.
- En cambio, en los suplementos variables se añadió el 2% debido a que los operadores de esta estación pasan toda la jornada laboral trabajando de pie.

Tabla 70-4: Suplementos de Lijado – RH y LH

SUPLEMENTOS	
Suplementos constantes	%
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Suplementos variables	%
Trabajo de pie	2
TOTAL	11

Fuente: Autor

Registro del tiempo estándar de Lijado – RH

Con un 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 65-4** y con los tiempos normales de las 14 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador RH de Lijado, obteniendo como resultado 0:37:45 (formato hora) o 37,75 min (formato decimal), tiempo en el cual este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo PPPP**).

Registro del tiempo estándar de Lijado - LH

Teniendo los tiempos normales de las 17 actividades que realiza el operador LH de Lijado y con un total de 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 65-4**, se determinó el tiempo estándar que se toma este operador para producir una unidad, valor que finalmente resultó 0:37:44 (formato hora) o 37,74 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo QQQQ**).

4.4.5.7. Tiempos estándar de Metalfinish

Registro del tiempo estándar de Metalfinish – RH

Con los nuevos tiempos normales de las 7 actividades que realiza ahora el operador RH de Metalfinish para producir una carrocería y el 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 28-4**, se calculó el tiempo estándar de este operador, obteniendo como resultado 0:38:46 (formato hora) o 38,77 min (formato decimal). Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo RRRR**).

Registro del tiempo estándar de Metalfinish - LH

Con un 11% de suplementos (constantes y variables) como indica la **Tabla 28-4** y con los nuevos tiempos normales de las 6 actividades, se calculó el tiempo estándar del operador LH de Metalfinish, obteniendo como resultado 0:38:01 (formato hora) o 38,01 min (formato decimal), tiempo en el cual ahora este operador produce una carrocería. Para observar detalladamente la tabla de los tiempos estándar (**Véase Anexo SSSS**).

4.4.6. Balance de la línea de soldadura

4.4.6.1. Determinación teórica del número de estaciones de trabajo

Para el cálculo teórico del nuevo número de estaciones de trabajo, de igual forma parte de la utilización de la **Ecuación (5)**, la misma parte de saber cuál es tiempo estándar total de la línea de soldadura para la producción del automóvil Zotye T-600, pero esta vez incluida la estación de Lijado, para lo cual nuevamente recopilamos, sumamos y promediamos los tiempos estándar total de cada uno de los puestos de trabajo, de la siguiente manera:

Tabla 71-4: Tiempo total estándar mejorado de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TSP (hh:mm:ss)
JIG #1	RH	0:35:53	0:36:07
	LH	0:36:22	
JIG #2	A	0:34:34	0:34:26
	B	0:34:12	
	C	0:34:32	
JIG #3	RH	0:36:41	0:36:28
	LH	0:36:09	
	A	0:36:34	
Instalación de componentes	Único	0:36:36	0:36:36
Cuadratura	RH	0:35:53	0:36:14
	LH	0:36:34	
Lijado	RH	0:37:45	0:37:45
	LH	0:37:44	
Metalfinish	RH	0:38:46	0:38:23
	LH	0:38:01	
TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR DE LA LÍNEA (hh:mm:ss)			4:15:59

Fuente: Autor

En la **Tabla 66-4**, se puede observar que el nuevo tiempo total estándar de la línea de soldadura es de 4:15:59 (hh:mm:ss), equivalente a 256 minutos, valor con el cual procedimos a calcular de la misma manera el número teórico de estaciones, así:

$$N_t = \frac{\text{Tiempo total estándar de la línea}}{\text{Takt time}}$$

$$N_t = \frac{256 \text{ min./unidad}}{36,83 \text{ min./unidad}}$$

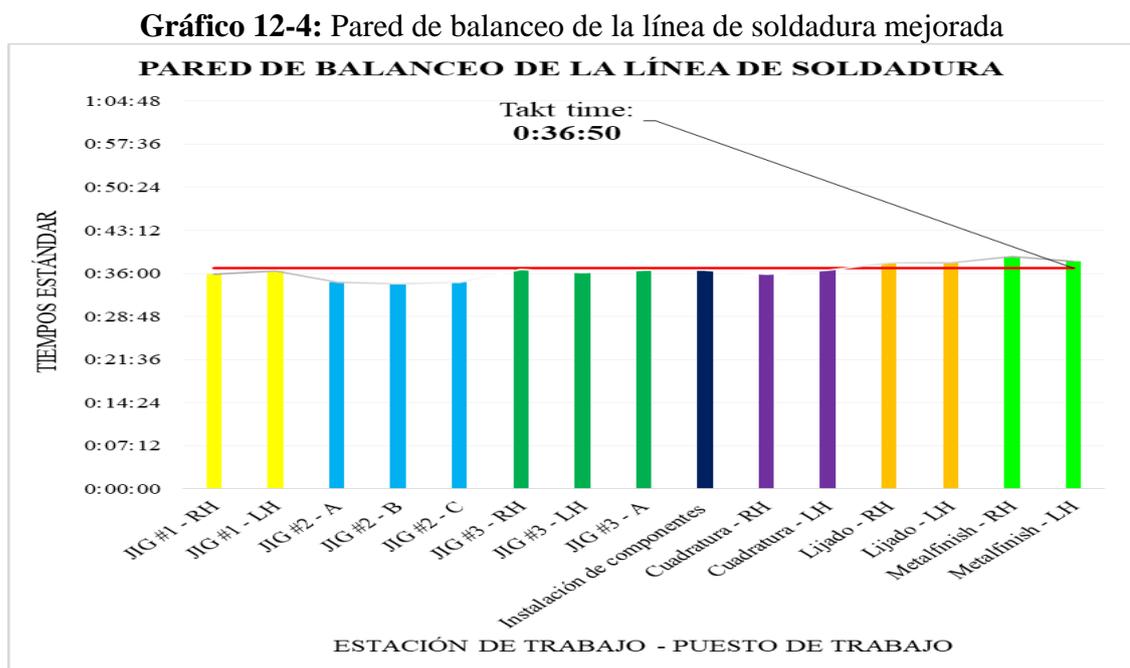
$$N_t = 6,95 \text{ estaciones}$$

$$N_t = 7 \text{ estaciones}$$

Con las 7 estaciones de trabajo como resultado teórico obtenido y después de las mejoras implementadas en la línea, se comprueba que la distribución de las estaciones para la producción del automóvil Zotye T-600 ahora si es la adecuada, debido a que actualmente está conformada por 7 estaciones y a mas eso los tiempos en cada estación son aproximadamente los mismos, logrando así un flujo normal de las carrocerías durante la jornada laboral.

4.4.6.2. Pared de balanceo de la línea de soldadura

Una vez que se implementó las mejoras en la línea y nuevamente se tomaron tiempos, procedimos a elaborar una nueva pared de balanceo para determinar con certeza si lo implementado dio los resultados deseados, en otras palabras, ratificar que los tiempos de cada estación de trabajo sean iguales o aproximados y que los tiempos muertos e improductivos no existan o sean mínimos, siempre tomando como referencia los 0:36:50 (hh:mm:ss) de takt time.



