ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

RE-DISEÑO, OPTIMIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE DE MOTOCICLETAS PARA LA EMPRESA MOTOENSAB S. A.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

DIEGO PATRICIO MOLINA MOLINA

diego.molina1991@gmail.com

LEONIDAS ESTEBAN RAMÍREZ GANGOTENA

ramirez.g.l.esteban@gmail.com

DIRECTOR:

ING. JOSÉ GERMÁN GALARZA GRANDA MSc.

jose.galarza@epn.edu.ec

CO-DIRECTOR:

ING. WILLIAM RICARDO VENEGAS TORO MSc.

william.venegas@epn.edu.ec

Quito, Julio 2016

DECLARACIÓN

Nosotros, **DIEGO PATRICIO MOLINA MOLINA** y **LEONIDAS ESTEBAN RAMÍREZ GANGOTENA**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Diego Patricio Molina Molina	**Leonidas Esteban Ramírez Gangotena**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por DIEGO PATRICIO MOLINA MOLINA y LEONIDAS ESTEBAN RAMÍREZ GANGOTENA, bajo nuestra supervisión.

Ing. José Germán Galarza Granda MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. William Ricardo Venegas Toro MSc.

CO-DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mi camino en aquellos momentos donde todo parecía imposible.

A mis padres Arquivaldo Molina y Carlota Molina por sus consejos, el apoyo incondicional e infinito que me han dado a lo largo de toda mi vida.

A mi Director Ing. José Galarza y Codirector Ing. William Venegas, por el apoyo brindado durante el desarrollo de nuestro proyecto.

A mi hermana Jimena y a mi cuñado Iván, por mostrarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible en esta vida; y por acogerme en su hogar como a un hijo.

A mi hermana Jessica por su cariño y esfuerzo en los momentos más difíciles que hemos pasado junto a nuestros padres y hermanos.

A mi hermano Washington por esos dos hermosos hijos que llegaron a nuestras vidas, y que han traído felicidad para nuestros padres.

A mi compañero y amigo Esteban Ramírez por las experiencias compartidas durante el tiempo que hemos sido compañeros de aula y en el desarrollo de nuestro proyecto.

A la empresa MOTOENSAB S. A., por darnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto dentro de sus instalaciones.

Diego Molina Molina.

A Dios quien me permite estar este momento junto a las personas que más quiero en esta vida, ya que en algunas ocasiones pensé que ésto no iba a ser posible.

De lo profundo de mi corazón agradezco infinitamente a toda mi Familia, en especial a mis amados padres Leonidas y Clarita; ya que sin su apoyo incondicional no hubiese podido alcanzar esta meta propuesta.

A mi compañero y amigo Diego Molina, ya que en toda esta travesía que hemos cursado me ha brindado su apoyo absoluto, dándome consejos que han sido de gran importancia.

A los Ing. José Galarza y Ing. William Venegas, ya que han sido pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto.

A todo el personal de la empresa MOTOENSAB S.A., ya que nos han permitido la ejecución de nuestro proyecto.

Leonidas Esteban Ramírez Gangotena.

DEDICATORIA

A mis padres Arquivaldo Molina y Carlota Molina motivo de mi constante esfuerzo y perseverancia durante todo este tiempo, gracias por darme la oportunidad de caminar y por todas aquellas experiencias que hemos vivido juntos, luchando hombro a hombro para salir adelante, estoy eternamente agradeció con Dios por los padres tan ejemplares que me ha dado.

A mis hermanos Jimena, Washington, Jessica por creer en mí; y en especial para mi hermanita “Verónica Noemi Molina Molina” que esta junto a Dios y junto a mis abuelitos “Rosario y Segundo”, siempre estarás en mi mente y corazón.

A todos mis amig@s por esos alegres momentos vividos en la poli, y fuera de ella.

Diego Molina Molina.

A mis padres Clarita y Leonidas, por forjarme como una persona de bien, dándome todo su apoyo y sabios consejos para salir adelante.

A mis hermanos Andrés y Pablo, y a mis cuñadas Ximena y Janethe; por ser un ejemplo a seguir, proporcionándome su ayuda absoluta cuando más lo he necesitado.

A mis sobrinos Daniela, Mateo y Camila, quienes han sido una motivación para poder terminar mis estudios.

A todos mis amigos, en especial a los Fichurria ya que somos un grupo unido que siempre estamos en las buenas y malas, pasando experiencias que nunca vamos a olvidar.

Para tí personita especial que llegaste a formar parte de mis pensamientos y mi corazón.

A mi gran amigo Fernando Chuquirima, quien me ha demostrado durante todo el tiempo de conocernos el gran aprecio que me tiene, apoyándome y dándome ánimos para salir siempre adelante.

"PER ASPERA AD ASTRA"

Leonidas Esteban Ramírez Gangotena.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN……II
CERTIFICACIÓN……III
AGRADECIMIENTOS……IV
DEDICATORIA……VI
RESUMEN……XXXIV
PRESENTACIÓN……XXXV

CAPÍTULO I 1
1. GENERALIDADES 1
1.1 INTRODUCCIÓN. 1
1.1.1 PARTES DE UNA MOTOCICLETA. 3
1.1.2 TIPOS DE MOTOCICLETAS. 5
1.1.2.1 Ciclomotores. 5
1.1.2.2 Minimoto 5
1.1.2.3 Moto para carretera y ciudad. 5
1.1.2.4 Moto para campo travieso y carretera. 6
1.1.2.5 Moto para trocha (trail). 6
1.1.2.6 Moto para campo traviesa. 6
1.1.3 CLASIFICACIÓN DEL MOTOR DE LA MOTOCICLETA POR SU CILINDRAJE. 7
1.2 OBJETIVOS. 9
1.2.1 OBJETIVO GENERAL. 9
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 9
1.3 ALCANCES. 9

1.4 JUSTIFICACIÓN. 9
CAPÍTULO II 11
2. MARCO TEÓRICO 11
2.1 CONCEPTOS GENERALES. 11
2.1.1 PROCESO. 11
2.1.2 INSUMOS. 11
2.1.3 PRODUCTOS. 11
2.1.4 OPERACIONES. 11
2.1.5 SUMINISTRO. 11
2.1.6 PROYECTO 12
2.1.7 EFICIENCIA DE LAS OPERACIONES. 12
2.1.8 EFICACIA DE LAS OPERACIONES. 12
2.1.9 BIENES. 12
2.1.10 SERVICIOS. 12
2.2 INGENIERÍA DE OPERACIONES. 12
2.2.1 VISIÓN DE LOS PROCESOS. 13
2.2.1.1 Procesos de manufactura. 14
2.2.2 CADENA DE VALOR. 14
2.2.2.1 Procesos de Apoyo (Blandas). 15
2.2.2.2 Procesos Centrales (Transformación- Duros). 15
2.2.3 CADENA DE SUMINISTRO. 15
2.2.4 PRODUCTIVIDAD. 16
2.2.4.1 Formas de expresar la productividad. 17
2.2.4.2 Inconvenientes con la medida de la productividad. 17
2.2.5 ESTRATEGIA DE OPERACIONES-PRODUCCIÓN. 17

2.3 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS. 18
2.3.1 PLANEACIÓN DEL PROYECTO. 19
2.3.2 PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO. 19
2.3.3 CONTROL DEL PROYECTO. 20
2.3.4 METODOLOGÍAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS. ... 20
2.3.4.1 Gráficas de Gantt. 20
2.3.4.2 Técnicas PERT y CPM. 22
2.3.4.3 Diagrama de Red. 25
2.3.4.4 Ruta crítica (CPM). 27
2.3.4.5 Variabilidad de los tiempos de las actividades Pert. 29
2.3.4.6 Pasos para analizar un proyecto con los estimados del tiempo de una actividad. 32
2.4 ANÁLISIS DE PROCESOS. 33
2.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS. 33
2.4.2 TIPOS DE PROCESOS. 34
2.4.2.1 Procesos por etapas. 34
2.4.2.2 Fabricación de Existencia y Pedido. 35
2.4.3 REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO. 36
2.5 DISEÑO DE PUESTOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO. 37
2.5.1 DISEÑO DE PUESTOS. 37
2.5.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PUESTOS. 39
2.5.2.1 Especialización Laboral. 39
2.5.2.2 Enriquecimiento del Trabajo. 40
2.5.2.3 Sistemas Sociotécnicos. 40
2.5.3 MEDICIÓN DEL TRABAJO. 41

2.5.3.1 Técnicas de Medición Laboral. 42
2.6 PROCESOS DE PRODUCCIÓN. 47
2.6.1 ESTRUCTURAS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA. 47
2.6.2 DISEÑO DE FLUJOS DE PROCESOS EN MANUFACTURA. 49
2.6.2.1 Planos de las piezas. 50
2.6.2.2 Gráficas de ensambles. 50
2.6.2.3 Gráficas de flujo. 51
2.6.2.4 Hojas de procesos. 51
2.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES. 52
2.7.1 FORMATOS BÁSICOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE UNA INSTALACIÓN. 53
2.7.1.1 Centro de Trabajo. 53
2.7.1.2 Líneas de Ensamble. 53
2.7.1.3 Celdas de manufactura. 60
2.7.1.4 Distribuciones por Producto. 61
2.8 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO. 61
2.8.1 MEDICIONES DEL DESEMPEÑO. 62
2.8.1.1 Medir Variables. 62
2.8.1.2 Medir Atributos. 62
2.8.2 DISTRIBUCIONES DE MUESTREO. 62
2.8.2.1 Media de la muestra. 63
2.8.2.2 Rango de la muestra. 63
2.8.2.3 Desviación estándar. 63
2.8.3 GRÁFICOS DE CONTROL. 64

2.8.3.1 Evidencias para indagar en Gráficas de Control. 65
2.8.4 MÉTODOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO. 67
2.8.4.1 Gráficos de Control para Variables. 67
2.8.4.2 Gráficos de Control para Atributos. 70
2.9 CAPACIDAD DEL PROCESO. 72
2.9.1 RAZÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO. 74
2.9.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO. 75
2.9.3 MÉTODO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL PROCESO. 76
2.10 PRUEBAS DE APRENDIZAJE. 77
2.10.1 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE APRENDIZAJE. 77
2.10.2 LINEAMIENTOS DEL APRENDIZAJE. 78
2.10.2.1 Aprendizaje Individual. 78
2.10.2.2 Aprendizaje Organizacional. 79
CAPÍTULO III 80
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA 80
3.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA. 80
3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA. 81
3.3 MERCADO. 81
3.4 INFRAESTRUCTURA. 82
3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES SECCIONES DE LA PLANTA. 83
3.4.1.1 Almacenamiento CKD. 83
3.4.1.2 Línea de ensamble. 84
3.4.1.3 Área de control de calidad. 85
3.4.1.4 Zona de pruebas. 85

3.4.1.5 Área de almacenamiento. 86
3.5 PRODUCTOS QUE GENERA LA EMPRESA. 86
3.5.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA MOTOCICLETA DE MAYOR INTERÉS. 86
3.6 CONTROL DE CALIDAD. 87
3.6.1 POLÍTICA DE LA CALIDAD. 88
3.6.2 OBJETIVO DE CALIDAD.[99] 88
3.7 ESTADÍSTICAS. 88
3.7.1 EMPRESAS ENSAMBLADORAS DEL ECUADOR. 88
3.7.2 DATOS DE IMPORTACIÓN POR EMPRESAS ENSAMBLADORAS [CKD Y CIF]. 90
3.7.3 PARTICIPACIÓN DEL CKD POR AÑO. 92
CAPÍTULO IV 94
4. ESTUDIO DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA 94
4.1 PRODUCCIONES MENSUALES. 94
4.2 SELECCIÓN DE LOS MODELOS DE MOTOCICLETA DE ESTUDIO. 99
4.3 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE. 101
4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL CKD POR ESTACIÓN. 101
4.3.1.1 Estación 1. 102
4.3.1.2 Estación 2. 103
4.3.1.3 Estación 3. 104
4.3.1.4 Estación 4. 105
4.3.1.5 Estación 5. 106
4.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CAJA DEL CKD. 107
4.3.2.1 Caja de partes y piezas del CKD. 107

4.3.2.2 Caja del motor de la motocicleta. 107
4.3.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA EMPRESA. 108
4.3.3.1 Diagrama de flujo general del proceso de ensamble de motocicletas. 108
4.3.3.2 Diagrama de flujo del ensamble de motocicletas por estación..... 109
4.3.3.3 Diagrama de flujo del control de calidad. 109
4.3.3.4 Diagrama de flujo del desempaque del CKD de motocicletas..... 110
4.3.3.5 Diagrama de flujo del desempaque de tornillería. 110
4.4 MUESTREO DE TIEMPOS. 110
4.4.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA NECESARIA. .. 110
4.4.2 TOMA DE MUESTRAS..... 110
4.4.2.1 Tiempos - Motocicleta modelo ISC 150S. 111
4.4.2.2 Tiempos - Motocicleta modelo GNS 150..... 111
4.4.2.3 Tiempos - Motocicleta modelo BROTHER 250. 111
4.5 PRODUCTIVIDAD..... 111
4.5.1 PRODUCTIVIDAD LABORAL..... 111
4.5.2 UNIDAD FÍSICA DEL TRABAJO. 112
4.6 GANTT. 113
4.6.1 GRÁFICA DE GANTT PARA LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE LA MOTOCICLETAS ICS 150S. 113
4.6.2 GRÁFICA DE GANTT PARA LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE LA MOTOCICLETAS GNS 150S..... 114
4.6.3 GRÁFICA DE GANTT PARA LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE LA MOTOCICLETAS BROTHER 250. 115
4.6.4 RESUMEN DE TIEMPOS DE DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES POR ESTACIÓN PARA CADA MODELO DE MOTOCICLETA..... 116

4.7 DIAGRAMA DE RED - TÉCNICAS DE PERT – CPM. 117
4.7.1 DIAGRAMA DE RED, RUTA CRÍTICA - MOTOCICLETA ICS 150S.. 124
4.7.2 DIAGRAMA DE RED, RUTA CRÍTICA - MOTOCICLETA GNS 150. .. 124
4.7.3 DIAGRAMA DE RED, RUTA CRÍTICA - MOTOCICLETA BROTHER 250. 124
4.8 CÁLCULO ESTADÍSTICO DEL TIEMPO. 124
4.8.1 MOTOCICLETA ICS 150S..... 125
4.8.2 MOTOCICLETA GNS 150. 127
4.8.3 MOTOCICLETA BROTHER 250. 128
4.9 DISEÑO DE FLUJO DEL PROCESO. 130
4.9.1 GRÁFICA DE ENSAMBLE O GOZINTO DEL ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA. 130
4.9.2 GRÁFICA DE FLUJO DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA. 130
4.9.2.1 Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo ISC 150S. 130
4.9.2.2 Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo GNS 150. 131
4.9.2.3 Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo BROTHER 250. 131
4.9.3 HOJAS DE PROCESO. 131
4.9.3.1 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del matrimonio (unión motor - chasis)..... 131
4.9.3.2 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Dirección (castillo). ... 131
4.9.3.3 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Llanta delantera..... 131
4.9.3.4 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Llanta posterior..... 131
4.9.3.5 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del volante..... 131
4.9.3.6 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Guardafango posterior.. 131

4.9.3.7 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Tablero – Faro. 131
4.9.3.8 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de las molduras Faro - posterior. 132
4.9.3.9 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Guardafango delantero. 132
4.9.3.10 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Asiento. 132
4.9.3.11 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Tanque de Combustible. 132
4.10 ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA. 132
4.10.1 BALANCEO ACTUAL DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE. 133
4.10.1.1 Balanceo Línea de Ensamble Motocicleta ICS 150-S. 134
4.10.1.2 Balanceo Línea de Ensamble Motocicleta GNS 150. 135
4.10.1.3 Balanceo Línea de Ensamble Motocicleta BROTHER 25O. 136
4.10.1.4 Análisis de la línea de ensamble por estaciones. 137
4.10.2 DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES. 138
4.10.2.1 Información de la distribución actual. 138
4.10.2.2 Determinacion de los intervalos de clase con la respectiva ponderación. 139
4.10.2.3 Análisis de la distribución física de las instalaciones. 142
4.11 GRÁFICAS DE CONTROL 143
4.11.1 GRÁFICA DE CONTROL PARA LA MOTOCICLETA ICS 150-S. 144
4.11.1.1 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 1. 146
4.11.1.2 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 2. 147
4.11.1.3 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 3. 149
4.11.1.4 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 4. 150

4.11.1.5 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 5. 152
4.11.2 GRÁFICA DE CONTROL PARA LA MOTOCICLETA GNS 150. 153
4.11.2.1 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 1. 155
4.11.2.2 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 2. 156
4.11.2.3 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 3. 158
4.11.2.4 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 4. 159
4.11.2.5 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 5. 161
4.11.3 GRÁFICA DE CONTROL PARA LA MOTOCICLETA BROTHER 250. 162
4.11.3.1 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250 - Estación 1. 164
4.11.3.2 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250 - Estación 2. 165
4.11.3.3 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250 - Estación 3. 167
4.11.3.4 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250 - Estación 4. 168
4.11.3.5 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250 - Estación 5. 170
4.11.4 ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL. 171
4.12 CAPACIDAD DEL PROCESO. 172
4.12.1 RAZÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO. 172
4.12.1.1 Razón de capacidad del Proceso Motocicleta ICS 150S. 172
4.12.1.2 Razón de capacidad del Proceso Motocicleta GNS 150. 173
4.12.1.3 Razón de capacidad del Proceso Motocicleta BROTHER 250. 173
4.12.1.4 Análisis de la razón de capacidad del proceso. 174

4.12.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO. 174
4.12.2.1 Índice de capacidad del Proceso Motocicleta ICS 150S. 174
4.12.2.2 Índice de capacidad del Proceso Motocicleta GNS 150. 175
4.12.2.3 Índice de capacidad del Proceso Motocicleta BROTHER 250. 175
4.12.2.4 Análisis del índice de capacidad del proceso. 176
4.13 PROBLEMAS ENCONTRADOS. 177
CAPÍTULO V 178
5. ..... ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA 178
5.1 ..... PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE MOTOCICLETAS. 178
5.2 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE. 180
5.2.1 OPTIMIZACIÓN - ALMACENAMIENTO CKD. 180
5.2.2 OPTIMIZACIÓN - DESEMPAQUE CKD. 182
5.2.3 OPTIMIZACIÓN - DISTRIBUCIÓN DE PARTES Y PIEZAS. 183
5.2.4 OPTIMIZACIÓN - CONTROL DE CALIDAD. 185
5.2.5 OPTIMIZACIÓN - ALMACENAJE. 187
5.2.6 OPTIMIZACIÓN - ESTACIONES DE ENSAMBLE. 188
5.2.6.1 Propuesta de trabajo estandarizado. 188
5.2.6.2 Balanceo de la línea de ensamble. 188
5.2.6.3 Cálculo de la productividad. 199
5.2.6.4 Pruebas de aprendizaje de los operarios de la línea de ensamble. 201
5.3 REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA. 203

5.3.1 Determinacion de los intervalos de clase con la respectiva ponderación. 210
5.3.1.1 Análisis de la nueva distribución física de las instalaciones. 212
5.4 GRÁFICAS DE FLUJO REDISEÑADAS. 214
5.5 ..... BENEFICIOS ALCANZABLES CON EL USO DE LA PROPUESTAS DE MEJORA. 215
5.5.1 BENEFICIOS - TIEMPOS DE ENSAMBLE POR ESTACIÓN. 215
5.5.1.1 Mejora en los tiempos de ensamble totales. 218
5.5.1.2 Mejora por cada estación de trabajo. 219
5.5.2 BENEFICIOS - PRODUCTIVIDAD. 222
5.5.2.1 Productividad Laboral. 222
5.5.2.2 Unidad física del Trabajo. 224
5.5.3 BENEFICIOS - DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA. 226
5.5.4 BENEFICIOS - GRÁFICAS DE FLUJO. 228
5.5.4.1 Mejoras obtenidas en las gráficas de flujo. 230
CAPÍTULO VI 232
6. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA 232
6.1 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN. 232
6.2 SELECCIÓN DEL PROGRAMA. 232
6.3 INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM. 233
6.3.1 VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM. 233
6.3.2 DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM. 233
6.4 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN MODELADO EN FLEXSIM. 234
6.4.1 SOURCE. 234
6.4.2 SINK. 234

6.4.3 QUEUE. 234
6.4.4 PROCESSOR. 235
6.4.5 COMBINER. 235
6.4.6 SEPARATOR. 236
6.4.7 OPERATOR. 236
6.4.8 CONVEYOR. 237
6.5 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN. 237
6.5.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. 237
6.5.2 ELABORACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN. 237
6.5.3 ESPECIFICACIÓN DE VARIABLES Y PARÁMETROS. 241
6.5.4 VALIDACIÓN. 242
6.6 EXPERIMENTACIÓN - NUEVO MODELO DE PRODUCCIÓN. 247
6.7 OPTIMIZACIÓN DEL NUEVO PROCESO SIMULADO. 253
6.8 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS. 258
CAPÍTULO VII 261
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 261
7.1 CONCLUSIONES. 261
7.2 RECOMENDACIONES. 265
8. BIBLIOGRAFÍA 268
ANEXOS 273

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Partes de una motocicleta. 3
Tabla 1.2. Clasificación del motor por su cilindrada. 7
Tabla 2.1. Actividades - Nodos..... 25
Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de la especialización laboral. 39
Tabla 2.3. Técnicas de medición laboral. 42
Tabla 2.4. Evidencias en gráficas de control. 65
Tabla 2.5. Desviación Estándar vs. Defectos. 74
Tabla 2.6. Criterios de valores de CP. 75
Tabla 2.7. Porcentaje de aprendizaje. 78
Tabla 2.8. Porcentaje de aprendizaje en diferentes industrias. 78
Tabla 3.1. Mercados asociados con la empresa Motoensab S. A. 82
Tabla 3.2. Especificaciones - Motocicleta ICS 150S. 87
Tabla 3.3. Empresas ensambladoras del país. 89
Tabla 3.4. Importación de motocicletas CKD. 91
Tabla 3.5. Participación del CKD por año..... 93
Tabla 4.1. Unidades producidas durante el año 2015. 94
Tabla 4.2. Producción mes de Octubre del 2015. 96
Tabla 4.3. Producción mes de Noviembre del 2015. 97
Tabla 4.4. Producción mes de Diciembre del 2015. 98
Tabla 4.5. Producción de los meses Octubre, Noviembre y Diciembre del 2015. 99
Tabla 4.6. Número de unidades producidas por cada modelo. 100
Tabla 4.7. Valores obtenidos por cada modelo de motocicleta. 100
Tabla 4.8. Distribución del CKD en la estación 1. 102
Tabla 4.9. Distribución del CKD en la estación 2. 103
Tabla 4.10. Distribución del CKD en la estación 3. 104
Tabla 4.11. Distribución del CKD en la estación 4. 105
Tabla 4.12. Distribución del CKD en la estación 5. 106
Tabla 4.13. Descripción de la caja del CKD. 107
Tabla 4.14. Descripción de la caja del motor..... 107