Fuente: Autor

De manera satisfactoria se puede observar en el diagrama de barras (pared de balanceo) del **Gráfico 12-4**, que los tiempos en cada una de las estaciones de trabajo son aproximadamente iguales y muy cercanos al valor del takt time, lo cual equivale a, cargas de trabajo equilibras, mínima cantidad de tiempos muertos, número de operadores correctos, herramientas y equipos óptimos para la producción del automóvil Zotye T-600.

4.4.7. Distancias recorridas en la línea de soldadura

De la misma manera como se determinó las distancias en la situación actual, se procedió a determinar las distancias de cada operador de la línea luego de las mejoras implementadas.

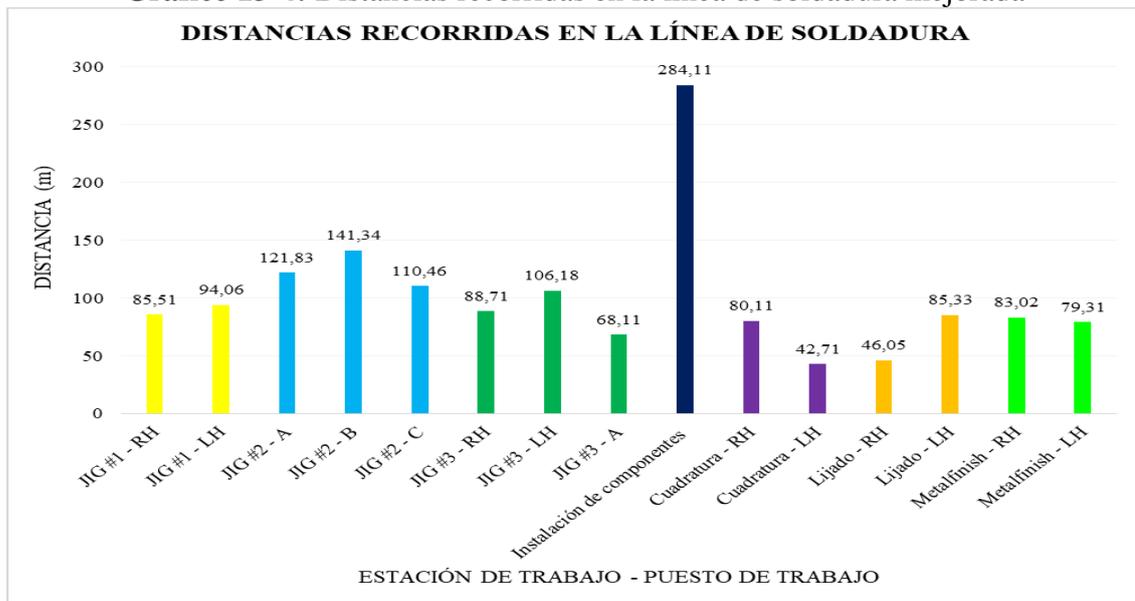
Así mismo en la **Tabla 67-4** y **Gráfico 13-4**, nos muestran las distancias que recorren cada uno de los operadores en sus respectivos puestos de trabajo.

Tabla 72-4: Distancias recorridas en la situación mejorada de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	DISTANCIA (m)
JIG #1	RH	85,51
	LH	94,06
JIG #2	A	121,83
	B	141,34
	C	110,46
JIG #3	RH	88,71
	LH	106,18
	A	68,11
Instalación de componentes	Único	284,11
Cuadratura	RH	80,11
	LH	42,71
Lijado	RH	46,05
	LH	85,33
Metalfinish	RH	83,02
	LH	79,31

Fuente: Autor

Gráfico 13-4: Distancias recorridas en la línea de soldadura mejorada



Fuente: Autor

4.4.8. *Tiempos muertos en la línea de soldadura*

De la misma manera que la situación actual, para la obtención de los tiempos muertos de cada uno de los trabajadores de la línea después de las mejoras implementadas, nuevamente comprobamos que cumpla la siguiente condición:

$$\text{Si: } TT > TS$$

Y posteriormente aplicamos la **Ecuación (6)** para calcular el tiempo muerto.

Es así que, en la **Tabla 68-4** de los tiempos muertos, la terminología utilizada es la siguiente:

TS = tiempo estándar (formato hora).

TT = takt time (formato hora).

Tm = tiempo muerto (formato hora).

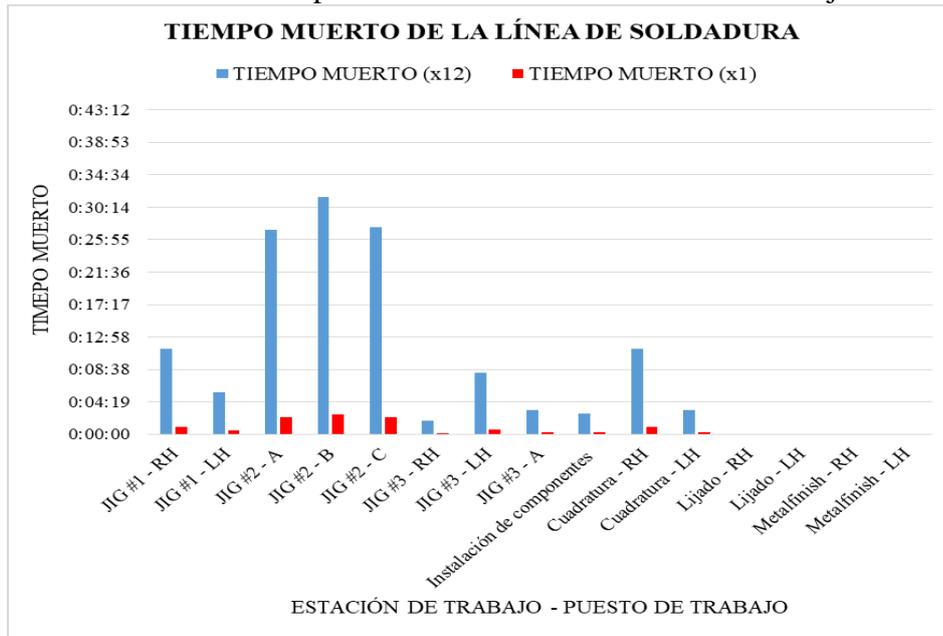
Tabla 73-4: Tiempos muertos de la situación mejorada de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TT (hh:mm:ss)	Tm (x1) (hh:mm:ss)	PRODUCCIÓN REQUERIDA	Tm (x12) (hh:mm:ss)
JIG #1	RH	0:35:53	0:36:50	0:00:57	12	0:11:24
	LH	0:36:22	0:36:50	0:00:28	12	0:05:36
JIG #2	A	0:34:34	0:36:50	0:02:16	12	0:27:12
	B	0:34:12	0:36:50	0:02:38	12	0:31:36
	C	0:34:32	0:36:50	0:02:18	12	0:27:36
JIG #3	RH	0:36:41	0:36:50	0:00:09	12	0:01:48
	LH	0:36:09	0:36:50	0:00:41	12	0:08:12
	A	0:36:34	0:36:50	0:00:16	12	0:03:12
Instalación de componentes	Único	0:36:36	0:36:50	0:00:14	12	0:02:48
Cuadratura	RH	0:35:53	0:36:50	0:00:57	12	0:11:24
	LH	0:36:34	0:36:50	0:00:16	12	0:03:12
Lijado	RH	0:37:45	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	LH	0:37:44	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
Metalfinish	RH	0:38:46	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	LH	0:38:01	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00

Fuente: Autor

De la misma manera, en el **Gráfico 14-4**, se puede observar claramente los tiempos muertos de cada uno de los operadores después de las mejoras implementadas.