Tabla 4.15. Número de muestras tomadas. 110
Tabla 4.16. Resumen de tiempos de ensamblaje de la motocicleta ICS 150S. 113
Tabla 4.17. Resumen de tiempos de ensamblaje de la motocicleta GNS 250S..... 114
Tabla 4.18. Resumen de tiempos de ensamblaje de la motocicleta BROTHER 250. 115
Tabla 4.19. Resumen de tiempos de ensamblaje de los 3 modelos de motocicletas. 116
Tabla 4.20. Tiempos de almacenamiento CKD. 117
Tabla 4.21. Tiempos de desempaque CKD. 118
Tabla 4.22. Tiempos de selección de partes y piezas CKD. 118
Tabla 4.23. Tiempos de ensamblaje por estación del modelo ICS-150S. 119
Tabla 4.24. Tiempos de ensamblaje por estación del modelo GNS-150. 119
Tabla 4.25. Tiempos de ensamblaje por estación del modelo BROTHER 250. 120
Tabla 4.26. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 1. 120
Tabla 4.27. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 2. 121
Tabla 4.28. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 3. 121
Tabla 4.29. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 4. 122
Tabla 4.30. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 5. 122
Tabla 4.31. Tiempos del control de calidad por cada modelo de motocicleta. 123
Tabla 4.32. Tiempos de prueba de ruta y almacenamiento. 123
Tabla 4.33. Consideraciones necesarias para el balanceo de la línea – motocicleta ICS 150S. 134
Tabla 4.34. Balanceo de la línea de ensamblaje – motocicleta ICS 150S. 134
Tabla 4.35. Consideraciones necesarias para el balanceo de la línea – motocicleta GNS 150. 135
Tabla 4.36. Balanceo de la línea de ensamblaje – motocicleta GNS 150. 135
Tabla 4.37. Consideraciones necesarias para el balanceo de la línea – motocicleta BROTHER 250. 136
Tabla 4.38. Balanceo de la línea de ensamblaje – motocicleta BROTHER 250. 136
Tabla 4.39. Distribución del área por cada sección de trabajo. 138
Tabla 4.40. Distancia existente entre cada zona motivo de estudio. 140

Tabla 4.41. Límites de clase - inferior (LIC) y superior (LSC)..... 141
Tabla 4.42. Asignación del coeficiente de ponderación. 141
Tabla 4.43. Matriz de cercanía. 142
Tabla 4.44. Distancias ponderadas. 143
Tabla 4.45. Variables necesarias - motocicleta ICS 150S. 144
Tabla 4.46. Valores obtenidos por cada motocicleta - modelo ICS 150S..... 145
Tabla 4.47. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 1..... 146
Tabla 4.48. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 1. 146
Tabla 4.49. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 2..... 147
Tabla 4.50. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 2. 148
Tabla 4.51. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 3..... 149
Tabla 4.52. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 3. 149
Tabla 4.53. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 4..... 150
Tabla 4.54. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 4. 151
Tabla 4.55. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 5..... 152
Tabla 4.56. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 5. 152
Tabla 4.57. Variables necesarias - motocicleta GNS 150. 153
Tabla 4.58. Valores obtenidos por cada motocicleta - modelo GNS 150. 154
Tabla 4.59. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 1. 155
Tabla 4.60. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 1..... 155
Tabla 4.61. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 2. 156
Tabla 4.62. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 2..... 157
Tabla 4.63. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 3. 158
Tabla 4.64. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 3..... 158
Tabla 4.65. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 4. 159
Tabla 4.66. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 4..... 160
Tabla 4.67. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 5. 161
Tabla 4.68. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 5..... 161
Tabla 4.69. Variables necesarias - motocicleta BROTHER 250..... 162
Tabla 4.70. Valores obtenidos por cada motocicleta - modelo BROTHER 250..... 163

Tabla 4.71. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 1. 164
Tabla 4.72. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 1. 164
Tabla 4.73. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 2. 165
Tabla 4.74. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 2. 166
Tabla 4.75. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 3. 167
Tabla 4.76. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 3. 167
Tabla 4.77. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 4. 168
Tabla 4.78. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 4. 169
Tabla 4.79. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 5. 170
Tabla 4.80. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 5. 170
Tabla 5.1. Problemas, efectos y propuestas de mejora para las distintas zonas de la línea de ensamble. 178
Tabla 5.2. Tiempos de ciclo. 188
Tabla 5.3. Resumen del tiempo de tareas. 189
Tabla 5.4. Balanceo de la línea – motocicleta ICS 150S. 191
Tabla 5.5. Balanceo de la línea – motocicleta GNS 150. 193
Tabla 5.6. Balanceo de la línea – motocicleta GNS 150. 194
Tabla 5.7. Tiempos de ensamble – Modelo ICS 150S. 196
Tabla 5.8. Tiempos de ensamble – Modelo GNS 150. 197
Tabla 5.9. Tiempos de ensamble – Modelo BROTHER 250. 198
Tabla 5.10.Tiempos requeridos para la determinación de la productividad. 199

Tabla 5.11. Distancia existente entre cada zona motivo de estudio. 211
Tabla 5.12. Límites de clase - inferior (LIC) y superior (LSC)..... 212
Tabla 5.13. Asignación del coeficiente de ponderación. 212
Tabla 5.14. Matriz de cercanía – modelo propuesto. 212
Tabla 5.15. Distancias ponderadas – modelo propuesto..... 213
Tabla 5.16. Resumen de tiempos de ensamble actuales. 215
Tabla 5.17. Resumen de tiempos de ensamble propuestos..... 216
Tabla 5.18. Mejoras por estación de ensamble. 219
Tabla 5.19. Resumen de la productividad laboral. 222
Tabla 5.20. Resumen de la unidad física del trabajo. 224
Tabla 5.21.Distancias ponderadas – Estado actual y alternativa de mejora. 226
Tabla 5.22. Extracto del estado actual de las gráficas de flujo. 228
Tabla 5.23. Extracto del estado propuesto de las gráficas de flujo. 228
Tabla 6.1. Resumen de la producción de motocicletas por modelo. 258
Tabla 6.2. Resumen de la producción de motocicletas por modelo. 259

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Distancia entre ejes de una motocicleta 1
Figura 1.2. Avance de la motocicleta 2
Figura 1.3. Ángulo de lanzamiento. 2
Figura 2.1. Administración de operaciones como función. 13
Figura 2.2. Cadena de valor 15
Figura 2.3. Cadena de suministro 16
Figura 2.4. Gráfica de Gantt 21
Figura 2.5. Diagramas de red. 26
Figura 2.6. Estructura de un nodo con los diferentes tiempos. 28
Figura 2.7. Distribuciones beta y distribución normal 30
Figura 2.8. Símbolos de un flujo de proceso 33
Figura 2.9. Ejemplo de flujo de proceso 34
Figura 2.10. Decisiones de diseño de puestos. 37
Figura 2.11. Matriz de Procesos y Productos 48
Figura 2.12. Ejemplo de plano de una motocicleta 50
Figura 2.13. Gráfica del ensamble de motocicletas - estación 1. 50
Figura 2.14. Gráfica del flujo - Ensamble de Motocicleta ICS 150S. 51
Figura 2.15. Hoja de proceso de ensamble Chasis – Motor 52
Figura 2.16. Parte de una línea de ensamble manual 54
Figura 2.17. Distribución Flexible 1. 59
Figura 2.18. Distribución Flexible 2. 59
Figura 2.19. Distribución Flexible 3. 60
Figura 2.20. Relación de los Límites de Control. 64
Figura 2.21. Relación entre la distribución de proceso y especificaciones superior e inferior. 73
Figura 2.22. Efectos de reducir la variabilidad en la capacidad del proceso 74
Figura 2.23. Efectos del Índice de capacidad del proceso 76
Figura 3.1. Estructura Organizacional de la Empresa Motoensab S. A. 81
Figura 3.2. Almacenamiento CKD 83

Figura 3.3. Línea de ensamble 84
Figura 3.4. Control de calidad 85
Figura 3.5. Zona de pruebas 85
Figura 3.6. Área de almacenamiento 86
Figura 3.7. Importación de motocicletas CKD 92
Figura 3.8. Participación del CKD por año. 93
Figura 4.1. Producción mensual año 2015 95
Figura 4.2. Producción año 2015. 95
Figura 4.3. Producción del mes de Octubre del 2015 96
Figura 4.4. Producción del mes de Noviembre del 2015. 97
Figura 4.5. Producción del mes de Diciembre del 2015 98
Figura 4.6. Diagrama de pareto 101
Figura 4.7. Diagrama de Gantt de la motocicleta ICS 150S 114
Figura 4.8. Diagrama de Gantt de la motocicleta GNS 150S 115
Figura 4.9. Diagrama de Gantt de la motocicleta BROTHER 250. 116
Figura 4.10. Eficiencias por estación para los tres modelos de motocicleta 137
Figura 4.11. Distribución actual de la empresa Motoensab S. A 140
Figura 4.12. Gráfica de control motocicleta ICS 150S 145
Figura 4.13. Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 1 147
Figura 4.14. Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 2 148
Figura 4.15. Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 3 150
Figura 4.16. Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 4 151
Figura 4.17. Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 5 153
Figura 4.18. Gráfica de control motocicleta GNS 150 154
Figura 4.19. Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 1 156
Figura 4.20. Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 2 157
Figura 4.21. Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 3 159
Figura 4.22. Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 4 160
Figura 4.23. Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 5 162
Figura 4.24. Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 163
Figura 4.25. Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 1. 165

Figura 4.26. Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 2. 166
Figura 4.27. Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 3 168
Figura 4.28. Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 4. 169
Figura 4.29. Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 5 171
Figura 4.30. Diagrama de Ishihawa de la línea de ensamblaje de la empresa Motoensab S. A. 177
Figura 5.1. Tiempos de balanceo de la línea - Estado actual de la motocicleta ICS 150S. 192
Figura 5.2. Tiempos de balanceo de la línea – Estado propuesto de la motocicleta ICS 150S. 192
Figura 5.3. Tiempos de balanceo de la línea – Estado actual de la motocicleta GNS 150 193
Figura 5.4. Tiempos de balanceo de la línea – Estado propuesto de la motocicleta GNS 150 194
Figura 5.5. Tiempos de balanceo de la línea – Estado actual de la motocicleta BROTHER 250 195
Figura 5.6. Tiempos de balanceo de la línea - Estado propuesto de la motocicleta BROTHER 250 195
Figura 5.7. Diagrama de Gantt –Motocicleta ICS 150S. 197
Figura 5.8. Diagrama de Gantt –Motocicleta GNS 150 198
Figura 5.9. Diagrama de Gantt –Motocicleta BROTHER 250 199
Figura 5.10. Propuesta para el Re-diseño – Control de Calidad 206
Figura 5.11. Plano de bloques propuesto - Ensambladora Motoensab S. A. 210
Figura 5.12. Tiempos totales de ensamble por modelo – Estado actual y optimizado 216
Figura 5.13. Tiempos de ensamble por estación de la Motocicleta ICS 150S - Estado actual y optimizado 217
Figura 5.14. Tiempos de ensamble por estación de la Motocicleta GNS 150 - Estado actual y optimizado 217
Figura 5.15. Tiempos de ensamble por estación de la Motocicleta BROTHER 250- Estado actual y optimizado 218

Figura 5.16. Porcentaje de mejora por modelo. 219
Figura 5.17. Porcentaje de mejora por modelo – Estación 1..... 220
Figura 5.18. Porcentaje de mejora por modelo – Estación 2..... 220
Figura 5.19. Porcentaje de mejora por modelo – Estación 3..... 221
Figura 5.20. Porcentaje de mejora por modelo – Estación 4..... 221
Figura 5.21. Porcentaje de mejora por modelo – Estación 5..... 222
Figura 5.22. Productividad Laboral - Estado actual y optimizado 223
Figura 5.23. Porcentaje de mejora por modelo – Productivad laboral 224
Figura 5.24. Unidad física del trabajo - Estado actual y optimizado. 225
Figura 5.25. Porcentaje de mejora por modelo – Unidad física de trabajo 226
Figura 5.26. Distancias ponderadas – Estado actual y optimizado. 227
Figura 5.27. Distancias ponderadas por zona de trabajo - Estado actual y optimizado 227
Figura 5.28. Tiempos del proceso de ensamble en el estado actual y optimizado – Motocicleta ICS 150S 229
Figura 5.29. Tiempos del proceso de ensamble en el estado actual y optimizado – Motocicleta GNS 150. 229
Figura 5.30. Tiempos del proceso de ensamble en el estado actual y optimizado – Motocicleta BROTHER 250 230
Figura 6.1. Source. 234
Figura 6.2. Sink. 234
Figura 6.3. Queue 235
Figura 6.4. Processor 235
Figura 6.5. Combiner 236
Figura 6.6. Separator 236
Figura 6.7. Operator 236
Figura 6.8. Conveyor. 237
Figura 6.9. Layout de la planta Motoensab S. A. importado en FlexSim 238
Figura 6.10. Vista frontal del modelo de la planta. 239
Figura 6.11. Vista frontal del modelo con sus respectivas conexiones 239
Figura 6.12. Programación - Secuencia personalizada del operador 3. 240

Figura 6.13. Porgramación del tiempo de procesamiento en la estación 1. 241
Figura 6.14. Configuración del Performance Measures. 242
Figura 6.15. Simulación de las 30 réplicas mediante el Experiment Run 243
Figura 6.16. Intervalo de confianza - producción de la Motocicleta ICS 150S..... 243
Figura 6.17. Tiempo promedio de permanecia por estación - Motocicleta ICS 150S. 244
Figura 6.18. Diagrama de Gantt - motocicleta ICS 150S}. 244
Figura 6.19. Intervalo de confianza - Producción de la motocicleta GNS 150..... 245
Figura 6.20. Tiempo promedio de permanecia por estación - Motocicleta GNS 150. 245
Figura 6.21. Diagrama de Gantt - motocicleta GNS 150 246
Figura 6.22. Intervalo de confianza - producción de la motocicleta BROTHER 250. 246
Figura 6.23. Tiempo promedio de permanecia por estación - motocicleta BROTHER 250..... 247
Figura 6.24. Diagrama de Gantt - motocicleta BROTHER 250. 247
Figura 6.25. Nuevo modelo - Selección de partes y piezas CKD. 248
Figura 6.26. Nuevo modelo - Sección de calidad 249
Figura 6.27. Configuración del Performance Measures – Nueva propuesta 250
Figura 6.28. Simulación de las 30 réplicas mediante el Experiment Run – Nueva propuesta. 251
Figura 6.29. Intervalo de confianza de producción de la Motocicleta ICS 150S – Nueva propuesta 251
Figura 6.30. Intervalo de confianza de producción de la Motocicleta GNS 150 – Nueva propuesta 252
Figura 6.31. Intervalo de confianza de producción de la Motocicleta BROTHER 250 – Nueva propuesta 253
Figura 6.32. Variables de decisión para la optimización..... 253
Figura 6.33. Ingreso de la medida de desempeño – Motocicleta ICS 150S 254
Figura 6.34: Ingreso de variables, restricciones y función objeto – Motocicleta ICS 150S 254

Figura 6.35. Resultado de la optimización – Motocicleta ICS 150S. 255
Figura 6.36. Resultado de la optimización – Motocicleta GNS 150. 256
Figura 6.37. Resultado de la optimización – Motocicleta BROTHER 250 257
Figura 6.38. Número de operadores presentes en la optimización. 257
Figura 6.39. Resumen de la producción de motocicletas – Estado actual y optimizado 259
Figura 6.40. Porcentaje de mejora por modelo de motocicleta. 260

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo1. Áreas de la distribución normal estándar acumulada……..274
Anexo2. Cantidad necesaria de observaciones para un error absoluto dado con valores diversos de *p* y grado de confiabilidad de 95%.....275
Anexo 3. Factor para determinar, a partir de $\bar{R}$, los tres límites de control sigma para las gráficas $\bar{X}$ y *R*……..…….…….276
Anexo 4. Tabla de valores unitarios y acumulados….....……...277
Anexo 5. Layout de la empresa MOTOENSAB S. A…….……..279
Anexo 6. Control para el ensamble, documentos de calidad y formato para el control de calidad de la empresa Motoensab S. A.……280
Anexo 7. Diagrama de flujo Estación 1 lado derecho (RH)……..…….……...282
Anexo 8. Diagrama de flujo Estación 1 lado izquierdo (LH)……...……284
Anexo 9. Diagrama de flujo Estación 2 lado derecho (RH)……..……...286
Anexo 10. Diagrama de flujo Estación 2 lado izquierdo (LH)……...…..288
Anexo 11. Diagrama de flujo Estación 3 lado derecho (RH)…….....290
Anexo 12. Diagrama de flujo Estación 3 lado izquierdo (LH)……..…....292
Anexo 13. Diagrama de flujo Estación 4 lado derecho (RH)……...293
Anexo 14. Diagrama de flujo Estación 4 lado izquierdo (LH)……..295
Anexo 15. Diagrama de flujo Estación 5 lado derecho (RH)…….....296
Anexo 16. Diagrama de flujo Estación 5 lado izquierdo (LH)…….…298
Anexo 17. Diagrama de flujo del control de calidad……300
Anexo 18. Diagrama de flujo del desempaque del CKD de motocicletas……..…301
Anexo 19. Diagrama de flujo del desempaque de tornillería…….....303
Anexo 20. Tiempos- Motocicleta modelo ISC 150S……..…304
Anexo 21. Tiempos- Motocicleta modelo GNS 150…….……305
Anexo 22. Tiempos- Motocicleta modelo BROTHER 250……...……306
Anexo 23. Tabla resumen – Ruta crítica Motocicleta ICS 150S……..…307
Anexo 24. Diagrama de red con su ruta crítica- Motocicleta ICS 150S……..…308
Anexo 25. Tabla resumen – Ruta crítica Motocicleta GNS 150……..…309
Anexo 26. Diagrama de red con su ruta crítica- Motocicleta GNS 150……..…310

Anexo 27. Tabla resumen – Ruta crítica Motocicleta BROTHER 250……..311
Anexo 28. Diagrama de red con su ruta crítica- Motocicleta BROTHER 250……...312
Anexo 29. Gráfica de ensamble de la motocicleta……..…313
Anexo 30. Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo ISC 150S…….…314
Anexo 31. Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo GNS 150……..…315
Anexo 32. Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo BROTHER 250…….…..316
Anexo 33. Hoja de proceso del Sub – Ensamble unión entre motor y chasis…..….317
Anexo 34. Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Dirección (castillo)……...318
Anexo 35. Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Llanta delantera……...319
Anexo 36. Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Llanta posterior……....320
Anexo 37. Hoja de proceso del Sub – Ensamble del volante…….……321
Anexo 38. Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Guardafango posterior.....322
Anexo 39. Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Tablero – Faro…….323
Anexo 40. Hoja de proceso del Sub – Ensamble de las molduras Faro – posterior….324
Anexo 41. Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Guardafango delantero.....325
Anexo 42. Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Asiento……426
Anexo 43. Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Tanque de Combustible…….427
Anexo 44. Tabla de tareas con sus respectivos tiempos y tareas predecesoras para el ensamble de las motocicletas…….……...428
Anexo 45. Balanceo de Línea - Diagrama de precedencia para la línea de ensamble……...329
Anexo 46. Asignación de Tareas a Estaciones de Trabajo Motocicleta ICS – 150S... …….330
Anexo 47. Asignación de Tareas a Estaciones de Trabajo Motocicleta GNS – 150……...……333
Anexo 48. Asignación de Tareas a Estaciones de Trabajo Motocicleta BROTHER 250…….……336
Anexo 49. Layout Rediseño de la distribución física de la Planta……..….339
Anexo 50. Gráfica de Flujo Rediseñada Motocicleta ICS – 150S……..340
Anexo 51. Gráfica de Flujo Rediseñada Motocicleta GNS - 150……..…..341
Anexo 52. Gráfica de Flujo Rediseñada Motocicleta BROTHER 250……...342

RESUMEN

En la actualidad es de gran importancia la optimización de los procesos industriales; mediante la ingeniería de operaciones y el uso de nuevas herramientas tecnológicas es posible realizarlo, por la cual se efectuó el Re-diseño, Optimización y Simulación de la línea de ensamble de motocicletas para la empresa MOTOENSAB S. A.

Para todo el proceso de ensamble de motocicletas de la empresa, se efectuó un exhaustivo análisis previo, con lo cual fue posible determinar la situación actual en la que se encuentra, determinándose diferentes aspectos que pueden ser optimizados (tiempos de ensamble, productividad, eficiencia de la línea, etc.), mostrándose una alternativa de mejora (balanceo de la línea de ensamble, rediseño de la distribución física de la planta, etc.).

Se realizó la simulación de la línea de ensamble empleando un software llamado FlexSim, el cual permitió simular el proceso de producción, en éste se puede visualizar como está dado el proceso en la actualidad, además nos permite obtener la ubicación de cuellos de botella, tiempos de ocio, tiempos de procesamiento, tiempos de estancia, productividad, porcentajes de rendimientos, entre otros. Con el uso de este programa se optimizó la línea de ensamble de motocicletas, para posteriormente obtener las mejoras que se dan en el proceso.

Con las propuestas planteadas, se determinó las mejoras que se puede obtener, comparando los valores que se tienen en la actualidad con los obtenidos mediante los cambios realizados, tanto para la ingeniería de operaciones como con la simulación.

PRESENTACIÓN

En éste proyecto se presenta el Re-diseño, Optimización y Simulación de la línea de ensamble de motocicletas para la empresa MOTOENSAB S. A.

En el capítulo 1, se describe una breve introducción del impacto evolutivo que ha tenido la motocicleta, las partes que la compone, los tipos de motocicletas existentes y su clasificación de acuerdo a la cilindrada.

En el capítulo 2, se presentan diferentes metodologías de la ingeniería de operaciones que son usadas para el análisis de procesos de producción, así como un estudio de la distribución del flujo de trabajo denominado teorías de líneas de ensamble.

En el capítulo 3, se detalla el estado actual de la empresa, la distribución de cargos y responsabilidades (estructura organizacional), productos que genera, objetivos y política de calidad.

En el capítulo 4, se presenta el estudio general del proceso de ensamble de la motocicleta empleando las herramientas descritas en el capítulo 2, con lo cual se realiza un análisis que permite determinar los problemas que se dan en el proceso de ensamble de las motocicletas

En el capítulo 5, se indica los problemas encontrados, su efecto y propuesta de mejora para cada zona de la planta, además se realiza la optimización de la línea de ensamble que permite generar benéficos en tiempos y productividad.

En el capítulo 6, mediante el uso del software FlexSim, se desarrolla la simulación del estado actual de la planta, considerando todas las etapas presentes en el proceso de producción. De la misma manera se efectúa la simulación de la propuesta de mejora planteada, para obtener la optimización de la línea de ensamble y presentar las mejoras alcanzadas.

En el capítulo 7, se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el transcurso de éste proyecto.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN.

En la Segunda Guerra Mundial hubo un cambio enorme en lo referente al mercado automotriz, debido a que la industria automovilística comenzó un verdadero desarrollo de la motocicleta ganando espacio en el mercado automovilístico.

"La motocicleta ha evolucionado de tal forma que se convirtió en uno de los principales medios de transporte, herramienta de trabajo, artículo de colección y objeto de deseo; debido a su bajo consumo de combustible respecto a otros medios de transporte. Pasó por una serie de modificaciones para mostrarse como la eficaz máquina que hoy en día vemos rodar."[1]

La geometría es una característica elemental de la motocicleta, debido a su importancia en el comportamiento dinámico de la misma; así como su peso, ya que su reparto permite que cuando ésta éste en movimiento las fuerzas que actúan sobre ella sean menores.

En la figura 1.1 se observa la distancia entre el eje delantero y posterior de la motocicleta, ésta actúa de forma directa sobre la maniobrabilidad. Cuando mayor es la distancia entre ejes, mayor será la estabilidad de la motocicleta en línea recta, mientras que la agilidad para abarcar una curva será menor.

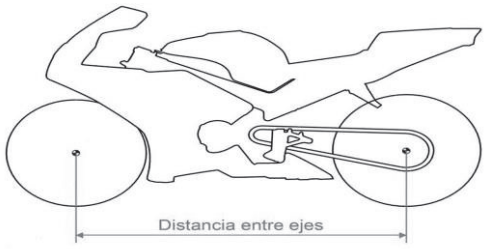


Figura 1.1: Distancia entre ejes de una motocicleta (Fuente: Pére, A. Pueyo, D.).[2]

[1] *"La evolución de la motocicleta"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 6 de Octubre de 2015, de: http://www.thundercycles.com.ec/noticias/noticias-3

[2] Pére, A. Pueyo, D. (2015). *Diseño de una motocicleta para la marca Suzuki* (Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya) Recuperado el 14 de Diciembre, de: http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/26348

El avance es otro parámetro geométrico que debe ser considerado, en la figura 1.2 se observa que éste representa la distancia horizontal entre el punto de contacto del neumático de la llanta delantera con el suelo y la línea proyectada por la horquilla de la dirección.

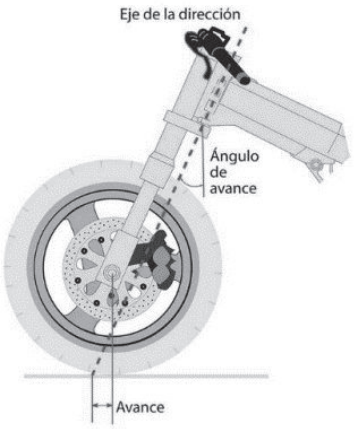


Figura 1.2: Avance de la motocicleta (Fuente: Pére, A. Pueyo, D.).[3]

El ángulo de lanzamiento (rake angle) afecta indirectamente al comportamiento de la moto, un cambio en dicho ángulo puede generar una variación en el avance de la motocicleta. La figura 1.3 representa como está formado el ángulo de lanzamiento.

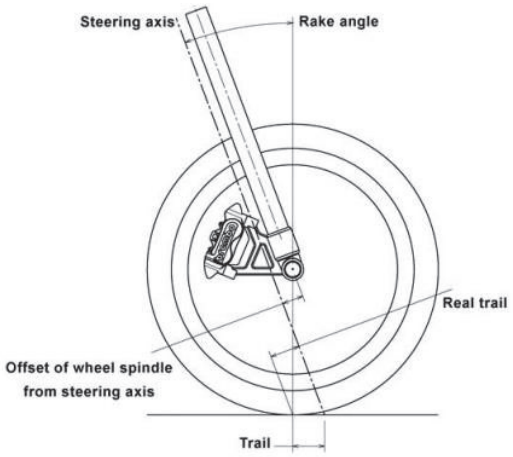


Figura 1.3: Ángulo de lanzamiento (Fuente: Pére, A. Pueyo, D.).[4]

[3] Pére, A. Pueyo, D. (2015). *Diseño de una motocicleta para la marca Suzuki* (Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya) Recuperado el 14 de Diciembre, de: http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/26348
[4] Pére, A. Pueyo, D. (2015). *Diseño de una motocicleta para la marca Suzuki* (Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya) Recuperado el 14 de Diciembre, de: http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/26348

1.1.1 PARTES DE UNA MOTOCICLETA[5].

En la tabla 1.1 se detalla los elementos por los cuales está compuesta una motocicleta.

Tabla 1.1. Partes de una motocicleta.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Chasis o cuadro	Elemento principal donde se acopla directamente con el motor; define la geometría, reparto de pesos y estética de la motocicleta. Está formada por una sección de anclaje donde se ubica la dirección y otra donde se coloca el basculante, este a su vez se acopla con el soporte del amortiguador trasero o posterior.
Motor	Uno de los elementos principales de la motocicleta, va posicionado de modo transversal sobre el chasis, es decir el cigüeñal es perpendicular a la marcha, independientemente del número de cilindros.
Trasmisión por cadena	Es la más eficiente si se trata de transmitir potencia ya que cumple la función de distribuir la energía producida por el motor hacia la rueda trasera de la motocicleta.

[5] "Partes de una motocicleta" (s.f.). [versión electrónica]. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3895/fichero/3.pdf

Suspensión 	Es un elemento esencial en la motocicleta ya que absorbe energía proveniente de golpes, y su finalidad es disminuir las oscilaciones no deseadas.
Tanque de combustible 	Parte de la motocicleta donde se almacena el combustible, el cual será distribuido acorde al funcionamiento de la misma.
Dirección 	La dirección está compuesta por un elemento direccional denominado manillar, cuenta con un pequeño radio de giro y carece de des-multiplicadores. Está unido al eje de dirección (castillo), y a su vez a las barras telescópicas, las cuales están acopladas a la rueda delantera.
Asiento 	Reduce una cierta cantidad de vibraciones producidas por el movimiento de la motocicleta y establece la ergonomía entre el binomio M-M (motero-máquina). La altura del asiento es de suma importancia debido a que de ella depende la firmeza del conductor al momento de conducir a bajas revoluciones.

Ruedas	Formadas por dos elementos, el aro o llanta, el cual se lo considera como la parte rígida, y los neumáticos, los cuales debido a la elasticidad y a su capacidad para deformarse, pueden adaptarse con facilidad a cualquier superficie de contacto.

(Fuente: Motoensab S. A.)

1.1.2 TIPOS DE MOTOCICLETAS[6].

Existen diversos fabricantes de motocicletas por lo que se tienen diversos modelos. De tal manera que para una clasificación general se empleará el propósito para el cual se utilice la motocicleta descrito a continuación:

1.1.2.1 Ciclomotores.

Técnicamente vienen a ser bicicletas con adaptaciones para colocar un pequeño motor.

1.1.2.2 Minimoto.

Es una versión de motocicleta más pequeña, este tipo de motocicletas están provistas de ruedas de un tamaño menor, así también la distancia entre los ejes de las ruedas y la altura del asiento son más pequeñas, por sus peculiares características este tipo de motocicletas no tienen usos en la ciudad y aun peor en carreteras, este tipo de motocicletas más bien es usado como una diversión para el usuario, por lo general estas motocicletas no disponen de direccionales, luces ni bocina.

1.1.2.3 Moto para carretera y ciudad.

Esta es una de las principales clases de motocicletas en la actualidad, este tipo de motocicletas es usado para carretas las cuales están pavimentadas, por su uso este

[6] Arias M., (2003). *Motocicletas*. (32ava Edición). España: DOSSAT 2000 S.L. Pág.: 22-31.

tipo de motocicletas ya poseen faros, direccionales, bocina, frenos tanto delanteros como traseros, silenciador, espejos, y sistemas eléctricos más adecuados. Existe una gran gama de modelos, existiendo modelos ligeros que pesan menos de 91kg siendo estas para recorridos cortos, las motocicletas que tienen motores más grandes pueden alcanzar velocidades de hasta 161 km/h, también existen motocicletas más pesadas que pueden llegar hasta los 318 kg.

1.1.2.4 Moto para campo travieso y carretera.

Este tipo de motocicleta es especial ya que posee características combinadas, son útiles para el campo al igual que para la carretera, por estas características se las denomina enduro, y se las distingue de otras por la posición del guardabarros delantero ya que su suspensión es más alta para no interrumpir el movimiento de la rueda en los caminos de difícil acceso, así también poseen silenciadores más altos para no correr el riesgo de golpes en el mismo, además el tipo de neumático de este tipo de motocicletas tiene un labrado especial.

1.1.2.5 Moto para trocha (trail).

Estas motos son diseñadas para recorrer por trochas o veredas, algunos de estos modelos de motocicletas pueden recorrer caminos difíciles o pueden ir a campo traviesa, algunos modelos poseen neumáticos que soy muy grandes a relación a los normales, hay también modelos que tiene tres ruedas lo cuales son los muy conocidos triciclos.

1.1.2.6 Moto para campo traviesa.

Este tipo de motocicleta está diseñada para recorrer caminos que no son carreteras, como su nombre lo indica se puede recorrer con este tipo de motocicletas a campo travieso, algunos modelos por ejemplo sirven para travesías en desiertos, motocross, competición en variados eventos deportivos.

Es importante entender que los diferentes modelos de motocicletas no están estrictamente en una sola clasificación como se describió anteriormente, ya que pueden existir modificaciones las cuales tienen como resultado un tipo de moto

diferente que este en otro tipo de clase de motocicleta, teniendo diferentes usos según las respectivas necesidades.

1.1.3 CLASIFICACIÓN DEL MOTOR DE LA MOTOCICLETA POR SU CILINDRAJE.[7]

Existen diferentes cilindradas para diversos modelos de motocicletas, esto se da por la gran variedad de motores que existen para motocicletas; esto se puede observar en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Clasificación del motor por su cilindrada.

CILINDRADA	DESCRIPCIÓN
Menor a 100 c.c.	Estas motocicletas tienen menor peso, baja aceleración, velocidad y costo; por lo cual en este tipo de clasificación se pueden incluir a las minimotos. Debido a que el consumo de combustible es menor (170 Km/gal), son empleadas para la ciudad o para realizar actividades recreativas en las cuales no sea necesario tener una gran potencia.
100 c.c.	Son muy comunes en nuestro medio, tienen un consumo de combustible aproximado a 190 Km/gal; Existen diversos modelos en los cuales se pueda encontrar motocicletas para un uso urbano así como para carretera.
125 c.c.	Las motocicletas con esta cilindrada son las más utilizadas debido a su aceleración, velocidad y bajo consumo de combustible (140 Km/gal); no tienen las mejores características para autopista por las restricciones en aceleración y velocidad, por lo cual son más empleadas en campo travieso, enduro y todo terreno.

[7] Crouse W., Anglin D. (1992). *Mecánica de la Motocicleta.* [versión electrónica]. Recuperado el 10 de Octubre de 2015, de: https://books.google.com.ec/books?id=XWcbIUJUpKEC&printsec=frontcover&dq=la+motocicleta&hl=es-419&sa=X&ved=0CCEQ6AEwAWoVChMIo6v5mYusyAIVBl0eCh2GsASF#v=onepage&q=la%20motocicleta&f=false

250 c.c.	En esta clasificación se tienen rangos de cilindradas que van desde los 200 cc hasta los 300 cc, por lo cual la mayoría de fabricantes tiene numerosos modelos, ya que este tipo de motor se puede utilizar en la mayoría de motocicletas, entre las cuales se incluyen a las de servicio urbano, enduro, todo terreno y carreteras. Estas motocicletas tienen un consumo de combustible aproximado de 120 Km/gal.
350 a 400 c.c.	Este tipo de motocicletas proveen una rápida aceleración así como alta velocidad sin descuidar el consumo de combustible. Estas motocicletas tienen un consumo de combustible aproximado de 100 km/gal.
500 c.c.	Son consideradas de gama alta, en función a sus prestaciones. Estas motocicletas son propicias para la movilización urbana así como en las carreras; tienen un consumo aproximado de combustible de 92 Km/gal.
600 a 750 c.c.	Son adecuadas para el servicio urbano, una de sus características principales es el elevado peso ya que llegan a pesar más de 500 libras, por esta razón no son aptas para motocross, campo travieso, desiertos entre otros. Su consumo de combustible está entre los 75 y 80 km/gal.
Mayor a 750 c.c.	Este tipo de motocicletas pueden llegar a pesar más de las 700 libras, poseen una gran potencia de hasta 90 hp teniendo motores de hasta seis cilindros. Llegan hasta los 210 km/h, con un consumo de combustible de 70 km/gal.

(Fuente: Internet)[8]

[8] *"Estimación de la emisión de contaminantes por motocicletas"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532008000300024

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Rediseñar, Optimizar y Simular la línea de ensamblaje de motocicletas para la empresa MOTOENSAB S.A.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Presentar un estudio de la línea de ensamblaje de motocicletas para establecer los diferentes parámetros que pueden ser optimizados.
- Identificar las condiciones iniciales en las que se encuentra la línea de ensamblaje de motocicletas en la empresa.
- Realizar un modelo de optimización con la correspondiente simulación de la línea de ensamble de motocicletas.
- Definir los beneficios que se pueden obtener mediante la implementación de un nuevo modelo.

1.3 ALCANCES.

- Se realizará el estudio del ensamblaje de los tres modelos más representativos para la empresa.
- Se estudiará las condiciones existentes, ventajas y desventajas de la línea de ensamble de motocicletas.
- Se desarrollará la simulación del proceso de ensamble de motocicletas, considerando todas las etapas dentro de la planta.
- Se contrastará los resultados iniciales con los posteriores a la simulación de optimización.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Debido a la automatización en los procesos industriales en la actualidad. Para la empresa MOTOENSAB S. A. es de suma importancia optimizar su proceso de

ensamblaje. Con esto se espera mejorar los tiempos de ensamblaje de estación a estación, con lo que se eliminará los cuellos de botella, reprocesos y tiempos muertos. El estudio de la ingeniería de operaciones permitirá tomar las decisiones correspondientes para la optimización en los procesos de ensamblaje de la empresa MOTOENSAB S. A. Con esto se espera aumentar la eficiencia de las operaciones y eliminar los cuellos de botella que se presenta en la línea de ensamblaje.

Utilizando la simulación por computadora, se presentará el funcionamiento actual de la línea de la empresa MOTOENSAB S. A., con lo cual se podrá determinar los problemas existentes que no pueden ser percibidos a simple vista. Al utilizar esta herramienta de la simulación por computadora y corregir los problemas encontrados. Se puede llegar a reducir considerablemente los tiempos de cada estación de la línea de ensamblaje, evitando gastos extras y costos de reprocesos, etc.; mejorando la rentabilidad de la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CONCEPTOS GENERALES.

2.1.1 PROCESO.

"Es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforma uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes."[9]

2.1.2 INSUMOS.

Factores que intervienen de forma directa en la producción de bienes. Estos insumos pueden ser: capital, materia prima, mano de obra, maquinaria o equipos tecnológicos, e instalaciones.

2.1.3 PRODUCTOS.

"Son el resultado de la transformación de diferentes flujos de materiales dentro de un mismo proceso". [10]

2.1.4 OPERACIONES.

"Procesos que se emplean para transformar los recursos que utiliza una empresa en los productos y servicios que desean los clientes."[11]

2.1.5 SUMINISTRO.

"Forma de abastecer los materiales y los servicios que entran y salen de los procesos de transformación de la empresa."[12]

---

[9] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena del Valor*. (8va edición).México: Pearson. ISBN: 978-970-26-217-9. Pág.: 4.
[10] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (12ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-970-10-7027-7. Pág.:4
[11] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (12ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-970-10-7027-7. Pág.:4
[12] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (12ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-970-10-7027-7. Pág.:4

2.1.6 PROYECTO.

"Un proyecto es un conjunto de actividades finitas que, por lo general, se realiza de una sola vez y tienen objetivos bien definidos."[13]

2.1.7 EFICIENCIA DE LAS OPERACIONES.

Es la relación entre los recursos empleados para la ejecución de un proyecto y los logros que se consigue de éste, es decir, obtener resultados con la menor cantidad de recursos.

2.1.8 EFICACIA DE LAS OPERACIONES.

Permite evaluar el grado de desempeño de las distintas actividades, logrando cumplir los objetivos de tal manera que se pueda generar un beneficio.

2.1.9 BIENES.

"Son productos tangibles que se pueden almacenar, transportar y comprar para usar con posterioridad."[14]

2.1.10 SERVICIOS.

"Es un producto intangible que no puede almacenarse puesto que debe consumirse tan pronto se elabora."[15]

2.2 INGENIERÍA DE OPERACIONES.

"El término ingeniería de operaciones se refiere al diseño, dirección y control sistemáticos de los procesos que transforman los insumos en servicios y productos para los clientes internos y externos"[16].

---

[13] Noori, H. Radford, R. (1997). *Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida*. Bogotá D.C. McGraw Hill. ISBN: 958-600-603-4. Pág.:360.
[14] Noori, H. Radford, R. (1997).*Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida*. Bogotá D.C. McGraw Hill. ISBN: 958-600-603-4. Pág.:25.
[15] Noori, H. Radford, R. (1997).*Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida.* Bogotá D.C. McGraw Hill. ISBN: 958-600-603-4. Pág.:25.
[16] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena del Valor*. (8va edición).México: Pearson: ISBN: 978-970-26-217-9. Pág.: 4.

En la figura 2.1 podemos observar diferentes tipos de organizaciones que rodean a las diversas operaciones, además se puede ver que cada función es específica, ya que tienen su propio dominio de conocimiento, responsabilidades, procesos, toma de decisiones y habilidades, por ello entre los diferentes departamentos y funciones siempre existe vinculación por medio de los procesos.

Figura 2.1: Administración de operaciones como función (Fuente: Krajewski, L.).[17]

Para los gerentes de operaciones es indispensable implementar y conservar las buenas relaciones en toda la organización. Si no se puede conservar las mismas, en los departamentos se tendrá múltiples problemas para la toma de decisiones, por lo cual se indica que la correcta conexión entre funciones es esencial para poder tener una administración eficaz. Además para la toma de decisiones estratégicas es muy importante que se tome en cuenta a toda la organización, ya que existen diferentes relaciones que se dan entre las múltiples funciones las cuales son indispensables para tomar una buena decisión.

2.2.1 VISIÓN DE LOS PROCESOS.[18]

Los procesos indican la manera más adecuada de funcionamiento de la empresa en la realidad, por lo cual se los elige como unidad de análisis en lugar de usar a los departamentos de la empresa o a la empresa misma.

---

[17] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena del Valor*. (8va edición).México: Pearson. ISBN: 978-970-26-217-9. Pág.: 5.
[18] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena del Valor*. (8va edición).México: Pearson. ISBN: 978-970-26-217-9. Pág.: 5-6.

Generalmente los departamentos de una empresa tienen sus propios recursos y personal para alcanzar sus objetivos, además existen procesos que están inmersos dentro de los departamentos, sin embargo el concepto de proceso va mucho más allá, ya que un proceso también puede tener sus propios objetivos.

2.2.1.1 Procesos de manufactura.[19]

"Los procesos de transformación cambian los materiales en una o más de las siguientes dimensiones:"

1. *Propiedades Físicas.*
2. *Forma.*
3. *Dimensión fija.*
4. *Acabado de la superficie.*
5. *Unión de partes y materiales.*

2.2.2 CADENA DE VALOR.[20]

La cadena de valor es una agrupación de grandes actividades interrelacionadas que conciben un servicio o bien para la satisfacción del cliente. Como la organización es un conjunto de funciones o procesos, y estos a la vez son independientes se dice que el comportamiento de la empresa está vinculado con el comportamiento de cada proceso. Por lo que los procesos agregan valor a los clientes; el conjunto del valor agregado de los diferentes procesos viene a ser lo que es nuestra cadena de valor.
En la figura 2.2 se observa un esquema de la cadena de valor que fue realizado y acreditado por Michael Porter en su obra *"Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance (1985)."*[21]

---

[19] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena del Valor*. (8va edición).México: Pearson: ISBN: 978-970-26-217-9. Pág.: 450-456.
[18] *"Cadena de valor"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_valor
[21] *"Cadena de valor"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_valor

Figura 2.2: Cadena de valor (Fuente: Porter, M.).[22]

En este diagrama podemos observar los tipos de procesos que se tienen en una cadena de valor, los cuales son:

2.2.2.1 Procesos de Apoyo (Blandas).

Para los procesos de apoyo en nuestro diagrama tenemos al abastecimiento, al desarrollo tecnológico, los recursos humanos y a la infraestructura de la empresa.

2.2.2.2 Procesos Centrales (Transformación- Duros).

Para los procesos centrales en nuestro diagrama tenemos la logística interna, las operaciones, la logística externa, el marketing y ventas como los servicios; estos procesos nos permiten entregar el producto terminado a los clientes externos, estos a su vez responden a la razón de ser de la organización, los directores de estos tipos de procesos tienen grandes nexos con los clientes externos para establecer el desarrollo de próximos productos y servicios.

2.2.3 CADENA DE SUMINISTRO.

La cadena de suministros es la coalición de todas las empresas u organizaciones que son parte de la producción, operaciones, manipulación, distribución, abastecimiento, almacenaje y comercialización de los diferentes bienes y servicios que se tenga. Por ejemplo podemos tener nuestra cadena de suministro como se indica en la figura 2.3 la cual consta de la cadena de valor de los proveedores seguido de la cadena de valor

[22] *"Cadena de valor"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 12 de Octubre de 2015, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_valor

del productor, del comercializador y finalmente con la cadena de suministro del distribuidor/cliente.

Figura 2.3: Cadena de suministro (Fuente: Propia).

2.2.4 PRODUCTIVIDAD.

"La productividad es una medición básica del desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos. La productividad es el valor de los productos (Bienes y Servicios), dividido entre los valores de los recursos (salarios, costo de equipo y similares), que se han usado como insumos:"[23]

$$Productividad = \frac{Productos}{Insumos} \qquad \text{Ec. 2.1.}$$

Calcular la productividad es de gran beneficio, ya que en la administración de operaciones es de gran importancia conocer cómo utilizar los diferentes recursos de la mejor manera posible.

La productividad se puede comparar en dos sentidos:

- Contrastar operaciones equivalentes de un mismo sector.
- Obtener la productividad de una operación al paso del tiempo.

Estas comparaciones se las realiza para poder entender de qué manera se están utilizando los diferentes recursos que tiene la empresa, y además se puede analizar las zonas donde es necesario algún tipo de mejoría.

---

[23] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2013). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 16.

2.2.4.1 Formas de expresar la productividad.[24]

- **Medida Parcial.**

  Se obtiene la razón del producto a un único insumo.
- **Medida Multifactorial.**

  Se obtiene la razón del producto a un grupo insumos (no todos).
- **Medida Total.**

  Se obtiene la razón de todos los productos a todos los insumos.

Para realizar las respectivas medidas, se puede tomar como base el valor de los productos en relación al pago que se realiza, o con las unidades fabricadas o clientes atendidos. Para el valor de los insumos se puede tomar como referencia el costo o las horas que se haya trabajado.