Gráfico 14-4: Tiempos muertos en la línea de soldadura mejorada



Fuente: Autor

4.4.9. Tiempos extras de la línea de soldadura

De la misma forma que la situación actual, los tiempos extras para cada uno de los trabajadores de la línea después de las mejoras implementadas, se calculan si nuevamente cumple la siguiente condición:

$$\text{Si: } TS > TT$$

Y una vez cumplida la condición, aplicamos la **Ecuación (7)** para calcular los tiempos extras de cada operador.

La terminología utilizada en la **Tabla 69-4** de tiempos extras es la siguiente:

TS = tiempo estándar (formato hora).

TT = takt time (formato hora).

TE = tiempo extra (formato hora).

Tabla 74-4: Tiempos extras de la situación mejorada de la línea de soldadura

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TT (hh:mm:ss)	TE (hh:mm:ss)	PRODUCCIÓN REQUERIDA	TE (x12) (hh:mm:ss)
JIG #1	RH	0:35:53	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	LH	0:36:22	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
JIG #2	A	0:34:34	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	B	0:34:12	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	C	0:34:32	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00

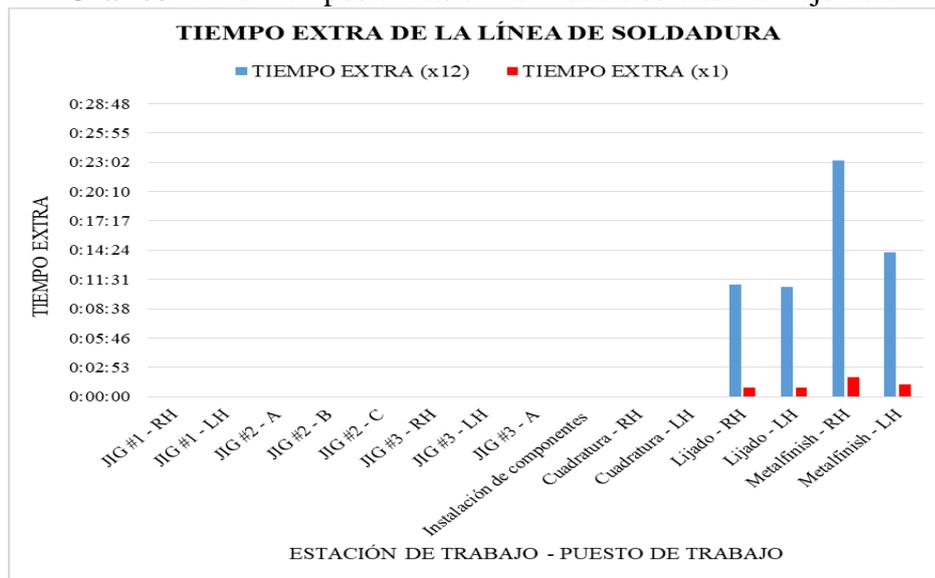
Tabla 75-4 (continua)

JIG #3	RH	0:36:41	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	LH	0:36:09	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	A	0:36:34	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
Instalación de componentes	Único	0:36:36	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
Cuadratura	RH	0:35:53	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
	LH	0:36:34	0:36:50	0:00:00	12	0:00:00
Lijado	RH	0:37:45	0:36:50	0:00:55	12	0:11:00
	LH	0:37:44	0:36:50	0:00:54	12	0:10:48
Metalfinish	RH	0:38:46	0:36:50	0:01:56	12	0:23:12
	LH	0:38:01	0:36:50	0:01:11	12	0:14:12

Fuente: Autor

En el **Gráfico 15-4**, se puede observar claramente los tiempos extras que cada operador necesita para cumplir con el requerimiento diario después de las mejoras implementadas.

Gráfico 15-4: Tiempos extras en la línea de soldadura mejorada



Fuente: Autor

4.5. Hojas de trabajo estandarizado de la línea de soldadura

Para el analizar la secuencia de las actividades, tiempos que conlleva realizar cada una de ellas, recorridos que se realizan y aspectos relacionados con la calidad, inspección, seguridad y medio ambiente, hemos elaborado hojas de trabajo estandarizado para cada uno de los operadores de la línea, como nos muestra la **Figura 18-4**.

Es así que el formato que hemos elaborado consta de los siguientes campos:

- Logotipo de la empresa.
- Nombre, número y código del documento.
- Nombre de quien lo elaboró, revisó y aprobó.
- Número y fecha de revisión.
- Línea, estación y puesto de trabajo.
- Marca y modelo del vehículo.
- Actividades cíclicas y no cíclicas.
- Tiempo estándar (formato decimal).
- Distancia recorrido (metros).
- Tiempo total estándar (formato decimal y formato hora).
- Takt time.
- Diagrama de pared de balanceo.
- Diagrama de trabajo.
- Cambios en el documento.
- Fecha de cambios en el documento.

Además en el formato elaborado, constan íconos que hacen referencia a la calidad, seguridad, medio ambiente, equipos de protección personal y residuos generados, tal como muestra la **Tabla 70-4** a continuación:

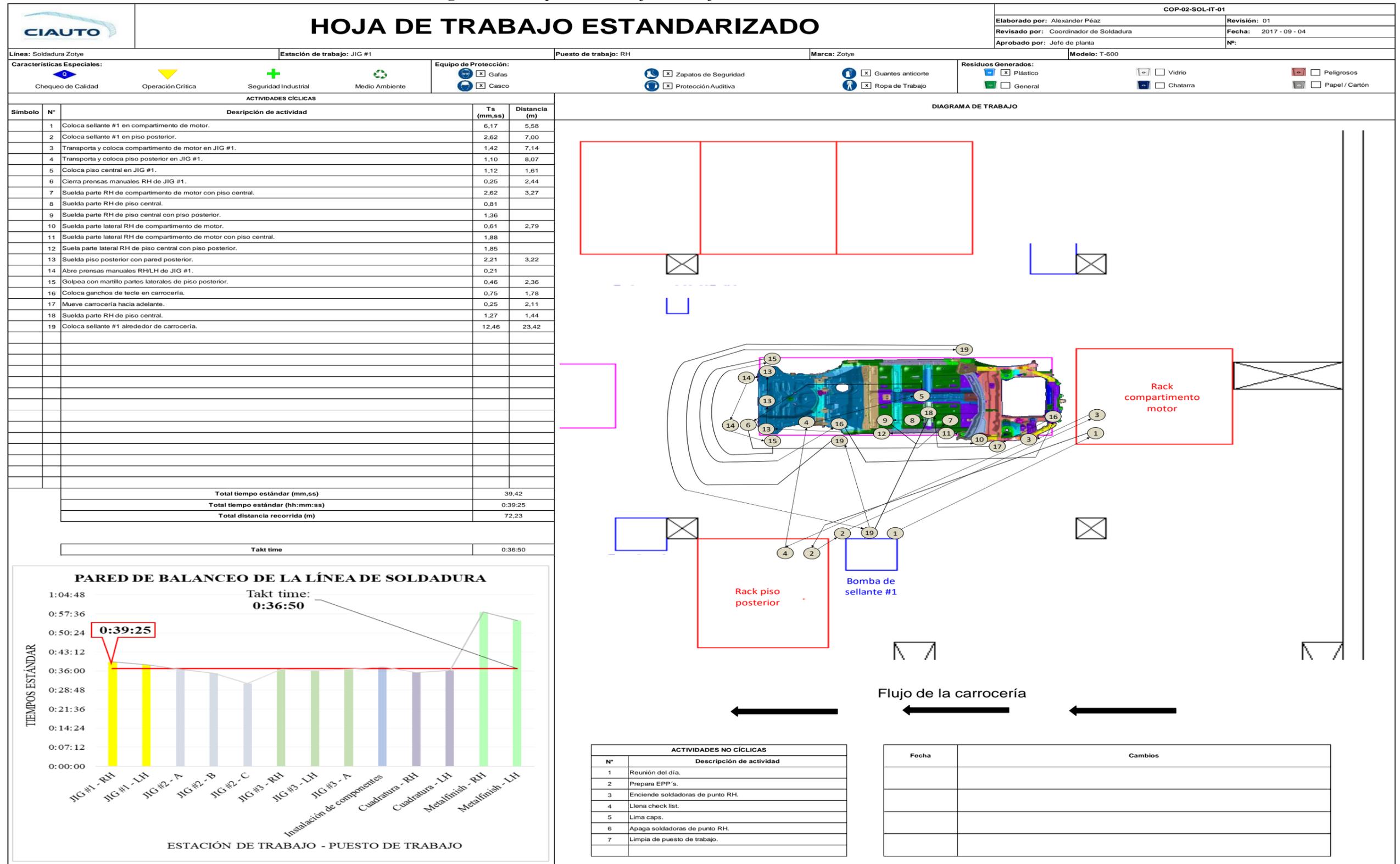
Tabla 76-4: Símbolos de la hoja de trabajo estandarizado

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES		EQUIPOS DE PROTECCIÓN		RESIDUOS GENERADOS	
	Chequeo de calidad		Gafas		Plástico
	Medio ambiente		Zapatos de seguridad		Vidrio
	Seguridad industrial		Protección auditiva		Chatarra
	Medio ambiente		Ropa de trabajo		Peligrosos
			Casco		General
			Guantes anticorte		Papel/cartón

Fuente: Autor

4.5.1. Esquema de la hoja de trabajo estandarizado de la linea de soldadura

Figura 18-4: Esquema de la hoja de trabajo estandarizado de la linea de soldadura



Fuente: Autor

4.6. Instructivos de trabajo de la línea de soldadura

Para mostrar de una manera más específica cada una de las actividades que cada operador debe realizar (qué, cómo, por qué), herramientas o equipos que se debe utilizar, componentes que se deben colocar y aspectos relacionados con la calidad, inspección, seguridad y medio ambiente, hemos elaborado los instructivos de trabajo, como nos muestra la **Figura 19-4**, siempre tomando como referencia las actividades colocadas previamente en las hojas de trabajo estandarizadas.

De la misma manera que las hojas de trabajo estandarizado, a los instructivos hemos elaborado un formato con los siguientes campos:

- Logotipo de la empresa.
- Nombre, número y código del documento.
- Nombre de quien lo elaboró, revisó y aprobó.
- Número y fecha de revisión.
- Línea, estación y puesto de trabajo.
- Componentes (ítem, código, descripción, cantidad).
- Herramientas o equipos (ítem, herramienta, especificación).
- Gráfico o fotografía.
- Paso principal (qué).
- Símbolo (características especiales).
- Puntos clave (cómo).
- Efectos (por qué).

Además en el formato elaborado, constan íconos que hacen referencia a la calidad, seguridad, medio ambiente, equipos de protección personal y residuos generados, tal como muestra la **Tabla 71-4** a continuación:

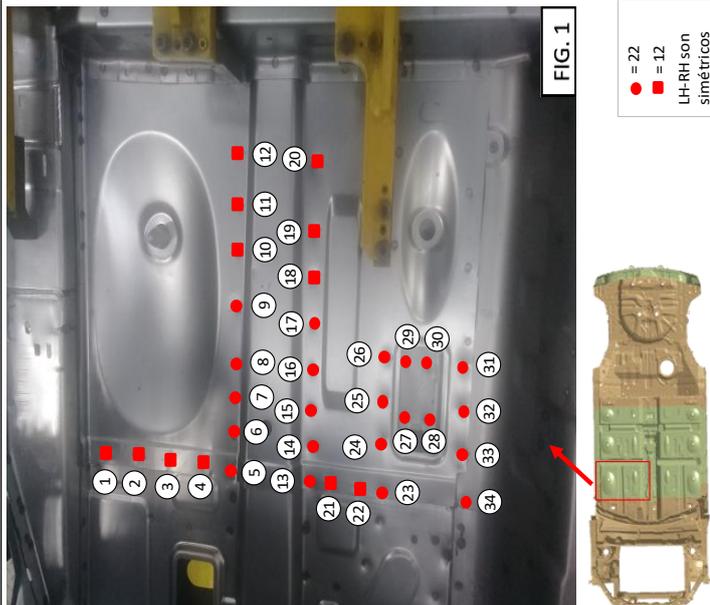
Tabla 77-4: Símbolos del instructivo de trabajo

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES		EQUIPOS DE PROTECCIÓN		RESIDUOS GENERADOS	
	Chequeo de calidad		Gafas		Plástico
	Medio ambiente		Zapatos de seguridad		Vidrio
	Seguridad industrial		Protección auditiva		Chatarra
	Medio ambiente		Ropa de trabajo		Peligrosos
			Casco		General
			Guantes anticorte		Papel/cartón