2.2.4.2 Inconvenientes con la medida de la productividad.[25]

Se puede tener diferentes problemas con la medida de la productividad como:

- Las características del producto elaborado puede tener variaciones, mientras que la cantidad de insumos y salidas no cambian (se quedan constantes).
- Puede existir una variación de la productividad causando incrementos o rebajas por causas externas, por tanto el sistema no consigue ser responsable directamente.
- Es posible que no existan las unidades más apropiadas para expresar la relación.

2.2.5 ESTRATEGIA DE OPERACIONES-PRODUCCIÓN.[26]

Las estrategias de operaciones – producción implementan planes y políticas para el mejor uso de los recursos que se tiene en una empresa. Para lograr este objetivo se debe generar una interacción continua entre las distintas funciones que se tenga; están

---

[24] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (12ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-970-10-7027-7. Pág.:28.
[25] Carro, R. Gonzales, D. (s.f.). *Productividad y competitividad* [versión electrónica]. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de: http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
[26] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (12ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-970-10-7027-7. Pág.:22

comprometidas con las decisiones que se pueden tomar para el diseño de un proceso, al igual que la infraestructura que se necesita para desarrollar el mismo.
Para el diseño del proceso se debe tomar en cuenta las siguientes decisiones:

- Seleccionar la tecnología más apropiada.
- Establecer el tamaño del proceso en el transcurso del tiempo.
- Realizar el inventario del proceso.
- Seleccionar la correcta ubicación del proceso.

Para lo referente a la infraestructura se debe tomar en cuenta las siguientes decisiones:

- Implementación de sistemas de control y planeación.
- Aseguramiento de la calidad.
- Organización de las funciones de operaciones.

El diseño de las estrategias de operaciones-producción debe ser realizado con anticipación, ya que los objetivos que tiene la organización habitualmente van cambiando con el paso del tiempo, es necesario cubrir las necesidades futuras que surjan, por esto se indica que las estrategias operaciones de las empresas deben acomodarse a las necesidades cambiantes de los clientes, ya sea en servicios o productos.

2.3 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.

Es un tipo de metodología que combina sistemas, técnicas y personas, para conseguir los objetivos establecidos en un tiempo determinado. La administración de proyectos está inmersa en tres fases las cuales son:

2.3.1 PLANEACIÓN DEL PROYECTO.[27]

En esta fase se incluye la definición del proyecto, el establecimiento de las metas que se quieren cumplir y como se va a realizar la estructura del equipo.

En el marco de la planeación del proyecto, es muy importante lo referente a la organización del proyecto ya que aquí se certifica que todos los programas existentes y nuevos sigan su transcurso sin que existan contratiempos, y de esta manera concluir con éxito.

2.3.2 PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO.[28]

Se establecen fuertes relaciones entre las personas, suministros y recursos económicos necesarios, implementándose actividades específicas y relaciones entre las mismas.

En la programación del proyecto están introducidas las respectivas actividades que poseen secuencias y tiempos de ejecución. En la fase de administración de proyectos se decide el tiempo, los materiales y el número de personas que son necesarios para realizar las diferentes actividades en cada una de las distintas etapas de producción.

En la programación del proyecto se construyen diferentes tipos de gráficas, las cuales sirven para realizar la programación de las necesidades existentes, aquí se puede encontrar las gráficas de Gantt y las técnicas de PERT y CPM como serán detalladas en los siguientes puntos.

Para cualquier método mencionado anteriormente, la programación del proyecto nos ayuda con lo siguiente:

- Indica las relaciones de las distintas actividades con el proyecto.
- Determina las relaciones de precedencia de las actividades.
- Indica como disponer los costos y tiempos de las actividades.
- Apoya a la optimización de las personas, dinero, recursos, etc. Identificando puntos críticos como cuellos de botella existentes.

---

[27] Render B., Heizer J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 60-61.

[28] Render, B. Heizer, J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 63.

2.3.3 CONTROL DEL PROYECTO.[29]

En esta fase se inspecciona los recursos, la calidad, costos, etc., para mostrar si se mantiene de la misma manera o es necesario una implementación adicional. Con un control adecuado se puede establecer los recursos según las necesidades, para llevar un control de una manera más eficiente se usan gráficas, técnicas y programas especiales para el control de los procesos, se usan programas como: MacProject, Primavera, HP Project, MindView, Microsoft Project, Fast Track, entre otros.

2.3.4 METODOLOGÍAS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.

Son desarrolladas para ayudar a los gerentes de producción para realizar la programación, revisión y control de los proyectos; con estas técnicas se toma el control minimizando los riesgos que puedan existir.

2.3.4.1 Gráficas de Gantt.[30]

Henry Gantt introdujo las gráficas de Gantt como uno de las principales metodologías de la administración de proyectos, con estas gráficas se realizó en un inicio el control de la producción en la construcción de buques en el siglo XX.

Estas gráficas son matrices donde se puede visualizar las diferentes actividades, las mismas tienen las respectivas fechas de inicio y fin de sus actividades (tiempo programado de realización de actividades), además se indican los responsables de las actividades y el cumplimiento que se da a las mismas.

2.3.4.1.1 Elaboración de una gráfica de Gantt.

Un diagrama de Gantt consta de actividades (eje vertical) al lado izquierdo de la gráfica, y al lado derecho se muestran las respectivas barras (eje horizontal) donde se observa el tiempo de duración de cada una de las actividades, estas barras son proporcionales al tiempo que se necesita para completar la actividad.

Para realizar una gráfica de Gantt, se deben seguir los siguientes pasos:

---

[29] Render, B. Heizer, J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 64

[30] Mattos, A. Valderrama, F. (2014). *Métodos de Planificación y Control de obras*. (1ra Edición). Barcelona: Reverté. ISBN: 978-84-291-3104-8. Pág: 136-148.

1. Entender cómo se desarrollará el proyecto, todas las actividades a desarrollarse y las relaciones existentes en las mismas.
2. Recopilar la información que sea del caso, los diferentes procesos que se desarrollen en el proyecto, así como los recursos que sean necesarios en cada paso.
3. Establecer los tiempos en los cuales se desarrollan las diferentes actividades, fijando estos a las barras horizontales de la gráfica.
4. Programar las diferentes tareas que se van a llevar a cabo poniendo los plazos bien definidos, realizar el escalonamiento de las tareas y eliminación de los tiempos muertos, estas tareas se deben realizar por etapas y con fechas de ejecución.
5. Colocar las barras de las tareas que van a ser realizadas en la gráfica.
6. Evaluar y determinar las distintas relaciones de dependencia que se tengan en las tareas o etapas del proyecto, tomando en cuenta que las diferentes actividades deben quedar en orden en las cuales van a ser desarrolladas, viéndose las actividades que son subordinadas e independientes.
7. Plasmar el diagrama de Gantt en un software especializado o a su vez en un papel para su respectivo uso.

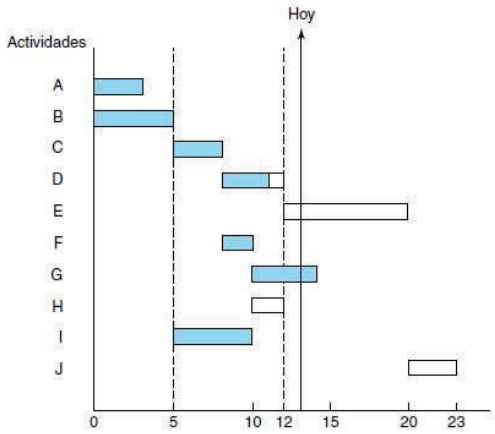


Figura 2.4: Gráfica de Gantt (fuente: Eppen G.).[31]

[31] Eppen, G. Gould, F. Schmidt, C. Moore, J. Weatherford. (2000). *Investigación de operaciones en la Ciencia Administrativa*. (5ta Edición). México: Pearson. Pág.: 661

2.3.4.1.2 Ventajas de una gráfica de Gantt.

- Facilidad de construcción, modificación y bajo costo.
- Se obtienen gráficas sencillas de sistemas que pueden ser muy complicados, de fácil comprensión, adecuada a los distintos procesos en las distintas fases del proyecto.
- Permite ordenar las ideas de manera que se comprenda las mismas de una manera muy fácil.
- Deja estimar plazos que son más realistas, indican los intervalos en los cuales se debe realizar las distintas tareas.

2.3.4.1.3 Desventajas de una gráfica de Gantt.

- Cantidad de actividades limitadas, ya que pueden llegar a ser muy complejos.
- No indica las distintas relaciones que existen entre las actividades.
- Las longitudes de las barras no representan la cantidad de trabajo, ni recursos utilizados.
- Estos diagramas se deben actualizar constantemente ya que pueden varias las características establecidas.

2.3.4.2 Técnicas PERT y CPM.[32]

La Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (**PERT Program Evaluation Review Technique**) es un método de red que nos sirve para la programación de proyectos; esta técnica se desarrolló en el año de 1950 al implantar al proyecto del submarino nuclear Polaris, aquí se utilizó para programar más de 3000 contratistas, agentes y proveedores.

[32] Noori, H. Radford, R. (1997). *Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida*. Bogotá: McGraw Hill. ISBN: 958-600-603-4. Pág.:370-379.

El Método de la Ruta Crítica (**CPM Critical Path Method**) permite realizar el control y optimización de las operaciones, consiguiendo la reducción de costos por la planeación ejecutada.

Los diagramas de CPM y PERT son herramientas que presentan mejores características que los diagramas de Gantt, ya que se puede identificar el orden de las actividades que se van a realizar. Estos diagramas permiten observar las diferentes actividades que se realizan simultáneamente, y cuáles no se las puede realizar de esta manera.

Con estas herramientas se puede conocer lo siguiente:

- Evaluar la fecha en la que el proyecto se va a culminar.
- Actividades críticas que pueden crear retrasos si no son realizadas en el tiempo establecido.
- Actividades no críticas, estas se pueden retrasar sin que afecten la terminación del proyecto en el tiempo establecido.
- El estado del proyecto, si se encuentra al día, adelantado o en atraso.
- Establecer si los recursos existentes son suficientes para la culminación del proyecto.
- Conocer la manera más óptima de cómo reducir el tiempo esperado del proyecto.

2.3.4.2.1 Pasos básicos de las técnicas de pert y cpm.

Las técnicas de PERT y CPM siguen los siguientes 6 pasos comunes:

1. Especificar el proyecto, actividades y tareas importantes.
2. Establecer las relaciones existentes de las actividades, ver las actividades que preceden a otras y las que no lo hacen.
3. Graficar el diagrama de red con las respectivas actividades.
4. Fijar para las respectivas actividades el tiempo, o costo para ser completadas.
5. Determinar el tiempo necesario para completar las actividades en los trayectos de la red.
6. Usar la red desarrollada para programar, monitorear y controlar el proyecto.

2.3.4.2.2 Diferencias entre las técnicas de pert y cpm.[33]

PERT

- Utiliza un método probabilístico.
- Supone que la variable del tiempo no es conocida, por lo que se tienen solamente datos estimados.
- Emplea tres estimados del tiempo (muy probable, probable, lo menos probable), o (probable, optimista y pesimista).

CPM

- Utiliza un método determinístico.
- Señala que los tiempos de las actividades son conocidos, permiten ir cambiando a medida de los recursos que se utilicen.
- Emplea un solo estimado del tiempo, (estimados del tiempo en un solo punto).

2.3.4.2.3 Ventajas de las técnicas de pert y cpm.[34]

- Estos métodos permiten planificar, organizar y controlar detalladamente todo el programa.
- Permiten una estrecha comunicación entre las dimensiones de tiempo, costo y personal.
- Posibilitan determinar la ruta crítica, encontrándose los principales problemas que existan para ejecutar de una manera óptima el proyecto.
- Admite la posibilidad de realizar una simulación de las diferentes situaciones que se pueden dar.
- Se puede ver las consecuencias en el no cumplimiento de plazos y programas.
- Colabora de manera de satisfactoria a plasmar con el plazo propuesto.
- Se utiliza representaciones gráficas, matemáticamente no son complejos de realizar.
- Se obtiene apreciable información documentada de los procesos.

---

[33] *"Planificación y control de proyectos"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 27 de Noviembre de 2105 , de: http://www.uv.es/jomaroes/DirProduccion/Tema_11.pdf

[34] Render, B. Heizer, J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 82.

2.3.4.2.4 Limitaciones de las técnicas de pert y cpm.[35]

- Todas las actividades deben estar de forma clara e independiente, especificándose la precedencia de las mimas.
- Se debe conocer el comienzo y finalización exacta de las actividades.
- Puede existir demasiada importancia en el camino crítico.
- No se puede asumir independencia entre todas las actividades del proyecto.
- Se puede tomar demasiada subjetividad para la estimación de los tiempos para las actividades.
- Las distribuciones reales pueden ser diferentes que la distribución beta utilizada.

2.3.4.3 Diagrama de Red.[36]

Es una forma de representar visualmente todas las actividades relacionadas en un proyecto, una red está compuesta de nodos (círculos) que son unidos por flechas (arcos-ramas).

Existen **diagramas de red de actividades en Nodo (DAN)**, en este tipo de diagramas en los nodos representa las actividades mientras que las flechas representan el orden en el cual éstas se deben realizar.

Existen **diagramas de red de actividad en Flecha (DAF)**, en este tipo de diagramas las flechas representan las actividades que están entrelazadas por dos nodos, aquí solo existe un inicio y un final del proyecto.

En la tabla 2.1 presenta las principales características de las actividades y los nodos.

Tabla 2.1. Actividades - Nodos.

ACTIVIDAD	NODO
Tarea a ser realizada.	Un punto en el tiempo, un instante del proyecto.
Tiene duración.	No posee duración.
Se asignan recursos.	No se asignan recursos.

(Fuente: propia)

[35] Render, B. Heizer, J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 83.

[36] Mattos, A. Valderrama, F. (2014). *Métodos de Planificación y Control de obras*. Barcelona: Reverté. ISBN: 978-84-291-3104-8. Pág.: 99-103.

En la figura 2.5 se observa en la primera columna los diagramas de red de actividades de Nodo, las actividades representadas por las letras A, B, C están en los círculos los cuales están unidos por flechas, en la segunda columna se encuentran representados los diagramas de red de actividades en Flecha, ya que se ve que las actividades se encuentran en las flechas y no en los nodos. En el literal **a** de la gráfica se observa que A ocurre antes que B, y B ocurre antes que C; en el literal **b** se observa que A y B deben terminar antes que C pueda iniciar; en el literal **c** se observa que B y C no pueden iniciar hasta que la actividad A haya finalizado.

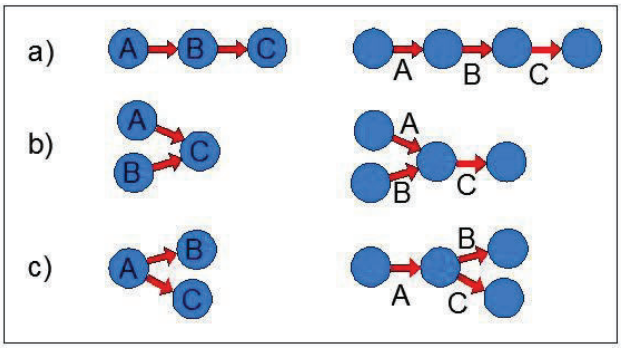


Figura 2.5: Diagramas de red (Fuente: propia).

Es muy importante la correcta realización de los diagramas de red ya que se los utiliza como una herramienta para observar las relaciones entre las actividades, el camino crítico, analizar alternativas y estudiar las simulaciones.

2.3.4.3.1 Elaboración de un Diagrama de Red.[37]

Para elaborar un Diagrama de Red se siguen los siguientes pasos:

1. El inicio de la red se debe realizar por el lado izquierdo, comenzando con un solo evento inicial (no existe nada preliminar).
2. Las actividades iniciales se llevan a cabo a partir del evento inicial, lo que quiere decir que no se tiene actividades predecesoras, por lo cual cada actividad inicial termina con un evento distinto.
3. Se realizan las actividades que siguen, estas deben partir de sus predecesores, se debe examinar la tabla de precedencias iniciándose por las actividades en

[37] Noori, H. Radford, R. (1997). *Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y Respuesta sensible rápida.* Bogotá: Mc Graw Hill. ISBN: 958-600-603-4. Pág.: 364-367.

las cuales ya se tengan predecesores, si se tiene varios predecesores para una actividad, estos deben dirigirse al mismo evento.

4. El final de la red está posicionado a la derecha del diagrama con un único evento final, a este evento se dirigen todas las actividades que no poseen sucesores, en este punto se marca el evento del fin de la red como del proyecto.

2.3.4.4 Ruta crítica (CPM).[38]

La ruta crítica es la secuencia de actividades en la red, que demande más tiempo para llevarse a cabo desde el principio hasta el final del proyecto. Las actividades que se encuentran incluidas en la ruta crítica son las que determinan el tiempo de terminación del proyecto, si una de estas actividades sufre un retraso todo el proyecto también lo soporta. Tomar en cuenta las rutas que no son críticas, ya que estas también incluyen tiempos importantes que pueden generar retrasos en el proyecto.

2.3.4.4.1 Holgura en una actividad (s).

La holgura en una actividad es la máxima cantidad de tiempo que puede soportar una actividad para no generar retrasos en todo el proyecto, todas las actividades en la ruta crítica deben tener una holgura de cero. Las actividades que tienen una holgura de cero o muy poca holgura son las que más interés tienen en la red, ya que necesitan de supervisión en el progreso de las mismas para que no se generar atrasos en el proyecto.

Se requiere de cuatro tiempos para calcular la holgura de una actividad, estos son:

- Tiempos de inicio y terminación más próximos.

    1. Tiempo de terminación más próximo EF (Earliest finish time).

        El tiempo de terminación más próximo de una actividad viene a ser el tiempo de inicio más próximo sumado la duración estimada de la actividad. (EF = ES + t).
    2. Tiempo de inicio más próximo ES (Earliest start time).

[38] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 57-60.

El tiempo de inicio más próximo de una actividad es el tiempo de terminación más próximo de una actividad inmediatamente precedente, si existen varias actividades precedentes el ES, es el más lejano de los EF precedentes.

- Tiempos de inicio y terminación más lejanos.

Para poder obtener estos tiempos es necesario trabajar desde el nodo de atrás (nodo final) hacia adelante, para comenzar se debe establecer que el tiempo de terminación más lejano viene a ser el tiempo de terminación más próximo de la última actividad que se tenga en la ruta.

1. Tiempo de terminación más lejano LF (Latest finish time).

   "El tiempo de terminación más lejano de una actividad es el tiempo de inicio más lejano que sigue inmediatamente", si existe más de una actividad, el LF viene a ser el más próximo de los LS de esas actividades.

2. Tiempo de inicio más lejano LS (Latest start time).

   El tiempo de inicio más lejano de una actividad viene a ser el tiempo de terminación más lejano restado la duración esperada. (LS = LF + t).

En la figura 2.6 se observa cómo van colocados los diferentes tiempos de una actividad en un nodo.

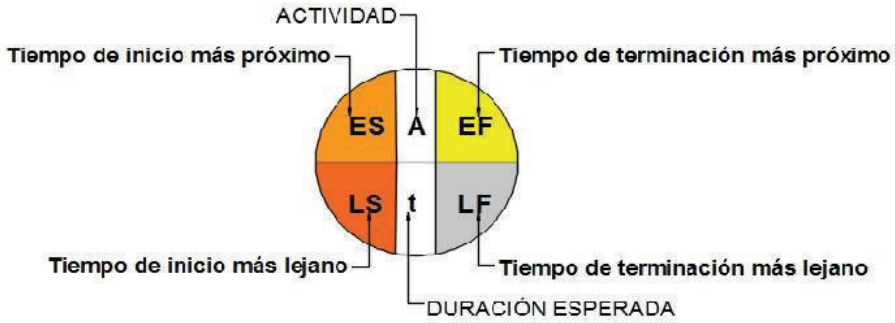


Figura 2.6: Estructura de un nodo con los diferentes tiempos (fuente: propia).

La ***holgura total*** de una actividad está en función del desempeño de todas las actividades que llevan a ella, y se la calcula de las siguientes maneras:

$$S = LS - ES \qquad \text{Ec. 2.2.}$$

$$S = LF - EF \qquad \text{Ec. 2.3.}$$

La ***holgura libre*** de una actividad es una cantidad de tiempo que se puede retrasar la fecha de terminación más próxima de una actividad, sin que exista tiempo de retraso del inicio de la actividad inmediata.

2.3.4.5 Variabilidad de los tiempos de las actividades Pert.[39]

Como se indicó anteriormente se sabe que la técnica de PERT difiere de la técnica de CPM, ya que con la técnica PERT se asume que los tiempos de duración de las actividades tienen una duración probabilísticas fundadas en tres estimaciones:

1. Tiempo Optimista (a): Es el tiempo en el que ocurre la ejecución del proyecto demasiado bien.
2. Tiempo más Probable (m): Es el tiempo en el que ocurre la ejecución del proyecto en condiciones normales.
3. Tiempo Pesimista (b): Es el tiempo en el que ocurre la ejecución del proyecto demasiado lento (deficiente).

2.3.4.5.1 Cálculo estadístico del tiempo.[40]

Con las tres estimaciones del tiempo descritas en el punto anterior, se tiene información suficiente para poder estimar la probabilidad en la que una actividad se va a llevar a cabo en el plazo estipulado.

Para las técnicas de PERT y CPM el tiempo de las actividades es considerado como una variable aleatoria que viene de una distribución de probabilidades beta, esta distribución tiene varias formas, las cuales permiten que la estimación del tiempo más probable se encuentre entre el tiempo optimista y pesimista.

---

[39] Chase, R. Jacobs, R., Aquilano, N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:349.

[40] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2013). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 66-67.

La estimación del tiempo más probable en una distribución beta conocida como Moda (tiempo de más probabilidad de ocurrencia), con una distribución normal no es posible tener esto, ya que por la simetría existente no se puede obtener la moda ya que se necesita que existan puntos equidistantes de los puntos de la distribución. En la siguiente figura se indica las diferencias entre la distribución beta y normal.

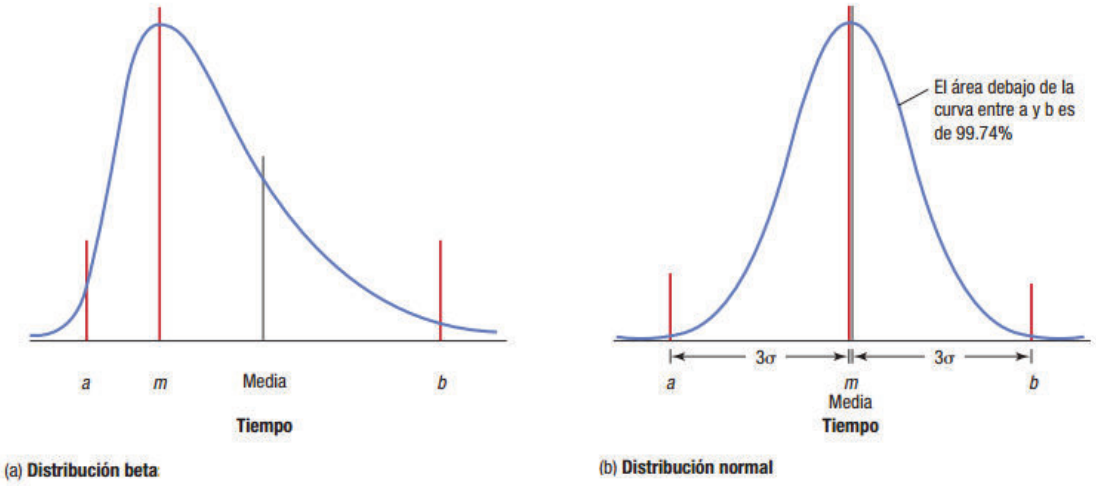


Figura 2.7: Distribuciones beta y distribución normal (fuente: Krajewski L.)

*"En la **distribución beta** el tiempo más probable (m) tiene la probabilidad más alta y puede localizarse en cualquier punto entre los tiempos optimista (a) y pesimista (b). En la **distribución normal** la media y el tiempo más probable deben ser iguales. Si a y b se seleccionan procurando que haya 6σ de distancia entre ambos, existirá una probabilidad de 99.74 % de que el tiempo real de la actividad se ubique en algún punto entre los dos."*[41]

Para obtener la media y la varianza de las distribución de probabilidades, es necesario realizar dos suposiciones: a) Se estima con precisión a, m y b, y b) la desviación estándar, σ, del tiempo de la actividad es equivalente a la sexta parte de los valores a – b, por lo que la probabilidad es muy alta de que los valores se encuentren entre a y b. Con estas suposiciones se puede demostrar por medio de cálculos que la media de la distribución beta puede ser estimada usando el siguiente promedio ponderado:

[41] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suministro*. (8va Edición). México: Pearson. ISBN: 978-970-26-217-9.Pág.: 93.

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \qquad \text{Ec. 2.4.}$$

Para las diferentes actividades, la varianza de una distribución beta es:

$$\sigma^2 = (\frac{b - a}{6})^2 \qquad \text{Ec. 2.5.}$$

Como se puede observar en la formula anterior la varianza es igual al cuadro de la desviación estándar; esta aumenta a medida que la diferencia entre el tiempo pesimista (b) y el tiempo optimista (a) es más grande, esto significa que la varianza es mayor cuando el tiempo real de una actividad no es la adecuada.

2.3.4.5.2 Análisis de Probabilidades.[42]

Al momento de realizar las estimaciones de los tiempos se introduce incertidumbre, por lo cual es necesario establecer la probabilidad para cumplir con las fechas establecidas en el proyecto.

Para desarrollar la distribución de probabilidades, se supondrá que la duración que tiene una actividad no dependerá de la duración de las otras actividades, con esto se puede estimar la media y la varianza de la distribución de probabilidades del proyecto, sumando las varianzas y los tiempos de duración de las actividades que son parte de la ruta crítica.

Debido a la suposición de que los tiempos de las actividades son variables aleatorias independientes, se aplica el Teorema del Límite Central, en el cual la suma de variables aleatorias distribuidas de forma similar, se aproxima a una distribución normal a medida que estas variables se aumentan. La media que se tenga de la distribución normal es igual a la suma de los tiempos esperados de las actividades incluyendo a los de la ruta.

Para la ruta crítica tenemos que el tiempo esperado de terminación más próxima es:

$$\boldsymbol{T_E = \ Media\ de\ la\ distribución\ normal =} \qquad \text{Ec. 2.6.}$$

$$\sum(\boldsymbol{Tiempos\ esperados\ en\ las\ actividades\ de\ la\ ruta\ crítica})$$

[42] Krajewski, L. Ritzman, L. Malhotra, M. (2013). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 68.

Por la suposición de la independencia de los tiempos, usamos la suma de las varianzas de todas las actividades de la ruta como la varianza de la distribución de tiempos para esa ruta, por lo cual para la ruta crítica se tiene:

$$\sigma^2 = \sum (Varianza\ de\ las\ actividades\ incluidas\ en\ la\ ruta\ crítica) \qquad \text{Ec. 2.7.}$$

Para realizar el análisis de probabilidades, y ver si un proyecto se va a cumplir en el tiempo esperado empleando la distribución normal, aplicamos la siguiente ecuación:

$$z = \frac{T - T_E}{\sqrt{\sigma^2}} \qquad \text{Ec. 2.8.}$$

Donde T es la fecha en la cual se cumple el plazo para terminar el proyecto.

Obtenido el valor de z, se utiliza la tabla del Anexo 1 con lo cual encontramos la probabilidad para que nuestro proyecto termine en el tiempo establecido, o antes. Una suposición que se realiza al usar este método es que no existe otra ruta crítica durante el proyecto.

Para evaluar la probabilidad de cumplir cualquier actividad en un tiempo establecido se realiza de manera similar a la descrita, con el cambio de que en lugar de la ruta crítica se usa una ruta de actividades con el mayor tiempo, considerada desde el nodo inicial hasta el final.

2.3.4.6 Pasos para analizar un proyecto con los estimados del tiempo de una actividad. [43]

1. Identificar las actividades del proyecto.
2. Establecer la secuencia de las actividades, construir la red que lo indique.
3. De terminar la variabilidad de los tiempos de las actividades (a, m y b).
4. Determinar el tiempo esperado (t_e).
5. Establecer la ruta crítica; con los tiempos esperados se puede calcular de la misma forma como que se tuviera un solo tiempo.
6. Calcular la varianza de una actividad (σ^2).

[43] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:349-350.

7. Determinar la probabilidad de terminación de una actividad en el tiempo establecido.

2.4 ANÁLISIS DE PROCESOS.[44]

Un proceso está referido a la transformación de insumos en productos, agregando valor a los insumos que fueron transformados, el correcto funcionamiento de los distintos procesos garantizan la competitividad de una empresa.

El análisis de procesos viene a ser una metodología que permite examinar la dinámica que se tiene en las organizaciones, este análisis permite conocer aspectos muy importantes como son: número de clientes que se pueden manejar, tiempo que se demora en atender un cliente, cambios necesarios para extender la capacidad, costo del proceso, etc.

2.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS.

Un diagrama de flujo de procesos es un diagrama que muestra los elementos básicos que generalmente son las actividades, las zonas de almacenamiento y los flujos que existan, son representados de la manera siguiente:

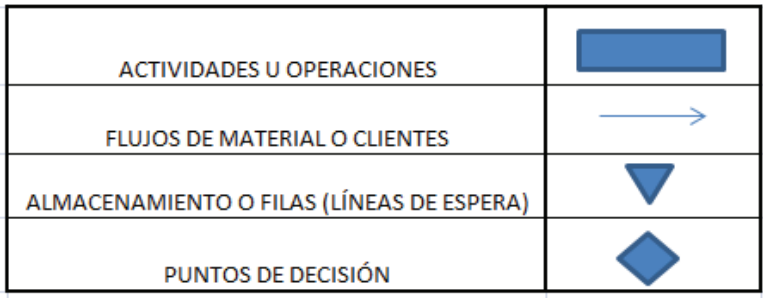


Figura 2.8: Símbolos de un flujo de proceso (fuente: propia).

Las actividades son representadas como rectángulas, a los flujos se les asigna flechas, el almacenamiento de bienes u otros artículos como triángulos invertidos, además los puntos de decisión son representados por rombos.

---

[44] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:108-125.

Existen ocasiones en las cuales es necesario dividir al diagrama que se tenga en algunas franjas verticales y horizontales, ya que de esta manera se puede separar las actividades que son parte del proceso.

En la figura 2.9 se presenta un ejemplo de un diagrama de flujo de proceso en el que se representa las actividades externas de un jugador en un casino y el movimiento en el interior de la máquina tragamonedas.

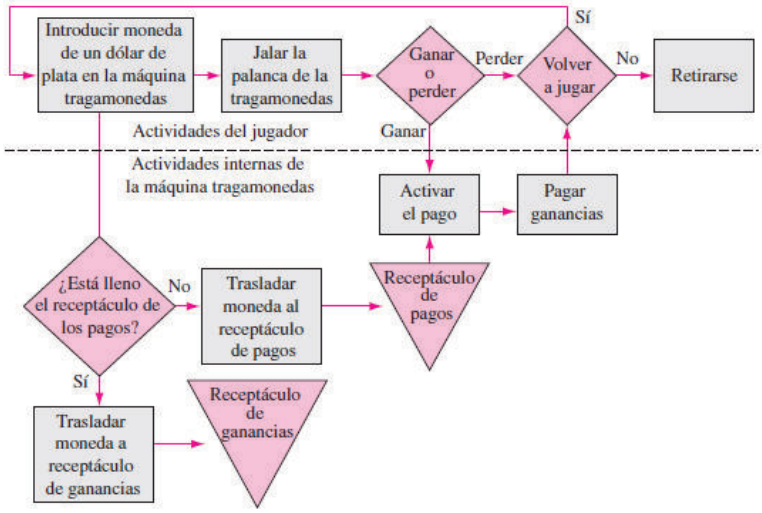


Figura 2.9: Ejemplo de flujo de proceso (fuente: Chase R.).[45]

2.4.2 TIPOS DE PROCESOS.

La clasificación de los procesos nos ayudan a identificar las similitudes y diferencias existentes en los mismos, es conveniente clasificarlos de manera que estos puedan describir el diseño del proceso.

Una de las maneras de clasificar a los procesos es determinando si el proceso consiste en ***una etapa o en varias etapas***.

2.4.2.1 Procesos por etapas.

- **Procesos en una etapa:** Se tiene variadas actividades para realizar un análisis.
- **Procesos en varias etapas:** Se tiene variados grupos de actividades unidos por flujos.

[45] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:111.

2.4.2.1.1 Amortiguamiento, Bloqueo, Ocio y Cuello de Botella.

- ***Amortiguamiento:*** El amortiguamiento viene dado por un espacio de almacenamiento entre etapas, es el lugar donde se coloca un producto de una etapa antes que entre a la siguiente, el amortiguamiento accede a que se operen las etapas de manera individual, cuando una etapa alimenta a otra sin que existan amortiguadores se dice que las etapas están ligadas directamente.
- ***Bloqueo:*** Se presenta cuando las actividades de una etapa son suspendidas, ya que no hay donde almacenar un artículo recién terminado.
- ***Ocio:*** Se presenta cuando no existe actividades en una etapa, por lo que se detiene la actividad por la falta de trabajo.
- ***Cuello de Botella:*** Se produce cuando en una(s) etapa(s) del producto existe una producción más lenta que en otras, esto hace que se retrase la producción total, los cuellos de botella limitan la capacidad que tiene el proceso.

  Un cuello de botella puede estar relacionado con el funcionamiento de una máquina, la destreza de los operadores o el uso inadecuado de equipos especiales. Todo proceso está definido por su velocidad de producción, y en varios de estos existe la posibilidad de presentarse restricciones. Cuando un recurso es restringido por la capacidad, su uso se asimila a su capacidad, de esta forma dará lugar a la creación de un cuello de botella.

  Se puede identificar un cuello de botella de la siguiente manera:
  - Mediante el cálculo de los tiempos de proceso de cada estación de trabajo.
  - Realizando una observación de los almacenamientos intermedios y el ritmo de trabajo de cada obrero.

2.4.2.2 Fabricación de Existencia y Pedido.

- ***Fabricación para Existencias:*** Este tipo de fabricación se usa para tener un inventario adecuado, controlar todo el proceso; es muy eficiente ya que permite entregar productos con rapidez al cliente que lo necesite, se puede controlar en base a una cantidad anticipada o real del inventario que se tenga de los bienes que se han terminado, son usados también cuando se tienen demandas

estacionales, pidiendo el inventario en temporadas bajas para usarlas durante las temporadas altas.

- ***Fabricación por Pedido:*** Este tipo de fabricación se usa como respuesta a un pedido que es previamente realizado, se tiene bajos niveles de inventarios del trabajo en proceso, así como de los bienes terminados. En teoría se podría decir que este tipo de fabricación es lento ya que se necesita culminar todas las actividades antes de entregar el producto terminado, los servicios has sido clasificados por su naturaleza como procesos de fabricación por pedido.
- ***Procesos Híbridos:*** Estos procesos combinan las diferentes características de los procesos de fabricación para existencias con los procesos de fabricación por pedidos, los productos se fabrican y almacenan, las unidades generadas son terminadas mediante un proceso final.
- ***Cadencia:*** La Cadencia está relacionada con los tiempos fijos que existen por el movimiento de los objetos al pasar por un proceso.

2.4.3 REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PROCESAMIENTO.

Los procesos que son críticos generalmente son dependientes de recursos específicos limitados, lo que conlleva a provocar la existencia de cuellos de botella. A continuación se presenta algunas formas con las cuales se pueden reducir los tiempos de procesamiento, sin que sea necesario la compra de nuevo equipamiento, con frecuencia en necesario una combinación de las tres ideas que se van a presentar para poder reducir los tiempos de procesamiento.

1. ***Desempeñar actividades en forma paralela:*** La mayoría de los pasos que se realizan en un proceso son de forma lineal, desempeño en secuencia, esto da un enfoque en el cual el tiempo total de ejecución del proyecto es la suma de los pasos que se realizan individualmente, más el tiempo de transporte y el tiempo de espera que se da entre los pasos de las actividades.
2. ***Cambiar la secuencia de las actividades:*** Los documentos, productos, piezas, etc.; son transportadas de un lado a otro, estos transportes hacen que se incrementen los tiempos de ejecución del proyecto, por esta razón es

importante cambiar la secuencia de las actividades, con lo que se optimiza el proceso reduciendo importantes tiempos.

3. ***Minorar las interrupciones:*** Existen muchos procesos que se tornan muy extensos ya que existen numerosas interrupciones por diferentes circunstancias, al poder menorar estas, se podrá reducir considerablemente los tiempos de los procesos con lo cual se pueden ahorrar muchos recursos.

2.5 DISEÑO DE PUESTOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO.[46]

El diseño de puestos y la medición del trabajo es una tarea difícil, para tener una correcta selección, existen diferentes parámetros que se deben considerar como son los antecedentes culturales, la educación de la mano de obra, etc. Con una correcta selección del personal se mejorará la productividad sin disminuir la calidad, la capacidad de respuesta o el servicio, brindando mejores beneficios a los clientes.

2.5.1 DISEÑO DE PUESTOS.

El objetivo del diseño de puestos es establecer las diferentes actividades que va a realizar una persona o grupo de personas en el ámbito laboral y en contexto organizacional, implantando estructuras organizacionales que cumplan con las necesidades de la organización como con su tecnología. En la figura 2.10 se observa un resumen las diferentes decisiones que implica el diseño de puestos.

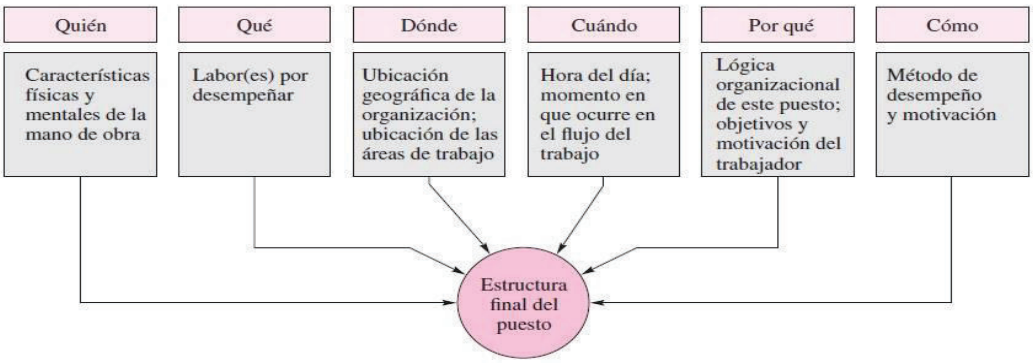


Figura 2.10: Decisiones de diseño de puestos (fuente: Chase R.).[47]

[46] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:137-150.
[47] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:137.

A continuación se presenta las tendencias que afectan a las decisiones de diseños de puestos:

1. ***Control de la Calidad comprendido en el puesto de trabajo.-*** Llamado también ‘’ Calidad de Origen’’, esta tendencia se encuentra relacionado con el concepto de empowerment, el cual quiere decir que se confiere la autoridad para detener la línea de producción a los trabajadores si estos detectan problemas en la calidad o servicios no adecuados.

2. ***Preparación cruzada de los trabajadores para desempeñar labores que necesitan múltiples habilidades.-*** La mano de obra debe estar en la capacidad para realizar variadas actividades para lo cual se realiza la preparación.

3. ***Participación en equipo del empleado para diseñar y organizar el trabajo.-*** Es una de las principales características que se tiene en la administración de la calidad total (TQM) y de las actividades de mejora continua, ya que aquí se basa en el trabajo en equipo.

4. ***Notificar a los empleados de apoyo por medios electrónicos, para ampliar la naturaleza de su trabajo y su capacidad de desempeño.-*** Abarca la automatización del trabajo revisando su estructura fundamental.

5. ***Extenso uso de trabajadores temporales.-*** El uso de trabajadores temporales que proveen distintas empresas que se dedican a esto.

6. ***Implementación de ‘’centros de trabajo alternativo’’, como oficinas comunicadas, virtuales y trabajo a distancia.-*** El uso de esta decisión se usa para incrementar la productividad, así como para disminuir el costo de viajes y bines inmuebles.

7. ***Automatización del trabajo pesado manual.-*** Se aplica este tipo de cambios para mejorar el cumplimiento con las normas de seguridad, por razones

económicas, ya que se puede reducir el personal necesario para cumplir las actividades.

8. ***Compromiso de la empresa en ofrecer a los empleados condiciones gratificantes.-*** Establecer condiciones gratificantes a los empleados es de gran importancia ya que motivan a realizar un mejor trabajo y seguir adelante.

9. ***Establecer un lugar de trabajo sustentable.-*** Establecer un lugar adecuado para realizar el trabajo es adecuado ya que los trabajadores se sentirán más a gusto para realizar las actividades encomendadas.

2.5.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PUESTOS.

Para el diseño de puestos se deben tener las siguientes consideraciones:

2.5.2.1 Especialización Laboral.

La especialización laboral permite la producción a gran velocidad con un bajo costo, si se llega a tener una especialización extrema se puede llegar a tener efectos negativos, esto radica en cómo determinar la especialización necesaria para que esta sea suficiente.

A continuación se presenta la tabla 2.2 en la cual se indican las distintas ventajas y desventajas de tener especialización laboral.

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas de la especialización laboral.[48]

VENTAJAS	
Gerencia	***Trabajadores***
Capacitación rápida de los trabajadores.	Poca o ninguna preparación requerida para conseguir el empleo.
Facilidad de encontrar nuevos empleados.	Facilidad de aprender labores.
Producción elevada.	
Salarios bajos ya que se puede sustituir a los empleados fácilmente.	
Fácil control del flujo y cargas de trabajo.	

[48] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:139.

DESVENTAJAS	
Gerencia	***Trabajadores***
Deficiencias en el control de la calidad.	Repetición del trabajo genera aburrimiento.
Insatisfacción de los empleados lo que lleva a los costos ocultos, lo que se da por los atrasos, ausentismos, quejas, etc.	Baja gratificación por la poca aportación a cada artículo.
Poca posibilidad de mejoras en el proceso	Poco control del ritmo de trabajo, generando fatiga (Ej. Líneas de montaje)
Poca flexibilidad de realizar nuevos productos o de mejorar a los mismos.	Bajas oportunidades de mejorar el puesto de trabajo.

2.5.2.2 Enriquecimiento del Trabajo.

El enriquecimiento del trabajo consiste en aplicar la ampliación horizontal y vertical a un puesto de trabajo. La ***ampliación horizontal*** es cuando el trabajador tiene la capacidad para hacer la mayor cantidad de actividades, más variadas, su objetivo es que un trabajador tenga la capacidad de realizar una unidad completa de trabajo. La ***ampliación vertical*** se da cuando un trabajador está inmerso en la planeación, organización e inspección del trabajo propio realizado, esta ampliación es conocida como enriqueciendo del trabajo, su objetivo está en aumentar la influencia de los trabajadores con aspectos administrativas para la dirección de las actividades.

Existen beneficios del enriquecimiento del trabajo, dados por el aumento en la calidad y la productividad, la calidad es mejorada ya que los trabajadores son responsables de su producto, con lo cual se puede corregir errores que han sido detectados, la productividad también es mejorada al disminuir interrupciones que se pueden dar.

2.5.2.3 Sistemas Sociotécnicos.

Los sistemas Sociotécnicos son relacionados con la consideración del enriquecimiento del trabajo, con la diferencia que estos se enfocan más con la tecnología y lo que es el grupo de trabajo, con este enfoque se tiene por objetivo desarrollar puestos de trabajo en los cuales se adapten las tecnologías del proceso a las diversas

necesidades del trabajador y del grupo de trabajo. Los beneficios vienen a ser los mismos que se tiene con el enriquecimiento del trabajo.

Una conclusión es que con la aplicación de esta consideración los individuos o el grupo de trabajo necesitan un modelo de actividades laborales, que integre los siguientes principios del diseño de puestos de trabajo:

a) ***Variedad de actividades.-*** Para cada puesto de trabajo se debe ofrecer una variedad recomendable de actividades, no debe ser una variedad muy grande ya que sería muy difícil la capacitación y además sería frustrante para el empleado, caso contrario si se tiene una variedad muy pobre o insuficiente sería muy aburrido para los empleados llegando a ocasionar fatiga. Tener un nivel óptimo de actividades para un puesto de trabajo, permite que el empleado descanse de un grado de atención o esfuerzo, y tener tiempo para otra labor.

b) ***Variedad de habilidades.-*** Se debe inculcar en los trabajadores que realicen actividades en las cuales usen todas sus habilidades, ya que los empleados tienen mayores satisfacciones cuanto usan variados niveles de habilidades.

c) ***Retroalimentación.-*** Se debe incorporar medios para indicar a los empleados que han llegado a cumplir sus metas, con lo cual se inculca cierta responsabilidad determinando sus propias normas de cantidad y calidad.

d) ***Identidad de labor.-*** Se debe tener claro los límites de responsabilidades en las actividades, estos deben estar bien definidos, visibles y pertinentes.

e) ***Autonomía de labor.-*** Se debe dar la autonomía al trabajador para ejercer algún tipo de control sobre el trabajo que está realizando, se puede dejar que tome cierto tipo de decisiones para las cuales esté capacitado.

2.5.3 MEDICIÓN DEL TRABAJO.[49]

La medición del trabajo se da para establecer tiempos, los cuales sirvan de modelo al momento de realizar una labor, es necesario por los siguientes motivos*:*

[49] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:142-149.

- ***Programar el trabajo a realizar y asignar capacidad necesaria.-*** Se necesita de la programación para poder estimar los tiempos necesarios para realizar las actividades.

- ***Brindar una medida de la mano de obra y poder medir su desempeño.-*** Se mide estos estándares cuando se necesita implementar planes de incentivos según la cantidad de producción.

- ***Indicar puntos en los cuales se pueda mejorar.-*** Se indican puntos de mejora que pueden ser obtenidos por la comparación de estándares en puestos semejantes en otras empresas u organizaciones.