Fuente: Autor

4.6.1. Esquema del instructivo de trabajo de la línea de soldadura

Figura 19-4: Esquema del instructivo de trabajo de la línea de soldadura

INSTRUCCIONES DE TRABAJO		COP-02-SOL-IT-01													
<p>Elaborado por: Alexander Páez Revisión: 01 Revisado por: Coordinador de Soldadura Fecha: 2017 - 11 - 20 Aprobado por: Jefe de planta</p>		<p>Hoja de Proceso: S56-8230-1101(CCEA)</p>													
<p>Línea: Soldadura Zoýe</p> <p>Estación: JIG #1 - Suelta de la parte RH del compartimento del motor con el piso central.</p>		<p>Modelo: Zoýe T-600</p>													
<p>Características Especiales:</p> <p>Chequeo de Calidad  Seguridad Industrial</p> <p>Operación Crítica  Medio Ambiente</p>		<p>Residuos Generados:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Gantes anticorte <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Vidrio <input type="checkbox"/> Peligrosos</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ropa de Trabajo <input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> Chatarra <input type="checkbox"/> Papel / Cartón</p>													
<p>Equipo de Protección:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Gafas <input type="checkbox"/> Zapatos de Seguridad <input type="checkbox"/> Protección Auditiva</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Casco <input type="checkbox"/></p>		<p>HERRAMIENTA Y EQUIPO</p> <p>Herramienta</p> <p>JIG #1</p> <p>Pistola de punto #2 RH</p> <p>Especificaciones</p> <p>UB10</p> <p>X25-8540</p>													
<p>LISTA DE COMPONENTES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Código</th> <th>Descripción</th> <th>Cant.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8400010001-B11</td> <td>Compartimento del motor</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5100010001-B11</td> <td>Piso central</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		Item	Código	Descripción	Cant.	1	8400010001-B11	Compartimento del motor	1	2	5100010001-B11	Piso central	1	<p>No.</p> <p>Paso Principal (Elemento)</p> <p>Símbolo</p> <p>¿Cómo? (Puntos Clave)</p> <p>¿Por qué? (Efectos)</p>	
Item	Código	Descripción	Cant.												
1	8400010001-B11	Compartimento del motor	1												
2	5100010001-B11	Piso central	1												
<p>GRÁFICO/FOTOGRAFÍA</p>  <p>FIG. 1</p> <p>● = 22 ■ = 12 LH-RH son simétricos</p>		<p>1</p> <p>Soldar la parte RH del compartimento del motor con el piso central.</p> <p>Mediante la pistola de punto #2 RH, soldamos los puntos de la parte RH del compartimento del motor con el piso central, siguiendo la secuencia, como indica la FIG. 1.</p> <p>Garantizar la unión de las partes soldadas, además de verificar y controlar la existencia de los puntos que obligatoriamente deben ser soldados.</p>													

Fuente: Autor

4.7. Capacidad de la línea de soldadura

Para el cálculo de la capacidad de la línea de soldadura, aplicamos la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\text{Producción requerida}}{\text{Tiempo disponible de trabajo}} \quad (8)$$

Donde, la **Ecuación (8)** nos pide saber la producción requerida diaria y el tiempo disponible de trabajo, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} C &= \frac{\text{Producción requerida}}{\text{Tiempo disponible de trabajo}} \\ C &= \frac{12 \text{ unidades}}{442 \text{ min.}} \\ C &= 0,027 \text{ unidad/min.} \\ C &= 1,62 \text{ unidad/hora} \\ C &= 11,93 \text{ unidades/jornada laboral} \\ C &= 59,67 \text{ unidades/semana} \end{aligned}$$

Con los resultados obtenidos, nos dice que cada una de las estaciones de trabajo de la línea de soldadura producen una carrocería y el 62% de avance de la siguiente en el trancuso de una hora, producen 11 carrocerías y el 93% de la duodécima en una jornada laboral normal (8 horas), producen 59 carrocerías y el 67% de la sexagesima y ultima carroceria del lote.

4.8. Productividad en la línea de soldadura

Para el cálculo de la productividad de la línea de soldadura, primero calculamos las Horas hombre trabajadas, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Horas hombre trabajadas} = \text{Tiempo disponible de trabajo} + \text{Tiempo extra} \quad (9)$$

Con el valor obtenido de la **Ecuación (9)**, procedemos a calcular la productividad con la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre trabajadas}} \quad (10)$$

Para calcular la productividad con la **Ecuación (10)**, hemos tomado como referencia los valores de los operadores de la estación Metalfinish, debido a que estos fueron los que sufrieron los cambios más pronunciados después de haber implementado las mejoras.

En la **Tabla 72-4** indica valores de la situación actual de la línea y en la **Tabla 73-4** indica valores de la situación mejorada de la línea.

4.8.1. Productividad de la situación actual de la estación de Metalfinish

Tabla 78-4: Tiempos extras de la situación actual de la estación de Metalfinish

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TT (hh:mm:ss)	TE (hh:mm:ss)	PRODUCCIÓN REQUERIDA	TE (x12) (hh:mm:ss)
Metalfinish	RH	0:58:20	0:36:50	0:21:30	12	4:18:00
	LH	0:54:59	0:36:50	0:18:09	12	3:37:48

Fuente: Autor

4.8.1.1. Productividad de Metalfinish – RH

Tiempo extra (x12) = 4:18:00 = 258 min.

Horas hombre trabajadas = Tiempo disponible de trabajo + Tiempo extra (x12)

Horas hombre trabajadas = 442 min. +258 min.

Horas hombre trabajadas = 700 min.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{12 \text{ unidades}}{700 \text{ min.}}$$

$$\text{Productividad} = 0,017 \text{ unidad/min.}$$

$$\text{Productividad} = 1,02 \text{ unidades/hora}$$

En la estación de Metalfinish en su situación actual, como productividad resultó que el operador RH produce una carrocería completa y el 2% de avance de la siguiente en el lapso de una hora.

4.8.1.2. Productividad de Metalfinish – LH

Tiempo extra (x12) = 3:37:48 = 217 min.

Horas hombre trabajadas = Tiempo disponible de trabajo + Tiempo extra (x12)

Horas hombre trabajadas = 442 min. + 217 min.

Horas hombre trabajadas = 659 min.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{12 \text{ unidades}}{659 \text{ min.}}$$

$$\text{Productividad} = 0,018 \text{ unidad/min.}$$

$$\text{Productividad} = 1,08 \text{ unidades/hora}$$

De la misma manera, en la estación de Metalfinish en su situación actual, productividad del operador LH dice que produce una carrocería completa y el 8% de avance de la siguiente en una hora.

4.8.2. Productividad de Metalfinish después de las mejoras implementadas

Tabla 79-4: Tiempos extras de la situación mejorada de la estación de Metalfinish

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TS (hh:mm:ss)	TT (hh:mm:ss)	TE (hh:mm:ss)	PRODUCCIÓN REQUERIDA	TE (x12) (hh:mm:ss)
Metalfinish	RH	0:38:46	0:36:50	0:01:56	12	0:23:12
	LH	0:38:01	0:36:50	0:01:11	12	0:14:12

Fuente: Autor

4.8.2.1. Productividad de Metalfinish – RH

Tiempo extra (x12) = 0:23:12 = 23 min.