2.5.3.1 Técnicas de Medición Laboral.

Existen cuatro técnicas para medir el trabajo y para establecer los estándares como muestra la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Técnicas de medición laboral.[50]

Estudio de Tiempos	Se emplea el uso de cronómetros para medir los tiempos de trabajo.
Muestreo de Trabajo	Se lleva un registro de observaciones aleatorias.
Sistema de datos de tiempos y Movimientos Predeterminados (STMP)	Se suman datos de las tablas de tiempos con movimientos genéricos.
Datos elementales.	Se suman los datos de los tiempos que se toman en movimientos similares para llegar a los tiempos de trabajo.

(Fuente: propia).

[50] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:142.

Se realiza un estudio de las diferentes técnicas de medición laboral en las cuales existe mayor énfasis en el estudio de tiempos y en el muestreo de trabajo, que son las técnicas más utilizadas.

2.5.3.1.1 Estudio de tiempos.

El estudio de tiempos se lo realiza con la ayuda de un cronómetro, en el lugar que se realiza el proceso, o con un video de la realización de la labor, la tarea o el trabajo objetivo de estudio debe ser dividido en partes o elementos medibles para tomar el tiempo de los mismos.

A continuación se presenta algunas de las reglas de clasificación de los elementos:

1. Se debe establecer los elementos del trabajo de modo que tengan un tiempo corto, este tiempo debe ser lo suficientemente duradero para poder cronometrarlo y tomar las anotaciones.

2. Si se tiene operarios que trabajan por separado del equipo, dividir las labores del operario y las del equipo de trabajo en elementos distintos.

3. Especificar las demoras de los operadores o del equipo de trabajo en elementos separados.

Se toma el tiempo de varias repeticiones, se promedia los tiempos registrados, además se pueden calcular otras medidas como la desviación estándar para conocer como varían los tiempos en el desempeño de la actividad. Al sumar los tiempos promedios de cada elemento se tiene el tiempo de desempeño del operario.

2.5.3.1.2 Muestreo de Trabajo.

El muestreo del trabajo involucra observar una parte o muestra de una actividad que se realice, una vez realizado el análisis de la muestra se pueden establecer diferentes afirmaciones respecto de la actividad de estudio. El tiempo que se necesita para realizar una observación, está en función de lo que se está observando, en muchos casos con el simple hecho de observar se lo puede determinar, pero existen casos en la que es necesario tiempo de observación más extenso.

Algunas ocasiones no basta con observar una actividad por varias veces, ya que no se puede determinar con exactitud la medida, para los cálculos se desea una medida con exactitud, para perfeccionar este cálculo se deben decidir sobre tres puntos calve que son:

1) Grado de confiabilidad estadística que se necesita en los resultados.
2) Número de observaciones necesarias.
3) Momento preciso para realizar las observaciones.

A continuación se presentan algunas aplicaciones principales del muestreo de Trabajo:

- Permite proporcionar porcentajes de tiempo de diferentes actividades relacionadas con el personal y el equipamiento.
- Admite la medición del desempeño de los trabajadores.
- Determina estándares de tiempo para poder obtener el propio de una labor.

El número de observaciones necesaria para un estudio que se va a realizar con muestreo puede ser muy grande o extremadamente grande, esto va a depender de la actividad a la cual se refiera y el grado de exactitud que se necesite. El número de observaciones debe ser calculado, pero se lo puede determinar de una manera más fácil consultando en la tabla del Anexo 2, en la cual se especifica la cantidad necesaria de observaciones al tener un error absoluto dado con variados valores del tiempo ocupado por la actividad, con un grado de confiabilidad del 95%.

A continuación se presenta los cinco pasos básicos para la preparación de un estudio con el uso de muestreo:

1. Identificar la-s actividad-es que son motivo de estudio.
2. Calcular la proporción que represente el tiempo de la actividad en función del tiempo total, se puede obtener estos datos por cálculos dependiendo del conocimiento, datos históricos, supuestos confiables y pruebas de plan piloto.
3. Determinar la exactitud que se requiere en el estudio.

4. Determinar las horas en las cuales se va a realizar la toma de los datos de las observaciones.
5. Se debe ajustar el número de observaciones durante el estudio si es necesario, este número es recalculado con los datos obtenidos durante el proceso del estudio.

El número de observaciones necesarias se las debe realizar en forma equitativa, a lo largo del tiempo que dure el periodo de estudio, luego con una tabla de números aleatorios, se establece un periodo específico a las observaciones que se tengan cada día.

- ***Ventajas del muestreo de trabajo:***
    - Con un solo observador se pueden realizar algunos estudios de muestreo al mismo tiempo.
    - La persona que haga de observador no necesita ser un analista que sea especializado, a menos que se esté realizando un estudio para establecer el estándar del tiempo.
    - No es necesario el uso de aparatos para la medición del tiempo.
    - La persona que haga de observador puede dedicar menor tiempo para estudiar el trabajo.
    - Al momento de realizar el estudio se tiene la posibilidad de detener temporalmente el estudio, sin que se tengan grandes repercusiones.
    - Para el muestreo del trabajo se tienen tiempos muy cortos (instantes), por lo cual el operario tiene pocas probabilidades de influir en los resultados.
- ***Desventajas del muestreo de trabajo:***
    - No indica en detalle los diferentes elementos de las tareas.
    - Puede existir variaciones en la toma de datos cuando la persona a ser analizada intuye que es observada.
    - En ocasiones no puede existir el registro del método seguido por el trabajador.

Al tener tiempos de ciclo breves, el estudio que está más acorde es el muestreo del trabajo, no se ofrece una clasificación como la que ofrece el estudio de los tiempos, además en el muestreo del trabajo las observaciones que se obtienen son referidas al sistema estático, si el proceso es cambiante se pueden generar resultados engañosos.

2.5.3.1.3 Sistema de datos de tiempos y Movimientos Predeterminados (STMP)

Es un método indirecto en el cual se suman datos que son realizados en laboratorio, estos son de tiempos de movimientos genéricos, con la suma de estos datos se encuentra el tiempo correspondiente al trabajo.

2.5.3.1.4 Datos elementales.

Es un método indirecto en el cual se suman los tiempos que son tomados de una base de combinación de datos aleatorios de similares movimientos, se realiza esto para llegar a obtener el tiempo de trabajo, esta técnica es seleccionada de acuerdo al grado de detalle que se requiera y según el carácter que tenga la labor de estudio.

2.5.3.1.5 Determinación del tamaño de la muestra.

El número de observaciones se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$E = Z\sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \qquad \text{Ec. 2.9.}$$

Y la muestra requerida (N), se la puede obtener con la siguiente ecuación:

$$N = \frac{Z^2 p(1-p)}{E^2} \qquad \text{Ec. 2.10.}$$

Donde:

N: Tamaño necesario de la muestra.

E: Error Absoluto.

Z: Número de desviaciones estándar para un grado de confiabilidad establecido.

p: Porcentaje de ocasiones en la que ocurre la actividad o demora que se está midiendo.

2.6 PROCESOS DE PRODUCCIÓN.[51]

Un proceso de producción es considerado como un conjunto de acciones que se interrelacionan entre sí para lograr una transformación de elementos, en estos procesos intervine la información y la tecnología que se posee, un objetivo es satisfacer la demanda del mercado de los bienes o servicios que se necesiten.

2.6.1 ESTRUCTURAS DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.

El flujo de trabajo existente define las formas de distribución dentro de las instalaciones, considerando que existen las siguientes estructuras básicas:

- ***Distribución del Proyecto.-*** El producto se sitúa en un lugar fijo, siendo el equipo de producción el que va hacia él, existen diferentes áreas para los diferentes usos.
- ***Centro de Trabajo.-*** También llamado taller de trabajo, aquí se agrupan equipos o funciones similares, las piezas pasan en secuencias establecidas por las diferentes áreas, de un centro de trabajo a otro.
- ***Celda de Manufactura.-*** Es una área dedicada para la fabricación de productos, estos productos deben requerir del uso de procesos similares. Las celdas son diseñadas de tal manera que se pueden desempeñar un grupo de procesos específicos, teniendo una variedad limitada de productos, en una empresa pueden existir diversas celdas en un área de producción, teniendo productos que tengan gran eficiencia. Generalmente son usadas para la producción conforme la necesidad que se tenga. respondiendo a la demanda de los clientes.
- ***Línea de Ensamble.-*** Se refiere al lugar en donde el proceso es ordenado en pasos sucesivos de forma lineal para la producción de un artículo. Las piezas pasan por los diferentes puestos de ensamble de manera controlada, según la cadena que se necesita para la fabricación.

---

[51] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:158-166.

El diseño de una línea de ensamble tiene el propósito de construir un producto, que va pasando por un conjunto sucesivo de pasos. Los pasos de ensamble que se ejecutan en áreas son las denominadas ‘’estaciones’’, las estaciones suelen estar unidas por mecanismos o aparatos de manejo de material en las cuales de alguna manera hay como controlar el tiempo de permanecía de un material en cada estación, las líneas de ensamble son comúnmente utilizadas en empresas manufactureras.

Un proceso continuo es muy parecido a las líneas de ensamble, con la gran diferencia que aquí se tiene un producto que se mueve continuamente en el proceso, en realidad el producto fabricado en estos proceso son los que fluyen por el sistema.

- ***Proceso Continuo.-*** Es parecido a una línea de ensamble ya que también sigue una producción en secuencia, con la diferencia que aquí se tiene un flujo continuo y no moderado, las estructuras son generalmente muy automatizadas, tienen la característica de trabajar las 24 horas del día para minimizar los costos de arranque de las máquinas.

Las relaciones que existen entre las estructuras de distribución, se las describe con la ***matriz de procesos y productos***, como se indica en la siguiente figura.

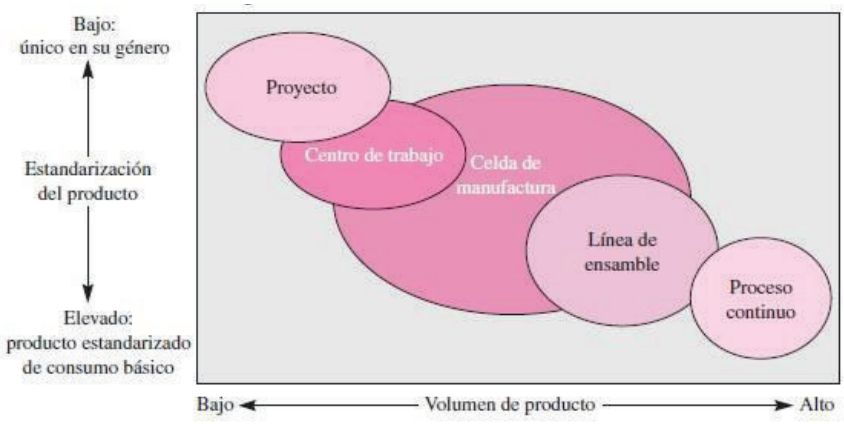


Figura 2.11: Matriz de Procesos y Productos (fuente: Chase R.)[52]

[52] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:161.

En la figura 2.11, se observa como varia la estandarización de producto en función del volumen, los procesos se encuentran de forma diagonal, recomendaciones indican que se debe diseñar las instalaciones de esta manera, por ejemplo de esta gráfica podemos analizar que es recomendable usar líneas de ensamble o procesos continuos cuando se tengan volúmenes grandes de productos. Las celdas de manufactura abarcan una gran área ya que son usadas para una gran gama de aplicaciones, además tiene el apoyo de la avanzada tecnología que existe para estos procesos.

2.6.2 DISEÑO DE FLUJOS DE PROCESOS EN MANUFACTURA.[53]

El diseño de flujos de procesos de manufactura es un método por el cual se puede evaluar a procesos específicos, por los cuales pasan la materia prima, las piezas, los sub-ensambles al paso por la planta. En la actualidad el estudio del flujo de procesos es muy importante ya que se pone un gran empeño en la reducción de los tiempos de producción y tiempos de ciclo; es decir, los tiempos que se necesitan para obtener los productos desde el inicio hasta el fin del ciclo, reduciendo los desperdicios en el proceso.

El ***desperdicio (Scrap),*** está definido como cualquier operación en la que no se incrementa valor al producto durante el proceso de producción, incluyéndose aquí el tiempo en el que el producto pasa almacenado, el tiempo de movilización, el tiempo de inspección y otros. Solamente se puede agregar valor con el tiempo real que se tiene del procesamiento del producto, ya sea este realizado de forma manual o con maquinaria.

Existen diferentes instrumentos de la administración de procesos que sirven para la planificación y diseño de estos flujos, entre estas herramientas tenemos:

- Planos de las piezas.
- Gráficas de ensambles.
- Gráficas de flujo.
- Hojas de procesos.

[53] Carro R., Gonzales D. (s.f.). *Diseño y Selección de Procesos* [versión electrónica]. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de: http://nulan.mdp.edu.ar/1613/1/08_diseno_procesos.pdf

2.6.2.1 Planos de las piezas.

Los planos de piezas son imágenes en las cuales se indica de manera ampliada el producto, en éste se deben incluir todas las piezas o partes que componen el producto. Son gráficas las cuales son usadas para detallar la manera en la que son armadas las piezas del producto manufacturado, estas gráficas son desarrolladas generalmente por el Departamento de Ingeniería los cuales proporcional a la parte de Operaciones.

Figura 2.12: Ejemplo de plano de una motocicleta (fuente: Internet). [54]

2.6.2.2 Gráficas de ensambles.

La gráfica de ensamble o también llamado gráfica ‘’Gozinto’’ del inglés goes into ‘’va hacia’’, indica la secuencia exacta de las operaciones que se utilizan para armar el producto (ensamble), así como las partes que pasan hasta poder obtener el producto final, se usa la información que se tiene de los planos.

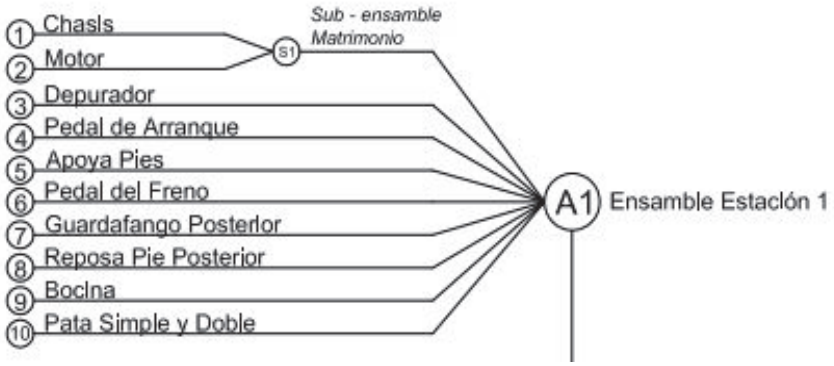


Figura 2.13: Gráfica del ensamble de motocicletas - estación 1 (fuente: Propia).

[54] *“Despiece de la motocicleta”* (2013) [versión electrónica]. Recuperado el 26 de Octubre de 2105, de: http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R57_A2.pdf

2.6.2.3 Gráficas de flujo.

Las gráficas de flujo del proceso indican lo que pasa con el producto según pasa por todas las instalaciones productivas, es una herramienta la cual ayuda para la mejora del flujo de materiales, con su análisis se puede agregar, combinar, eliminar, cambiar, simplificar operaciones que no estén correctas, mejorando la eficiencia en general del proceso. Con su aplicación se tendrá la capacidad para realizar los cambios necesarios en la distribución, equipo, métodos de trabajo, etc.

GRÁFICA DE FLUJO		RESUMEN			
		Distancia [m]	Tiempo [min]	Núm. De pasos	Actividad
Proceso:	Ensamble Motocicletas	NA	1:11:37	11	*Operación*
Modelo:	ICS 150-S	100,9	0:15:24	3	*Transporte*
Principio:	Entrada de CKD	NA	0:06:19	2	*Inspección*
Final:	Motocicleta ensamblada	NA	NA	NA	*Retraso*
Fecha:	02/02/2016	NA	0:01:15	2	*Almacenamiento*
Notas:	Distancias nenores a 6 [m]son consideradas operaciones; tiempos nenores a 3[s] se desechan				

Núm. De paso	Tiempo [h:min:s]	Distancia [m]	Descripción del Paso
1	0:00:55		Almacenamiento CKD
2	0:00:14		Bajar CKD
3	0:00:25	8	Llevar CKD a la zona de desempaque
4	0:00:57		Abrir y Desempacar CKD
5	0:00:15	4,5	Pasar caja a zona de selección de piezas
6	0:05:05		Seleccionar piezas en gavetas
7	0:14:39	74,4	Distribución de partes y piezas a la línea de ensamble
8	0:08:11		Ensamble Estación 1
9	0:01:08	1	Pasar Sub- ensamble Est 2.
10	0:06:41		Ensamble Estación 2
11	0:11:11		Ensamble Estación 3
12	0:14:58		Ensamble Estación 4
13	0:22:18		Ensamble Estación 5
14	0:00:30		Inspección visual de la motocicleta
15	0:00:20	18,5	Pasar motocicleta a QC
16	0:05:49		Control de Calidad
17	0:00:39		Realizar Prueba de Ruta
18	0:00:20		Almacenamiento

Figura 2.14: Gráfica del flujo - Ensamble de Motocicleta ICS 150S (fuente: Propia).

2.6.2.4 Hojas de procesos.

También llamadas hojas de Ruta y de Operaciones, son las encargadas de indicar detalladamente la ruta del proceso y de las operaciones que tienen que ver con una pieza en particular, pueden presentar información referente a operaciones, equipos y herramientas necesarias para la fabricación de la pieza. Estas hojas suelen ser más detalladas que las gráficas de ensamble ya que se indica las operaciones y la ruta que sigue el producto.

HOJA DE RUTA - PROCESO				
Nombre de la Parte	Chasis - Motor (Matrimonio)	Fecha de emisión	01/02/2016	
N° de Ensamble	Estación 1	Fecha de suministro	01/02/2016	
N° de Sub - Ensamble	Sub - ensamble 1	Expedido por:	ER-DM	
Operación N°	**Descripción de la operación**	**Herramienta**	**Tiempo de Preparación [s]**	**Tiempo de Producción / Unidad [s]**
1	Colocar motor en la mesa de ensamble	NA	x	18
2	Colocar chasis en la mesa de ensamble	NA	x	18
3	Colocar motor en el chasis de la motocicleta con la ayuda del operador LH	NA	x	12
4	Colocar 2 pernos M10 x 112 x 1,5 con la base del motor y el chasis de la motocicleta	NA	5	8
5	Colocar y ajustar 2 tuercas de seguridad M10 x 1,5 en los pernos instalados de la	Pistola neumática	5	16
6	Colocar base superior con 3 pernos M8 x 70 x 1,25 con una vincha guía de arnés	NA	7	9
7	Colocar y ajustar 3 tuercas de seguridad M8 x 1,25 en los pernos instalados de la	Pistola neumática	5	16
8	Colocar base inferior con 2 pernos M8 x 90 x 1,25 y 2 pernos M8 x 70 x 1,25	NA	7	9
9	1,25 en los pernos instalados de la operación 8	Pistola neumática	5	16
Nota: todos los pernos deben ser ensamblados con silicona resistente a alta temperatura.				

Figura 2.15: Hoja de proceso de ensamble Chasis – Motor (fuente: Propia).

2.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES.[55]

La distribución de las instalaciones son medidas muy importantes de tomar, implica la ubicación en la que deben estar los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, bodegas, estaciones de trabajo y otras áreas. Su objetivo es ordenar los elementos de una manera que el flujo del trabajo sea continuo y no sea interrumpido, los elementos que están inmersos en decisiones sobre la distribución de las instalaciones son:

- Explicación de los objetivos y juicios para valorar el diseño, el juicio básico común es la cantidad de espacio que se necesita y el recorrido que deben transitar los productos en la distribución.
- Análisis de la demanda de productos.
- Número de operaciones y cantidad de flujo existente entre los distintos elementos de la distribución.

[55] Nahmias S. (2013). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. (6ta Edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1185-0. Pág.:155-166.

- Espacio necesario para colocar los elementos de la distribución.
- Disponibilidad del espacio en el interior de la instalación, o posibles distribuciones de una nueva edificación.

2.7.1 FORMATOS BÁSICOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE UNA INSTALACIÓN.[56]

2.7.1.1 Centro de Trabajo.

También llamado (taller de trabajo o distribución por funciones), los centros de trabajo consisten en el ordenamiento de los diferentes puestos con procesos similares de una manera que se pueda optimizar la ubicación relativa que tienen.

Como los centros de trabajo se encuentran agrupados por funciones o equipamiento similar, las piezas en las cuales se está trabajando avanzan con secuencias de operaciones preestablecidas de un área a otra, donde se ubican las herramientas, máquinas, y otros instrumentos necesarios para la manufactura del producto en cada operación.

Es común que después de acabar las actividades en centros de trabajo individuales, se envíen a centros de trabajo de ensamble, donde se culmina la fabricación de los diferentes productos. Cuando se tiene volúmenes bajos y numerosos movimientos los departamentos deben estar juntos para tener una óptima ubicación.

2.7.1.2 Líneas de Ensamble.[57]

Línea de ensamble o llamada también distribución de flujo de trabajo, es aquella en la que el equipo o los procesos con los que se trabaje son ordenados de manera progresiva, para realizar la fabricación del producto.

Línea de ensamble se refiere a ensambles continuos que son unidos por algún tipo de instrumento el cual sirve para el manejo de los materiales, un supuesto común aquí, es que todos los pasos siguen un ritmo y el tiempo de procesamiento en cada estación es el mismo en toda la línea.

---

[56] Render B., Heizer J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 366-374.

[57] Schroeder R., Goldstein S., Rungtusanatham M. (2011). *Administración de Operaciones Conceptos y casos contemporáneos. (5ta Edición).* México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-0600-9. Pág.: 61- 66.

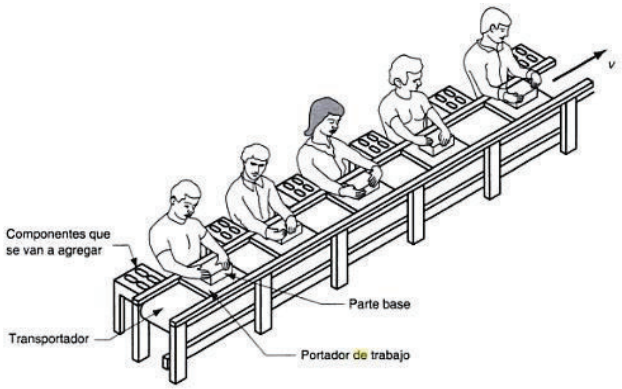


Figura 2.16: Parte de una línea de ensamble manual (fuente: Groover, M.).[58]

2.7.1.2.1 Tipos de Líneas de Ensamble.[59]

Los tipos de líneas de ensamble se clasifican de acuerdo a:

1. **Tipo de producto.**
   - **Simple.-** Es diseñada para la producción de un solo producto.
   - **Mixta.-** Es diseñada para la producción de variantes del mismo producto, las diferencias no son mayores, se usan iguales operaciones de producción, no se toman en cuenta tiempos de cambios de modelo.
   - **Múltiple.-** Es diseñada para la producción de diferentes productos, en este tipo de línea si se toman en cuenta los tiempos de cambios de modelo, existe diferencias significativas con lo que se varia el proceso productivo.

2. **Duración de las tareas.**
   - **Determinísticas.-** Los tiempos del proceso productivo se conocen con seguridad.
   - **Estocásticas.-** La duración de los procesos productivos es probabilística o aleatoria por la variabilidad del tiempo.

---

[58] Groover, M. (1997). *Fundamento de Manufactura Moderna: materiales, procesos y sistemas*. México: Pearson. ISBN: 968-880-846-6. Pág.: 912.

[59] Díaz, J. (2010). *Implantación del Proceso de Ensamble de Nuevos Modelos de Cocinas en una Empresa de Electrodomésticos* (Tesis Ingeniería, Escuela Superior Politécnica del Litoral). Recuperado el 28 de Diciembre, de: http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13721/1/D-43206.pdf

- **Dependientes.-** La duración de los procesos productivos está en función de parámetros como el tipo de estación, la secuencia del producto y el tipo de operador.

3. **Diseño de la línea.**

- **Serial.-** En este tipo de línea, las estaciones son colocadas en serie, las tareas avanzan por cada estación por medio de transportadores los cuales pueden ser: Cadenas, Bandas, Rodillos u otros, ya que de esta manera se conectan entre estaciones.
- **Paralelo.-** Se colocan líneas en paralelo, por lo general son de distintos modelos, cada una hace sus propios productos.
- **Estaciones en paralelo.-** La línea tiene más estaciones iguales que ejecutan la misma tarea al mismo tiempo, estas líneas son usadas cuando el tiempo de las tareas son mayores al tiempo de ciclo, ya que de esta manera se puede reducir el tiempo de las tareas proporcionalmente con las estaciones establecidas.
- **De dos lados.-** Son líneas en las cuales el producto que se está ensamblado necesita que se le realicen tareas por los ambos lados, de manera simultánea.
- **Cerradas / Circulares.-** En este tipo de línea las piezas se transportan por un lazo de tal manera que los operadores puedan tomar las piezas, transformarlas y colocarlas sobre el lazo después de realizar las actividades estipuladas, la tarea final se la realiza fuera del lazo. Con este tipo de líneas se tiene estaciones con entradas y salidas múltiples, son usadas cuando se tiene estaciones con tiempos de operación mayores al tiempo de ciclo, ya sea por la baja velocidad o la falta de espacio para operar.
- **Con forma de U.-** Son líneas que se usan cuando se tiene flexibilidad en el sistema, se pueden combinar tareas y estaciones.

4. **Tipo de flujo de las piezas.**
    - **Sincrónica.-** Se tiene un tiempo de ciclo común para cada estación, el material pasa de estación a estación el mismo tiempo no existe la presencia de bancos y buffers en las estaciones.
    - **Asincrónica.-** Se tienen en las estaciones velocidades de procesos distintas, se incrementa el tiempo en que una pieza está disponible para lo solicitado, aumentándose el número de unidades que se dispone, existe la presencia de bancos y buffers en las estaciones como medida de seguridad.
    - **Alimentación.-** En estas líneas se alimentan a la línea principal con sub-ensambles, pueden haber una o más líneas.

5. **Tipo de operador.**
    - **Manuales.-** En esta línea se trabaja con operadores, puede o no ser automatizada.
    - **Robotizadas.-** Esta línea es completamente automatizada, es necesario la programación de las estaciones y de la maquinaria.

6. **Entrada de las piezas.**
    - **Fija.-** La entrada de las piezas a la línea se la realiza de forma regular y en intervalos de tiempos regulares.
    - **Variable.-** La entrada de las piezas a la línea se la realiza de forma irregular o variante.

2.7.1.2.2 Balanceo de la Línea de Ensamble.[60]

El Balanceo de la Línea de Ensamble corresponde a la asignación de las tareas a las diferentes estaciones de trabajo, de forma que éstas reciban una cantidad de tareas

[60] Render B., Heizer J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 374-378.

adecuada para poderlas realizar en el tiempo de ciclo, de modo que los periodos inactivos se reduzcan al mínimo.

El tiempo en el que un producto pasa por las diferentes estaciones en intervalos uniformes, también acreditado como el periodo en el que las unidades sucesivas salen de la línea de producción es el llamado ***Tiempo de ciclo de la estación de trabajo.***

En cada estación de la línea de ensamble se añade partes u operaciones de ensamble, las cuales son conocidas como elementos, tareas y unidades de trabajo, las relaciones que existen entre estas tareas implantadas por el diseño del producto y por las tecnologías obstruyen al proceso, por lo cual se realiza lo que llamamos las ***relación de precedencia*** lo que no es más que especificar el orden en el cual se deben realizar las diferentes tareas en el proceso de ensamble.

A continuación se presentan los pasos para Balancear una línea de ensamble:

1. Establecer la secuencia de las relaciones que se tiene en las diferentes tareas, construyendo un diagrama de precedencias que consta de círculos para representar a las tareas individuales, y flechas que indican el orden para realizarlas.
2. Calcular el tiempo de ciclo (C) para las estaciones de trabajo.

$$C = \frac{Tiempo\ de\ Producción\ por\ día}{Producto\ requerido\ por\ día\ (en\ unidades)} \qquad \text{Ec. 2.11.}$$

3. Calcular la menor cantidad teórica de estaciones de trabajo (N_t) que son necesarias para cumplir con el límite de tiempo de ciclo.

$$N_t = \frac{Suma\ de\ los\ tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{Tiempo\ de\ ciclo\ (C)} \qquad \text{Ec. 2.12.}$$

   (Se pueden redondear estos valores al entero siguiente.)
4. Escoger una regla principal a la que se le asignan las tareas de las estaciones, y otra regla para desempatar.
5. Asignar a cada estación las tareas correspondientes comenzando desde la primera estación hasta la última de forma individual, la suma de los tiempos de las tareas debe corresponder al tiempo de ciclo.

6. Evaluar la eficiencia de balanceo de la línea.

$$Eficiencia = \frac{Suma\ de\ los\ tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{(Número\ real\ de\ estaciones\ de\ trabajo\ N_t\ x\ Tiempo\ de\ ciclo\ de\ la\ estacion\ de\ trabajo\ (C))} \quad \text{Ec. 2.13.}$$

7. Analizar la eficiencia obtenida a ver si es o no suficiente, en caso de que no la sea, balancear otra vez la línea con otras reglas de decisión.

2.7.1.2.3 División de las tareas.[61]

Generalmente el tiempo más extenso para realizar una tarea constituye el tiempo más corto del ciclo de la estación, el tiempo de esta tarea representa el limite más bajo, a menos que sea posible fragmentar la tarea en más estaciones de trabajo.

A continuación se presenta algunas formas de acomodar las tareas para tener mejores resultados:

- Dividir la tarea.
- Compartir la tarea.
- Usar estaciones de trabajo de forma paralela.
- Acudir a mano de obra más calificada.
- Trabajo de horas extra.
- Rediseño del producto.

Existen además otras maneras de reducir los tiempos de las tareas, puede ser actualizando o automatizando el proceso y equipamiento, agregar un ayudante itinerante de apoyo en la línea de ensamble, uso de trabajadores que posean múltiples habilidades para el trabajo en equipo y no individualmente.

2.7.1.2.4 Distribuciones flexibles de la línea de ensamble.[62]

Las distribuciones flexibles de la línea nos ayudan a mejorar el balanceo de la línea ya que se llega a tener en las estaciones tiempos que son asimétricos.

---

[61] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:186.

[62] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:186-188.

A continuación se presentan líneas de ensamble con sus distribuciones flexibles que ayudan a optimizar el proceso:

1. Distribución flexible 1.

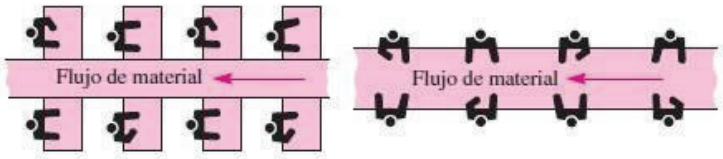


Figura 2.17: Distribución Flexible 1.[63]

- En la gráfica de la izquierda se tiene una distribución incorrecta ya que los operadores se encuentran encerrados, además no hay la posibilidad del intercambio de elementos entre ellos.
- En la gráfica de la derecha se observa una distribución mejorada ya que los operarios pueden intercambiar elementos, se tiene la posibilidad de añadir o restar operarios si es necesario, además los operarios que son más capacitados pueden balancear la línea con distintas velocidades de producción.

2. Distribución flexible 2.

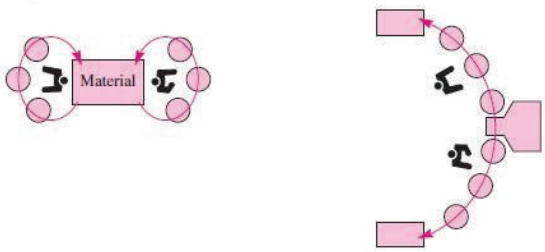


Figura 2.18: Distribución Flexible 2.[64]

- En la gráfica de la izquierda se tiene una distribución incorrecta ya que los operadores se encuentran limitados por su ubicación espalda con espalda, además no hay la capacidad de incrementar otro operario.

[63] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:187.
[64] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:349.

- En la gráfica de la derecha se observa una distribución mejorada ya que los operarios pueden ayudarse entre sí, además se pueden agregar más operarios sin ningún problema.

3. Distribución flexible 3.

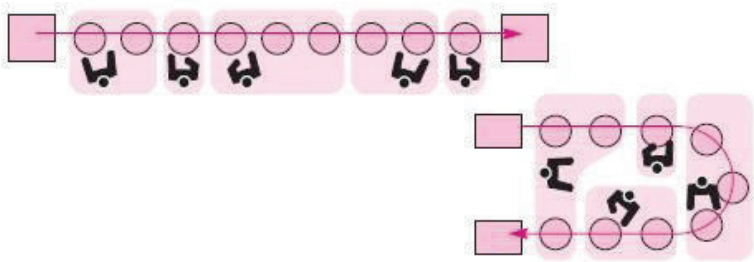


Figura 2.19: Distribución Flexible 3.[65]

- En la gráfica de la izquierda se tiene una distribución incorrecta ya que es una línea que se torna difícil de balancear.
- En la gráfica de la derecha se observa una distribución mejorada de línea en U, los operarios tienen un mejor acceso por lo que los operarios se pueden reducir.

2.7.1.3 Celdas de manufactura.

Se reúne múltiples máquinas para realizar trabajos en productos de formas y requerimientos de procesamiento parecidos, tienen similitud a los centros de trabajo ya que aquí se diseña un conjunto específico de procesos, pero también tiene un parecido con las líneas de ensamble ya aquí se tiene una gama limitada de productos. Las celdas de manufactura tienen los siguientes beneficios:

- Permite la formación de pequeños equipos de trabajo, mejorando las relaciones personales.
- Existe un aprendizaje rápido, los trabajadores solo tienen relación con un límite de piezas en un ciclo de producción, por lo que se da una mayor experiencia de los diferentes operadores.

---

[65] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:187.

- Existe mejor movimiento de piezas, existiendo menor inventario y manejo de materiales.
- Existe una preparación más rápida para la producción.

Para la optimización de una celda de manufactura se tienen los siguientes pasos:

- Agrupar piezas en las que se tengan una secuencia común de pasos, es necesario tener un sistema de clasificación y codificación de las piezas, se puede generar un gasto por el requerimiento de un sistema, aunque se puede tener otros métodos para desarrollarlo.
- Determinar patrones dominantes de flujo en los grupos de piezas, sirve de base para la ubicación o reubicación de los procesos.
- Reunir físicamente a la maquinaria y a los procesos en celdas, si existen piezas y máquinas que no corresponden a ninguna familia quedando estas inconexas, se colocan en celdas sobrantes.

2.7.1.4 Distribuciones por Producto.

El producto (en función de su volumen o peso), está en un lugar fijo, por lo que el equipo de producción se dirige hacia él. Este tipo de distribución tiene una producción muy limitada con respecto al número de unidades producidas.
Siempre al realizar este tipo de distribución hay que tomar en cuenta que el producto es el eje de la rueda y que los materiales y equipamiento va a su alrededor, estas distribuciones son usadas generalmente para realizar productos grandes.

2.8 CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO.[66]

El Control Estadístico del Proceso (CEP) es una aplicación de diferentes técnicas estadísticas para tener la capacidad de determinar si los resultados de un proceso coinciden con los requerimientos del cliente, comprende en coger una muestra aleatoria de la producción y determinar si se están produciendo los artículos dentro de un rango establecido.

[66] Nahmias S. (2013). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. (6ta Edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1185-0. Pág.:513-528.

Existen herramientas como los gráficos de control que son usados para detectar productos defectuosos, o para indicar la variación que se puede tener en el proceso, el CEP puede ser usado también para conocer las variaciones de los procesos que han recibido cambios.

2.8.1 MEDICIONES DEL DESEMPEÑO.[67]

2.8.1.1 Medir Variables.

Consiste en medir las características del producto como su volumen, longitud, peso o tiempo, estas características son medibles. La ventaja de usar variables es que se puede identificar fácilmente cuando no se cumple con las especificaciones requeridas, la desventaja viene dada por el uso de instrumentos especiales de medición, se necesita empleados con cierta destreza, y el tiempo y costo que conlleva.

2.8.1.2 Medir Atributos.

Consiste en medir las características del producto que pueden ser contadas rápidamente para conocer si se tiene un desempeño aceptable. Una ventaja de usar medidas de atributos es que se permite tomar decisiones rápidas de sí o no, se cumplen las especificaciones requeridas, son usadas cuando las especificaciones vienen a ser muy complicadas y cuando la medición por variables no constituye una alternativa ya sea por difícil o costosa.

2.8.2 DISTRIBUCIONES DE MUESTREO.[68]

Con la distribución de muestreo se trata de estimar diferentes parámetros de distribución del proceso, con el uso de la estadística con medidas de: media de la muestra, rango y desviación estándar.

---

[67] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de Operaciones Procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 169-170.

[68] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2008). *Administración de Operaciones Procesos y Cadena del Valor*. (8va edición).México: Pearson. ISBN: 978-970-26-217-9. Pág.: 216-217.

El propósito del muestreo viene dado por calcular las medidas de una variable o atributo para diferentes productos del proceso, sin que se tenga que llevar a cabo una inspección completa de los productos.

2.8.2.1 Media de la muestra.

La medida de la muestra viene dada por la suma de todas las observaciones dividido por el número total de observaciones.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \qquad \text{Ec. 2.14.}$$

Donde:

$\bar{x}$: Media.

x_i: Observaciones de una característica de la calidad (Ej.: Tiempo).

n: Número de observaciones.

2.8.2.2 Rango de la muestra.

El rango de una muestra está dado por la diferencia que existe entre la observación más grande y la más pequeña de una muestra.

2.8.2.3 Desviación estándar.

La desviación estándar es igual a la raíz cuadrada de la varianza que se tiene en la distribución, se la puede obtener de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \qquad \text{ó} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{\sum {x_i}^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1}} \qquad \text{Ec. 2.15.}$$

Donde:

σ: Desviación estándar de la muestra.

n: Número de observaciones.

$\bar{x}$: Media.

x_i: Observaciones de una característica de la calidad.

Si se tiene valores muy pequeños de la desviación estándar o del rango significa que las observaciones deben estar agrupadas junto de la media.

2.8.3 GRÁFICOS DE CONTROL.[69]

Los gráficos de control son diagramas ordenados cronológicamente que sirven para determinar si las variaciones que se observan son normales o anormales, además permiten la obtención del gráfico de medición de desempeño.

Los gráficos de control constan de un valor nominal o línea central, la cual puede ser el promedio del proceso u objetivos trazados para alcanzar en el proceso, también consta de dos límites que son establecidos en la distribución de muestreo, estos límites son usados para analizar si se debe realizar acciones para corregir el proceso, el límite mayor o más grande representa al ***Límite Superior de Control*** *(**UCL** del inglés upper control limit)*, mientras que el valor menor o más pequeño representa al ***Límite Inferior de Control*** *(**LCL** del inglés lower control limit)*.

En la figura 2.20 se indica como son las relaciones de los límites de control con la respectiva distribución de muestreo.

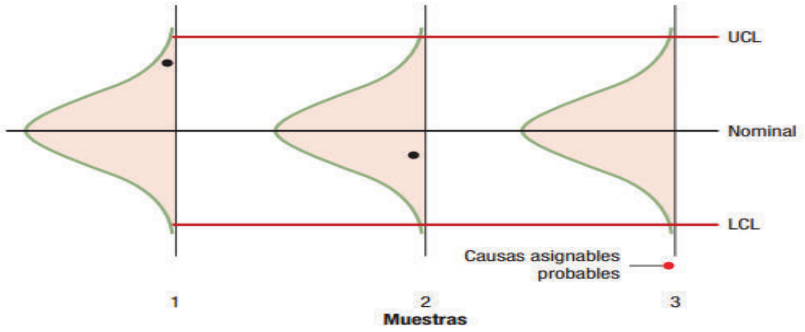


Figura 2.20: Relación de los Límites de Control.[70]

En estas gráficas cuando las muestras se encuentran entre el UCL y el LCL se encuentran en parámetros normales con causas comunes de variación, pero si estas muestras se encuentran afuera de estos límites se indica que el proceso tiene causas de variación las cuales deben ser estudiadas.

El personal encargado para la evaluación del proceso puede hacer uso de estos gráficos de las siguientes formas:

---

[69] Render B., Heizer J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 237-238.

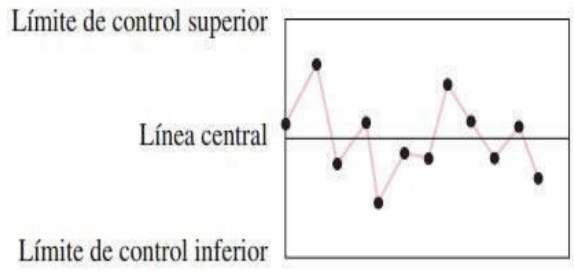
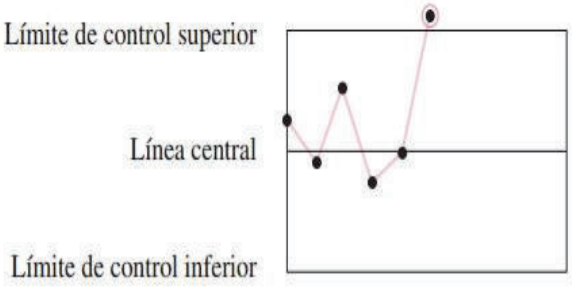
[70] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 169.

1. Optar por una muestra aleatoria del proceso, calcular una medida de desempeño ya de sea variables o de atributos.
2. Si la estadística está afuera de los límites de control que se tiene en la gráfica, o tiene comportamientos no usuales, se debe buscar una causa asignable, se refiere a causas que puedan ser identificadas y eliminadas.
3. Se debe repetir habitualmente el procedimiento.

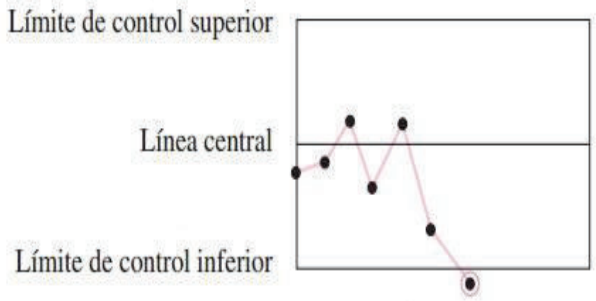
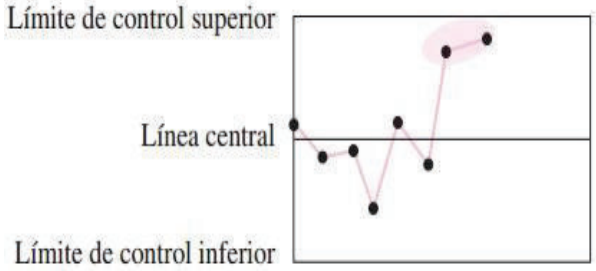
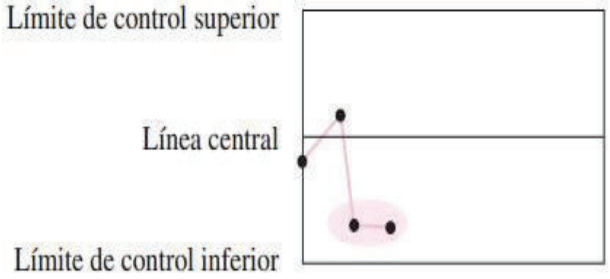
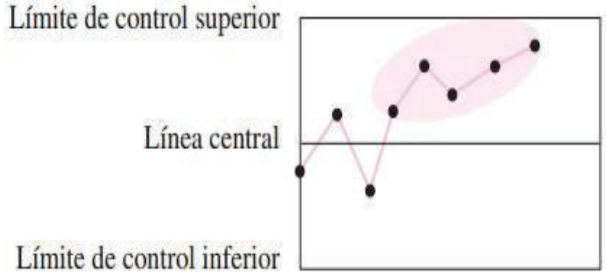
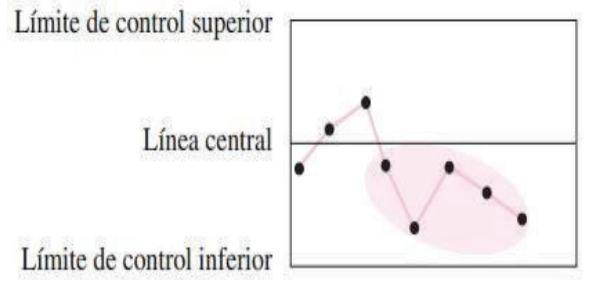
2.8.3.1 Evidencias para indagar en Gráficas de Control.

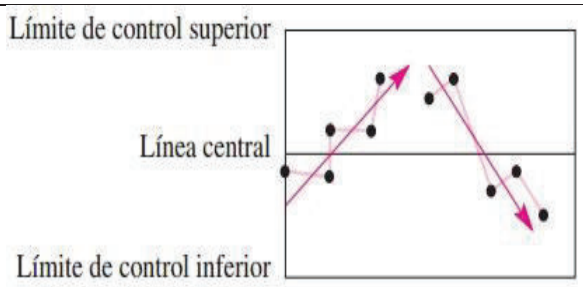
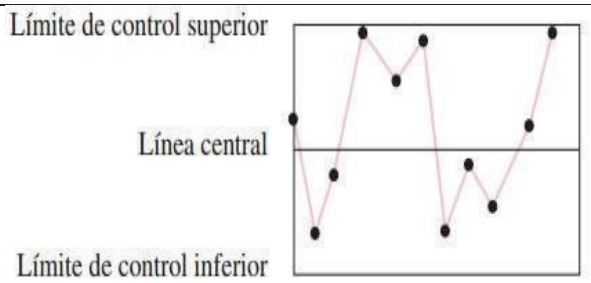
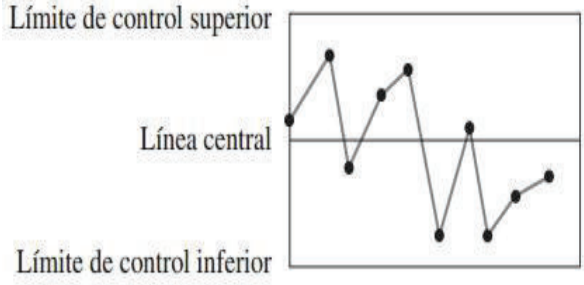
A continuación se presentan distintas gráficas en las cuales se puede ver varios comportamientos de las gráficas de control, se indica los casos en los cuales es necesario realizar una investigación por no tener la gráfica un comportamiento norma.