Horas hombre trabajadas = Tiempo disponible de trabajo + Tiempo extra (x12)

Horas hombre trabajadas = 442 min. + 23 min.

Horas hombre trabajadas = 465 min.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{12 \text{ unidades}}{465 \text{ min.}}$$

$$\text{Productividad} = 0,025 \text{ unidad/min.}$$

$$\text{Productividad} = 1,50 \text{ unidades/hora}$$

Una vez que se implementó la estación de Lijado, los cambios fueron notorios en Metalfinish a tal punto que la productividad del operador RH mejoró, debido que ahora produce una carrocería completa y el 50% de avance de la siguiente en el lapso de una hora.

4.8.2.2. *Productividad de Metalfinish – LH*

$$\text{Tiempo extra (x12)} = 0:14:12 = 14 \text{ min.}$$

$$\text{Horas hombre trabajadas} = \text{Tiempo disponible de trabajo} + \text{Tiempo extra (x12)}$$

$$\text{Horas hombre trabajadas} = 442 \text{ min.} + 14 \text{ min.}$$

$$\text{Horas hombre trabajadas} = 456 \text{ min.}$$

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{12 \text{ unidades}}{456 \text{ min.}}$$

$$\text{Productividad} = 0,026 \text{ unidad/min.}$$

$$\text{Productividad} = 1,56 \text{ unidades/hora}$$

De la misma manera, después de la implementación de la estación de Lijado, la productividad del operador LH de Metalfinish aumentó, es así que ahora produce una carrocería completa y el 56% de avance de la siguiente en una hora.

4.9. Índice de productividad de la línea de soldadura

De igual manera, para el cálculo del índice de productividad de la línea de soldadura, aplicamos la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{\text{Productividad mejorada} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad actual}} \times 100\% \quad (11)$$

Para calcular el índice de productividad con la **Ecuación 11**, hemos tomado como referencia los valores de la productividad mejorada y la productividad actual de los operadores RH y LH de la estación Metalfinish, como indica la **Tabla 74-4**.

4.9.1. Índice de productividad de Metalfinish

Tabla 80-4: Productividades de la estación de Metalfinish

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	PRUCTIVIDAD ACTUAL	PRODUCTIVIDAD MEJORADA
Metalfinish	RH	0,017 unidad/min.	0,025 unidad/min.
	LH	0,018 unidad/min.	0,026 unidad/min.

Fuente: Autor

4.9.1.1. Índice de productividad de Metalfinish – RH

$$IP = \frac{\text{Productividad mejorada} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad actual}} \times 100\%$$
$$IP = \frac{0,025 \text{ unidad/min.} - 0,017 \text{ unidad/min.}}{0,017 \text{ unidad/min.}} \times 100\%$$
$$IP = 47\%$$

Para cuantificar la mejora producida en la estación de Metalfinish después de la implementación de Lijado, se calculó el índice de productividad para el operador RH, arrojándonos un 47%, es decir, este porcentaje se mejoró respecto al tiempo extra necesarias para cumplir con lo requerido por producción.

Es claramente visible la mejora, debido que antes el operador RH necesitaba 4:18:00 (hh:mm:ss) de tiempo extra para completar las 12 unidades que la planificación pedía producir a diario y ahora únicamente necesita 0:23:12 (hh:mm:ss) de tiempo extra para producir las mismas 12 unidades.

4.9.1.2. Índice de productividad de Metalfinish – LH

$$IP = \frac{\text{Productividad mejorada} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad actual}} \times 100\%$$
$$IP = \frac{0,026 \text{ unidad/min.} - 0,018 \text{ unidad/min.}}{0,018 \text{ unidad/min.}} \times 100\%$$
$$IP = 44\%$$

De la misma manera para cuantificar la mejora del operador LH, nuevamente se calculó el índice de productividad, arrojándonos esta vez un 44%, en otras palabras, este porcentaje se mejoró respecto al tiempo extra requerido para cumplir con la planificación.

Es clara la mejora, ya que antes el operador LH necesitaba 3:37:48 (hh:mm:ss) de tiempo extra para completar las 12 unidades que la planificación pedía producir a diario y ahora únicamente necesita 0:14:12 (hh:mm:ss) de tiempo extra para producir las mismas 12 unidades.

4.10. Beneficios obtenidos en la línea de soldadura

Para el cálculo del beneficio que la empresa obtuvo después de haber implementado las mejoras de la línea de soldadura, primero calculamos el Costo extra tanto para la situación actual como para la situación mejorada, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Costo extra} = \text{Tiempo extra diario} \times \text{Costo hora extra} \quad (12)$$

Seguidamente, con el valor obtenido de la **Ecuación (12)**, procedemos a calcular el beneficio adquirido por cada operador, con la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficio} = \text{Costo extra actual} - \text{Costo extra mejorado} \quad (13)$$

Y finalmente con los beneficios de todos los operadores, procedemos a calcular el beneficio total para la empresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficio total} = \text{Beneficio}_1 + \text{Beneficio}_2 + \dots + \text{Beneficio}_n \quad (14)$$

Para calcular los beneficios para la empresa con la **Ecuación (14)**, hemos tomado como referencia el número de horas extras y su respectivo valor monetario de la estación Metalfinish, como indica la **Tabla 75-4**.

Se tomó de referencia esta estación debido a sus operadores fueron los que más horas extras necesitaron para poder cumplir con los requerimientos diarios de producción.

Tabla 81-4: Tiempos extras y costo de la hora extra de Metalfinish

ESTACIÓN DE TRABAJO	PUESTO DE TRABAJO	TIEMPO EXTRA ACTUAL DIARIO (hh:mm:ss)	TIEMPO EXTRA MEJORADO DIARIO (hh:mm:ss)	COSTO HORA EXTRA
Metalfinish	RH	4:18:00	0:23:12	\$2,56
	LH	3:37:48	0:14:12	\$2,56

Fuente: Autor

4.10.1. Beneficio de Metalfinish - RH

4.10.1.1. Costo extra actual de Metalfinish – RH

Tiempo extra actual diario = 4: 18: 00 \cong 4 horas

Costo extra actual = Tiempo extra actual diario \times Costo hora extra

$$\text{Costo extra actual} = 4 \text{ horas} \times \$2,56$$

$$\text{Costo extra actual} = 10,24 \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Costo extra actual} = 51,20 \text{ \$/semanal/operador}$$

4.10.1.2. Costo extra mejorado de Metalfinish – RH

Tiempo extra mejorado diario = 0: 23: 12 \cong 0 horas

Costo extra mejorado = Tiempo extra mejorado diario \times Costo hora extra

$$\text{Costo extra mejorado} = 0 \text{ horas} \times \$2,56$$

$$\text{Costo extra mejorado} = 0 \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Costo extra mejorado} = 0 \text{ \$/semanal/operador}$$

4.10.1.3. Valor del beneficio de Metalfinish – RH

$\text{Beneficio}_{\text{RH}} = \text{Costo extra actual} - \text{Costo extra mejorado}$

$$\text{Beneficio}_{\text{RH}} = (10,24 - 0) \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Beneficio}_{\text{RH}} = 10,24 \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Beneficio}_{\text{RH}} = 51,20 \text{ \$/semanal/operador}$$

Con la implementación de la estación de Lijado, las cargas de trabajo en la estación de Metalfinish se redujeron, es por tal razón que el uso de horas extras del trabajador RH para cumplir con el requerimiento diario de producción minimizó, provocando un ahorro semanal o por lote de \$51,20 a la empresa.

4.10.2. Beneficio de Metalfinish - RH

4.10.2.1. Costo extra actual de Metalfinish – LH

Tiempo extra actual diario = 3: 37: 48 \cong 4 horas

Costo extra actual = Tiempo extra actual diario \times Costo hora extra

$$\text{Costo extra actual} = 4 \text{ horas} \times \$2,56$$

$$\text{Costo extra actual} = 10,24 \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Costo extra actual} = 51,20 \text{ \$/semanal/operador}$$

4.10.2.2. Costo extra mejorado de Metalfinish – LH

Tiempo extra mejorado diario = 0: 14: 12 \cong 0 horas

Costo extra mejorado = Tiempo extra mejorado diario \times Costo hora extra

$$\text{Costo extra mejorado} = 0 \text{ horas} \times \$2,56$$

$$\text{Costo extra mejorado} = 0 \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Costo extra mejorado} = 0 \text{ \$/semanal/operador}$$

4.10.2.3. Valor del beneficio de Metalfinish – LH

$\text{Beneficio}_{\text{LH}} = \text{Costo extra actual} - \text{Costo extra mejorado}$

$$\text{Beneficio}_{\text{LH}} = (10,24 - 0) \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Beneficio}_{\text{LH}} = 10,24 \text{ \$/diario/operador}$$

$$\text{Beneficio}_{\text{LH}} = 51,20 \text{ \$/semanal/operador}$$

De la misma manera, con la implementación de la estación de Lijado, el uso de horas extras del trabajador LH para cumplir con el requerimiento diario de producción también minimizaron, llegándose a ahorrar la empresa semanalmente o por cada lote \$51,20.

4.10.3. Valor del beneficio total de la estación de Metalfinish

$$\text{Beneficio total} = \text{Beneficio}_{\text{RH}} + \text{Beneficio}_{\text{LH}}$$

$$\text{Beneficio total} = (10,24 + 10,24) \text{ \$/diario/estación}$$

$$\text{Beneficio total} = 20,48 \text{ \$/diario/estación}$$

$$\text{Beneficio total} = 102,40 \text{ \$/semanal/estación}$$

El beneficio total que se obtuvo después de haber implementado la estación de Lijado, es la reducción del consumo de horas extras en la estación de Metalfinish, lo cual transformándolo a valores monetarios nos arroja que semanalmente o por cada lote de producción de Zotye T-600, CIAUTO Cía. Ltda. se ahorra \$102, 40.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó la situación actual de cada uno de los operadores de la línea, lográndose detectar que la pistola de la bomba de sellado #1 no estuvo en condiciones óptimas de funcionamiento, lo cual tomaba mucho tiempo utilizarla; a más de eso las cargas de trabajo de los operadores del JIG #1 y JIG #2 estuvieron desequilibradas y para finalizar en la estación de Metalfinish existía sobrecarga de trabajo en ambos operadores por la gran cantidad de golpes, rayones, residuos y óxido con que llegaban las carrocerías.
- Se diseñó el proceso ideal para las estaciones que presentaron anomalías, donde a la pistola de la bomba de sellado #1 se le aumentó el diámetro de la boquilla de 3 mm a 6 mm mediante un ligero corte; para las cargas desequilibradas del JIG #1 y JIG #2 se reasignaron actividades tomando en cuenta su grado de dificultad, tiempo de duración, experiencia del operador y que al reasignar actividades la secuencia no genere tiempos muertos; la decisión más importante fue la implementación de la estación de Lijado para reducir las cargas de trabajo en Metalfinish y mejorar la calidad de las carrocerías previo al control de calidad al final de la línea.
- Se ejecutó la prueba piloto en la línea con las mejoras implementadas, mediante la producción normal de las carrocerías según lo que indicaba la planificación, visualizando que las unidades fluyen de manera continua por cada una de las estaciones, especialmente por la de Metalfinish donde ahora cada una de las carrocerías son producidas en menos tiempo, logrando cumplir con la producción requerida en una jornada laboral de ocho horas.

- Se evaluó los resultados de la prueba piloto realizada con las mejoras implementadas, lográndose visualizar en la pared de balanceo que los tiempos de los operadores del JIG #1 redujeron llegándose a situar por debajo del valor del takt time, los tiempos de los operadores del JIG #2 se nivelaron por la reasignación de actividades, los tiempos de los operadores RH y LH de Lijado están en promedio a los tiempos de los demás operadores a pesar de ser una estación nuevo y los tiempos de Metalfinish redujeron en casi 20 minutos luego de implementar la estación de Lijado, acercándose al valor del takt time, obteniendo como beneficio el aumento de la productividad entre un 44% y 47%.
- Se definió el proceso que cada uno de los operadores deben seguir para la producción de cada una de las unidades de Zotye T-600, mediante la elaboración de las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo bajo los formatos previamente establecidos, los mismos que fueron revisados por el líder de la línea, coordinador de la línea y aprobados por el jefe de planta (director de manufactura); posteriormente se socializó a todos los operadores sobre estos documentos (usos y ventajas) y los cambios efectuados en cada una de las estaciones de trabajo en pos de la mejora continua de la línea, teniendo gran acogida al enterarse que día a día se va mejorando el proceso de producción en beneficio de todos los que forman parte de CIAUTO Cía. Ltda.
- Se implementó el proceso ideal definido para cada operador, mediante la colocación de las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo en las instalaciones de la línea de soldadura (cada puesto de trabajo), los mismos que están ayudando a los operadores sobre diversos aspectos del proceso de producción, además serán un gran apoyo en el aprendizaje del proceso para los operadores nuevos que en futuro se irán uniendo a la línea. Mencionar que estos documentos ya fueron evaluados y aprobados con gran éxito en las auditorías internas de calidad que mensualmente se realizan a la línea y que a su vez están listos para nuevamente ser evaluados y aprobados pero ahora en la auditoria externa de calidad que este año realizaran a CIAUTO Cía. Ltda.

5.2. Recomendaciones

- Colocar basureros para los diferentes residuos generados en cada una de las estaciones de trabajo, con sus respectivas identificaciones en base a los iconos colocados en las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo, para ayudar en el reciclaje a la empresa y dar un mejor aspecto con respecto al cuidado ambiental.
- Instalar anaqueles con una ventilación adecuada para la colocación de las máscaras faciales, respiradores y mandiles de trabajo de cada uno de los operadores, para mantener el criterio de las 5S en la línea y de esa manera evitar que los olores de estos componentes ya utilizados no queden concentrados en lugares cerrados.
- Incluir en el campo de equipos de protección de las hojas de trabajo estandarizado e instructivos de trabajo, los íconos de protección respiratoria (**Véase Anexos TTTT**) y protección facial (**Véase Anexos UUUU**), debido a que estos dos elementos son también los que más se utilizan en cada una de las estaciones de trabajo, especialmente en las que se suelda.
- Pedir a la empresa Zotye Auto que se envíen componentes en mejores condiciones (menos residuos, óxidos y grasas); además que se mejoren las características de los pallets que contienen el CKD, ya que al ser transportados se producen golpes considerables que afectan al proceso de producción.
- Implementar lo más rápido posible la prueba de cincel en el JIG #1, JIG #2 y JIG #3 para comprobar la calidad de los puntos que están siendo soldados en cada una de las carrocerías y así poder determinar si los parámetros con los que están trabajando las pistolas de punto y soldadora MIG son los adecuados o hay que modificarlos.
- Instalar una aspiradora en la estación de Lijado de idénticas características que la existente en la estación de Metalfinish, para de esa manera reducir transportes innecesarios y evitar posibles coincidencias de uso entre estas dos estaciones (Lijado y Metalfinish) que produzcan tiempos muertos.

- Insistir en la aplicación de la metodología 5S, para seguir manteniendo y mejorando el orden, limpieza e higiene de los respectivos puestos de trabajo, mostrando un buen aspecto de la línea, aportando de esta manera a la empresa a dar una mejor carta de presentación ante las demás empresas y sociedad en general.
- Buscar mediante un estudio técnico la forma de reubicar algunos racks y estanterías en la línea, especialmente en la estación de Instalación de componentes, debido a que en relación a las otras estaciones aquí es donde más desplazamientos se realizan por la cantidad de componentes que se deben colocar en la carrocería.
- Realizar un estudio ergonómico en los operadores que manipulan las soldadoras de punto, para poder determinar con mayor exactitud si las posturas con que se están soldando son las adecuadas y a más de eso comprobar que los elementos de sujeción de estas soldadoras están brindando la ayuda necesaria para evitar sobreesfuerzos que a la larga traen complicaciones musculo esqueléticas.
- Mantener el criterio de la mejora continua, ya que a pesar que se han implementado mejoras a lo largo de la línea no se ha logrado llegar a la perfección, sino que al contrario siempre se ha de encontrar nuevos aspectos a mejorar en los métodos, herramientas, equipos, mano de obra, materia prima y hasta medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ALOMÍA, V. *Elaboración de hojas de trabajo estandarizadas (sos) y hojas de elementos de trabajo (jes), aplicado en el área de preparación de materiales (steelastic y pestañas) en la empresa Continental Tire Andina S.A* [en línea] (tesis) (ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Industrial. Cuenca - Ecuador. 2011. págs. 39-61. [Consulta: 04 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1618>

BRAVO, J. *Gestión de Procesos* [en línea]. Segunda Edición. Santiago - Chile: Editorial Evolución S.A., 2008. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: <http://www.evolucion.cl/cursosdestacados/12/Libro%20GP%20Juan%20Bravo%20versi%F3n%20especial.pdf>

CULQUI, M. *Estandarización de los procesos de producción en la empresa “Calzado Marcia” de la ciudad de Ambato* [en línea] (tesis) (ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Escuela de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización. Ambato - Ecuador. 2014. pág. 25. [Consulta: 06 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/8553>

DÁVILA, J. *Manual autoformativo. Ingeniería de procesos* [en línea]. Primera Edición. Lima - Perú: Fondo Editorial de la Universidad Continental, 2013. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: https://issuu.com/ucvirtual/docs/a0245_ingenieria_de_procesos

GARCÍA, M. *Aplicación de herramientas LEAN y ejecución de una línea pulso en la industria aeronáutica* [en línea] (tesis) (ingeniería). Universidad de Sevilla, Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas I, Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Sevilla - España. 2016. pág. 23. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=stnhBAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

GARCÍA, R. *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo* [en línea]. Segunda Edición. Puebla - México: McGraw-Hill Interamericana, 2005. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgraw_hill.pdf

HEIZER, J. & RENDER, B. *Principios de Administración de Operaciones* [en línea]. Séptima Edición. Ciudad de México - México: Pearson Education, 2009. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: https://issuu.com/ivanss3/docs/principios_de_administraci__n_de_op

HERNÁNDEZ, J. & VIZÁN, A. *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación* [en línea]. Madrid - España: s.n., 2013. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

JANANIA, C. *Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de métodos* [en línea]. Ciudad de México - México: Limusa S.A., 2008. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/152873031/Manual-de-Tiempos-y-Movimientos-Camilo-Janania-Abraham>

KANAWATY, G. *Introducción al Estudio del Trabajo* [en línea]. Cuarta Edición. Ginebra - Suiza: s.n., 1996. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>

KRICK, E. *Ingeniería de Métodos* [en línea]. Décima primera Edición. Ciudad de México - México: Limusa S.A., 1994. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/216046972/3-Krick-Ing-Metodos>

MADARIAGA, F. *Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos* [en línea]. Madrid - España: Bubok Publishing S.L., 2013. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: <https://issuu.com/lean.manufacturing/docs/lean.manufacturing>

MANOBANDA, A. *Análisis de la capacidad instalada en la línea de ensamble del modelo M4 de la ensambladora CIAUTO Cía. Ltda.* [en línea] (tesis) (ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Escuela de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización. Ambato - Ecuador. 2017. págs. 11-153. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25697>

MOYANO, J. *Optimización de la producción en el área de soldadura de la empresa CIAUTO ambato mediante el balanceo de línea, utilizando estandarización de tiempos para el modelo M4* [en línea] (tesis) (maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Instituto de Posgrado y Educación Continua. Riobamba - Ecuador. 2016. págs. 23-28. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/4479>

NIEBEL, B. *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo* [en línea]. Duodécima Edición. Ciudad de México - México: McGraw-Hill Interamericana, 2009. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/240341451/Ingenieria-Industrial-Metodos-Estandares-y-Diseno-Del-Trabajo-Benjamin-W-Niebel-12-Edicion>

RAJADELL, M. & SÁNCHEZ, J. *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad* [en línea]. Madrid - España: Ediciones Díaz de Santos, 2010. [Consulta: 30 de Agosto del 2017]. Disponible en: https://www.academia.edu/15778406/Lean_Manufacturing_la_evidencia_de_una_necesidad

TOLEDANO DE DIEGO, A., MAÑES, N. & GARCÍA, S. "Las claves del éxito de Toyota". *LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas* [en línea]. Vizcaya - España. 2009. págs. 113-122. Vol. IX. ISSN: 1131-6837. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2743/274320565006.pdf>

TORRUBIANO, J. & MARTÍ, J. "Lean Process". *Mejorar los procesos para ser más competitivos* [en línea]. Madrid - España. 2013. pág. 83. Vol. II. [Consulta: 01 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <http://www.femeval.com/informesycomunic/documentacionjornadas/Documents/curso%20lean%20v3.pdf>