Tabla 2.4. Evidencias en gráficas de control.[71]

GRÁFICA DE CONTROL	***CRITERIO***
	Gráfica con un comportamiento normal.
	Gráfica con un punto que se encuentra por afuera del límite superior de control, se necesita un análisis por el mal desempeño.

[71] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:312.

	Gráfica con un punto que se encuentra por afuera del límite inferior de control, se necesita un análisis por el mal desempeño.
	Gráfica con dos puntos que se encuentran cerca del límite superior de control, se necesita un análisis por el mal desempeño.
	Gráfica con dos puntos que se encuentran cerca del límite inferior de control, se necesita un análisis por el mal desempeño.
	Gráfica con una serie de puntos sobre la línea central, se necesita un análisis por el mal desempeño seguido.
	Gráfica con una serie de puntos por debajo la línea central, se necesita un análisis por el mal desempeño seguido.

	Gráfica con varios puntos en la cual se tiene tendencias en cualquier dirección, se necesita un análisis por el cambio progresivo que se registra.
	Gráfica en la que se tiene un comportamiento errático, se deben investigar las causas del mismo.
	Gráfica que presenta un cambio repentino en el nivel, se deben investigar las causas del mismo.

2.8.4 MÉTODOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO.[72]

Estos métodos nos ayudan a medir el desempeño vigente de los procesos, así como para la detección si el proceso cambia de alguna manera en la que pueda afectar al desempeño, existen gráficos para la medida de variables y para medidas de atributos los cuales van a ser expuestos seguidamente.

2.8.4.1 Gráficos de Control para Variables.

Estos gráficos son usados para monitorear la media y la variabilidad que se tiene en la distribución de los procesos y son los gráficos R y gráficos $\bar{X}$.

[72] Nahmias S. (2013). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. (6ta Edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1185-0. Pág.: 515-527.

- ***Gráficos R.***

Llamados gráficos de Rango, son usados para realizar el monitoreo de la variabilidad que existe en los procesos, el rango de una muestra es calculado de la resta del valor más pequeño del más grande, los límites son calculados de la siguiente manera:

$$UCL_R = D_4\bar{R} \qquad \text{Ec. 2.16.}$$

$$LCL_R = D_3\bar{R} \qquad \text{Ec. 2.17.}$$

Donde:

$\bar{R}$: Promedio de los valores de R pasados y la línea central de la gráfica de control.

$D_3\ y\ D_4$: Constantes con tres límites de desviación estándar (3σ) para un tamaño dado de muestra.

Los valores de $D_3\ y\ D_4$ se los obtiene de la tabla del Anexo 3, estos valores cambian en función del tamaño de la muestra que se tenga.

Si los valores están fuera de los límites de control se dice que la variabilidad del proceso no se encuentra bajo control.

- ***Gráficos $\bar{X}$.***

Léase ‘’gráfico X barra’’, son usados para conocer si el proceso está generando la producción que ha sido establecida, o para conocer si el desempeño que se tiene con respecto al promedio está conforme con los pasados, estas gráficas son muy útiles cuando se rediseña un proceso completo ya que permite conocer cómo está la variación del desempeño.

Cuando se encuentran las causas asignables y además el proceso se encuentra bajo control se puede construir un gráfico $\bar{\bar{X}}$, los límites son calculados de la siguiente manera:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \qquad \text{Ec. 2.18.}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \qquad \text{Ec. 2.19.}$$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$: Línea central de la gráfica, puede ser el promedio de la muestra pasada, o un valor que se establece como el objetivo del proceso.

A_2 : Constante con tres límites de desviación estándar (3σ) para la media de la muestra.

Los valores de A_2 se los obtiene de la tabla del Anexo 3, estos valores cambian en función del tamaño de la muestra que se tenga.

Este tipo de gráficas se las debe construir después de que la variabilidad del proceso ha quedado bajo control, ya que para su construcción es necesario $\bar{R}$.

2.8.4.1.1 Pasos para la construcción de los gráficos para control de variables.

1. Obtener datos sobre la medición de una variable (peso, tiempo, longitud, etc), organizarlos por número de muestra.
2. Calcular el rango de cada muestra, rango promedio $\bar{R}$.
3. Encontrar los valores de los límites de control superior e inferior de la tabla del Anexo 3.
4. Trazar los rangos de la muestra, observar si se encuentran bajo control, si este es el caso seguir al siguiente paso, caso contrario definir las causas asignables, corregirlas y regresar al paso 1.
5. Calcular $\bar{X}$ para las muestras, establecer la línea central de la gráfica ($\bar{\bar{X}}$).
6. Usar la tabla del Anexo 3 para obtener los parámetros del $UCL_{\bar{X}}$ y $LCL_{\bar{X}}$, para la construcción del gráfico $\bar{X}$.
7. Trazar las medias de la muestra, monitorear el proceso, si el proceso no se encuentra controlado encontrar las causas asignables, corregirlas y regresar al paso 1.

Si es conocida la desviación estándar de la distribución del proceso, hay una forma alternativa para realizar un gráfico $\bar{X}$, en la cual los límites de control se obtienen de la siguiente manera:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + z\sigma_{\bar{x}} \qquad \text{Ec. 2.20.}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - z\sigma_{\bar{x}} \qquad \text{Ec. 2.21.}$$

Donde:

$\bar{\bar{X}}$: Línea central de la gráfica, puede ser el promedio de la muestra pasada, o un valor que se establece como el objetivo del proceso.

z : Desvío normal, (número de desviaciones estándar dadas respecto a la promedio).

σ : Desviación estándar de la distribución del proceso.

$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$: Desviación estándar de las medidas de la muestra.

Se emplean gráficas R, para el aseguramiento de que la variabilidad del proceso está bajo control, una vez constatado esto se procede a la construcción de los gráficos $\bar{X}$, con este tipo de gráficos se puede ajustar la extensión de los límites de control con el cambio de z.

2.8.4.2 Gráficos de Control para Atributos.

Para los gráficos de control para atributos, se utilizan generalmente dos gráficas: los gráficos p, son empleados para controlar la proporción de los defectos que se generan en el proceso, los gráficos c, son empleados para controlar el número de defectos pero cuando hay la posibilidad de que exista más de un defecto en un producto.

- ***Gráficos p.***

  Es un gráfico de control el cual sirve para representar atributos, con estas gráficas no se puede medir el desempeño, se cuenta el elemento y se declara deficiente o satisfactorio en su conjunto.

  Este método consiste en optar por una muestra aleatoria y examinar cada uno de sus defectos, se calcula la proporción que representa los defectos p en la muestra, que es equivalente a la cantidad de unidades con defectos divididos para el tamaño que se tiene de la muestra.

  En este gráfico, el muestreo está relacionado con la decisión de que tiene o no defectos el producto del proceso examinado, su distribución estadística se basa

en una distribución binomial, pero si el tamaño de la muestra que se tenga es grande, una distribución normal brinda una buena aproximación.

La desviación estándar de la distribución de la parte defectuosa viene dada por:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \qquad \text{Ec. 2.22.}$$

Donde:

$\bar{p}$: Línea del centro de la gráfica, puede estar dada por la proporción defectuosa de la población promedio o un valor que se lo quiera poner como objetivo.

n: Tamaño de la muestra.

Con el uso de σ_p podemos llegar a obtener los límites de control como sigue:

$$ULC_p = \bar{p} + z\sigma_p \qquad \text{Ec. 2.23.}$$

$$LCL_p = \bar{p} - z\sigma_p \qquad \text{Ec. 2.24.}$$

Donde:

z: Desvío norma, (número de desviaciones estándar dadas respecto a la promedio).

El gráfico se lo puede construir de la siguiente forma:

- Habitualmente se toma una muestra aleatoria de tamaño n, aquí se cuenta el número de productos defectuosos.
- Dividir el número de productos defectuosos para el tamaño de la muestra para tener la proporción defectuosa, p.
- Trazar la proporción defectuosa en el gráfico.

Cuando la proporción defectuosa en el gráfico queda fuera de los límites de control, se supone que ésta ha cambiado y se busca las causas asignables. Si las observaciones que se tienen están por debajo del LCL_pse puede haber mejorado el proceso, si no se descubre causas asignables.

- ***Gráficos c.***

  Los gráficos c, se usan cuando se tiene más de un defecto, es usado cuando se hay interés de disminuir el número de defectos por unidad.

  La distribución de muestreo se basa en una distribución de Poisson, con el supuesto que indica que los defectos existen en una región continua de un producto, o un intervalo de tiempo continuo, también supone que es insignificante que exista la probabilidad de que dos o más defectos estén presentes en el mismo lugar o en el mismo instante.

  Una táctica que resulta fácil es el uso de la aproximación normal a la que se tiene de la distribución de Poisson para tener:

$$ULC_c = \bar{c} + z\sqrt{\bar{c}} \qquad \text{Ec. 2.25.}$$

$$LCL_c = \bar{c} - z\sqrt{\bar{c}} \qquad \text{Ec. 2.26.}$$

  Donde:

  $\bar{c}$: Medida de la distribución.

  $\sqrt{\bar{c}}$: Desviación estándar.

  z: Desvío norma, (número de desviaciones estándar dadas respecto a la promedio).

2.9 CAPACIDAD DEL PROCESO.[73] [74]

Un proceso que se está bajo control estadístico, no siempre crea productos que estén acorde a las especificaciones de diseño, esto se da porque los límites de control están fundados en la media y en la variabilidad de la distribución de muestreo. La capacidad del proceso está relacionada con la capacidad que tiene un proceso para adaptarse a las especificaciones de diseño establecidas, estas especificaciones generalmente se

[73] Gutiérrez H., Vara R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. (2da Edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-970-10-6912-7. Pág.: 101-106.

[74] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 177-180.

expresan como un valor nominal (Objetivo), y con tolerancias (Rango aceptable que está por arriba o abajo del valor nominal).

En la figura 2.21 se observa la relación que existe entre la distribución de un proceso con las especificaciones superior e inferior, se tiene dos condiciones diferentes ya que en la parte a) de la gráfica, se tiene un proceso capaz ya que los extremos de la distribución se encuentran entre las especificaciones superior e inferior, en la parte b) de la gráfica, se tiene un proceso que no es capaz ya que los extremos de la distribución no se encuentran entre las distribuciones.

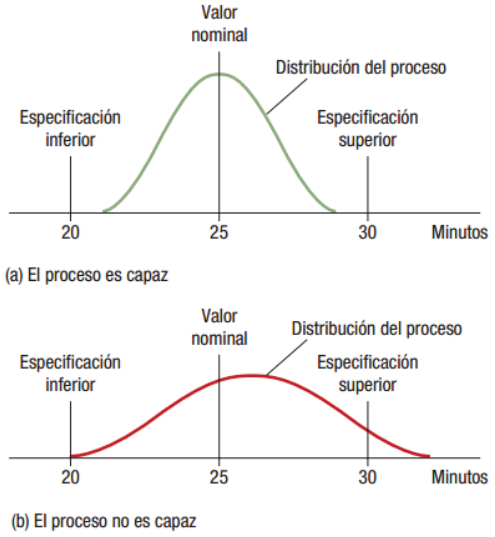


Figura 2.21: Relación entre la distribución de proceso y especificaciones superior e inferior (fuente: Krajewski, L.).[75]

Mientras menor sea la variabilidad del proceso (desviaciones estándar), menor será la producción deficiente que se tenga. La rebaja de la variabilidad para una distribución de proceso significa que se está trabajando con una distribución normal de probabilidades.

En la tabla 2.5 se puede observar los efectos de reducir la variabilidad en la capacidad del proceso, en la cual se tiene calidad dos, cuatro y seis sigma, estas medidas representan que los límites de tolerancia son iguales a la medida de la distribución del proceso, ± 2, 4 o 6 desviaciones estándar, con lo cual tenemos:

[75] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 178.

Tabla 2.5. Desviación Estándar vs. Defectos.[76]

Desviación Estándar	%	Defectos por millón
2σ	4.56	45600
4σ	0.0063	63
6σ	0.0000002	0.002

(Fuente: propia).

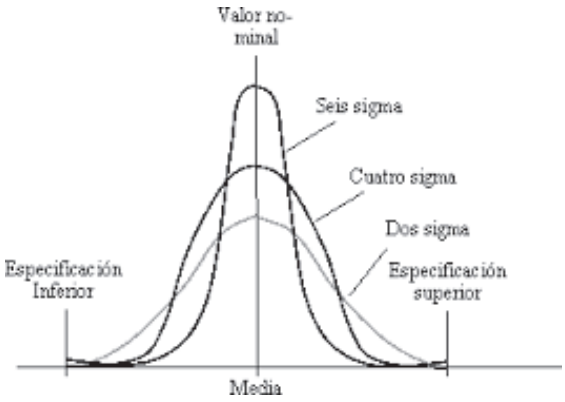


Figura 2.22: Efectos de reducir la variabilidad en la capacidad del proceso (fuente: Internet).[77]

2.9.1 RAZÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO.

A un proceso se lo define como capaz, cuando tiene una distribución de proceso con sus valores extremos localizados dentro de las especificaciones superior e inferior, si un proceso es capaz la amplitud de tolerancia (Diferencia entre la especificación superior e inferior), es mayor a seis desviaciones estándar, por lo que la capacidad está definida como:

$$C_P = \frac{Especificación\ Superior - Especificación\ Inferior}{6\sigma} \qquad \text{Ec. 2.27.}$$

Donde:

σ: Desviación Estándar (Distribución del Proceso).

---

[76] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson: ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 178-179.

[77] *"Determinación de la capacidad de los procesos"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 2 de Diciembre de 2015, de: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102504/Contenido_curso/dimo/determinando_la_capacidad_de_los_procesos.html

Tabla 2.6. Criterios de valores de C_P.[78]

C_P	Criterio
1	Se produce con calidad 3σ, los productos están cumpliendo con las especificaciones aunque se generen defectos.
>1	Se produce con calidad mayor que 3σ, los productos están cumpliendo con niveles altos de calidad.
<1	Se produce con calidad menor que 3σ, los productos están cumpliendo con niveles bajos de calidad.

2.9.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO.

Permite medir el potencial del proceso para formar productos con defectos en correspondencia con las especificaciones superior o inferior, por lo que está definido como:

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [\frac{\bar{\bar{x}} - Especificación\ inferior}{3\sigma}, \frac{Especificación\ superior - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}] \quad \text{Ec. 2.28.}$$

Se elige el valor mínimo ya que se considera que la situación sucederá en el peor de los casos, si se tiene valores de C_{pk} y de razón de capacidad del proceso mayores que el valor crítico, se asevera que el proceso es capaz; al tener valores menores que el valor crítico, el promedio del proceso se encuentra inmediato con los límites de tolerancia, además existen productos con defectos o existe una variabilidad del proceso muy grande.

El C_{pk} siempre tendrá valores menores o iguales a la razón de capacidad, por este motivo se lo puede usar como la primera alternativa para la verificación de la capacidad, si se pasa la prueba se indica que el proceso es capaz; caso contrario se debe calcular la razón de capacidad para observar si la variabilidad es la causante del problema. Al momento de tener $C_P = C_{pk}$, se indica que el proceso se encuentra centrado con las especificaciones superior e inferior, por lo que la medida de

[78] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 178-179.

distribución del proceso se encuentra en el valor nominal de la especificación de diseño.

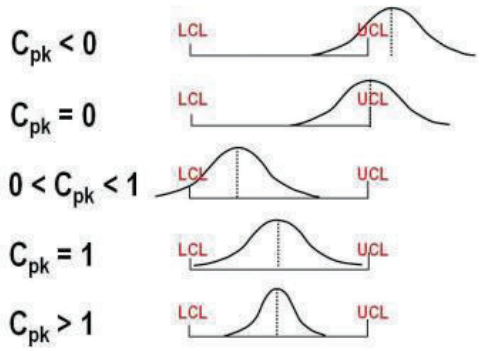


Figura 2.23: Efectos del Índice de capacidad del proceso (fuente: Render B.).[79]

2.9.3 MÉTODO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DEL PROCESO.[80]

Para determinar la capacidad del proceso para la producción de productos que se encuentren en los límites de tolerancias, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Buscar datos de la producción del proceso, calcular la media y la desviación estándar de la distribución del proceso.
2. Utilizar los datos para la construcción de los gráficos de control de procesos, se pueden hacer las gráficas $\bar{X}$ o el gráfico R.
3. Coger muestras aleatorias del proceso, trazar los resultados en los gráficos de control realizados. Si por lo menos se tienen 20 muestras sucesivas que están ubicadas entre los límites de control de la gráfica, se establece que el proceso se encuentra bajo control; caso contrario el proceso no se encuentra bajo control, por lo cual se debe buscar las causas asignables y eliminarlas, luego se calcula nuevamente la media, la desviación estándar y los límites de control, se lo debe realizar hasta que el proceso se halle bajo control estadístico.
4. Calcular el índice de capacidad y la razón de capacidad del proceso, si se tiene resultados admisibles, se deben guardar los cambios y continuar con la

[79] Render B., Heizer J. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. (9na Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2336-2. Pág.: 251.
[80] Krajewski L., Ritzman L., Malhotra M. (2013). *Administración de operaciones procesos y cadena de suministro*. (10ma Edición). México: Pearson. ISBN: 978-607-32-2122-1 Pág.: 179.

observación por medio de la gráficas de control, si no son aceptables, se debe buscar las causas asignables para la reducción en la varianza, o para centrar la distribución en un valor nominal; según como se vayan realizando los respectivos cambios se debe recalcular la media, la desviación estándar, límites de control y la repetición del paso

2.10 PRUEBAS DE APRENDIZAJE. [81]

Cuando es conocido el porcentaje de aprendizaje se tienen tablas que permiten el cálculo estimado de horas – hombre para unidades específicas, o para grupos acumulados de unidades, el proceso consiste en multiplicar la cifra que se tiene de horas – hombre por el valor con el cual corresponda en las tablas del Anexo 4.

2.10.1 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE APRENDIZAJE.[82]

El porcentaje de aprendizaje es de fácil determinación si la producción ya se encuentra en marcha y se tiene registros de producción, si la producción no ha empezado, se debe recurrir a predecir de una manera lógica hasta tener realizadas algunas unidades para el análisis.

En este caso se puede recurrir por las siguientes opciones:

- Suponer que el porcentaje de aprendizaje es el mismo que se tiene en aplicaciones anteriores en una misma industria.
- Suponer que se tiene el mismo porcentaje de aprendizaje que en productos análogos o similares.
- Realizar un análisis de similitudes y diferencias, para proponer un porcentaje que se base de mejor manera a la situación que se tenga.

A continuación se presentan varios lineamientos que son de gran utilidad para obtener el cálculo de las repercusiones en las diferentes tareas para la producción de manufactura.

---

[81] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:91-95.

[82] Nahmias S. (2013). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. (6ta Edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1185-0. Pág.:28-41.

Tabla 2.7. Porcentaje de aprendizaje.[83]

Lineamiento	Aprendizaje
$\frac{75\% \, Armado \, a \, Mano}{25 \, \% \, Maquinado}$	80 %
$\frac{50\% \, Armado \, a \, Mano}{50 \, \% \, Maquinado}$	85 %
$\frac{25\% \, Armado \, a \, Mano}{75 \, \% \, Maquinado}$	90 %

Existen lineamientos que son basados en lo que hay en las diferentes industrias con lo que podemos tener como referencia:

Tabla 2.8. Porcentaje de aprendizaje en diferentes industrias.[84]

Lineamiento	Aprendizaje
Espacio aéreo	85%
Astilleros	80 - 85%
Máquinas- Herramientas complejas de nuevos modelos.	75 - 85%
Manufactura repetitiva de dispositivos electrónicos.	90 – 95%
Operaciones repetitivas de prensa troquelado.	90 – 95%
Operaciones repetitivas eléctricas.	75 – 85%
Operaciones repetitivas de soldadura	90%
Producción de materias primas	93 – 96%
Fabricación de piezas comparadas.	85 – 88%

2.10.2 LINEAMIENTOS DEL APRENDIZAJE.

2.10.2.1 Aprendizaje Individual.

Existen factores que afectan el desempeño de un individuo como su índice de aprendizaje, por lo que hay lineamientos para la mejora del desempeño individual con relación a las curvas de aprendizaje y estos son:

[83] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:97.
[84] Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:97.

1. *Elección adecuada de trabajadores.-* Se debe seleccionar a todos los trabajadores mediante pruebas, éstas deben ser representativas del trabajo, es decir de destrezas de ensamble, capacidad mental, interacción con los clientes, etc.

2. *Adecuada capacitación.-* Se necesita una adecuada capacitación, entre más rápida sea ésta más rápido será el ritmo de aprendizaje.

3. *Motivación.-* Con el uso de incentivos existe el aumento de la productividad fundado en curvas de aprendizaje, estos incentivos pueden ser monetarios (individuales o grupales), o extra monetarios (Premio al empleado del mes).

4. *Especialización laboral.-* Usar una regla general la cual indica que entre más sencilla sea la tarea, más rápido será el aprendizaje; tener en cuenta que no se llegue a tener aburrimiento en las actividades, si este es el caso se debe rediseñar a las mismas.

5. *Desempeñe solamente un trabajo, o unos cada vez.-* Se tiene un aprendizaje más veloz si se realiza de uno en uno, en vez de realizarlos todos a la vez.

6. *Utilizar equipamientos o herramientas que faciliten o apoyen el desempeño.*

7. *Ofrecer un acceso fácil a ayuda.-* Tener ayuda disponible para poder brindar los beneficios de la capacitación.

8. *Admitir que los trabajadores participen en el rediseño de las labores.*

2.10.2.2 Aprendizaje Organizacional.

El aprendizaje en organizaciones es un punto crítico para poder mantener una ventaja competitiva; para el caso individual es fácil la adquisición de conocimientos, por lo que la fuente central del aprendizaje organizacional viene a ser el aprendizaje individual de todos los miembros de una organización. Una organización también puede adquirir conocimientos por la tecnología, la estructura, los documentos, los procedimientos, que se conserve.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA[85].

La Industria Constructora Electrónica (ICESA S. A.), con el fin de generar productos nacionales dentro del plan de inversiones en el Ecuador; decide implementar una nueva planta de ensamblaje, la cual ocupará un espacio de aproximadamente 1.000 metros cuadrados. Dando así lugar a la creación de una nueva empresa denominada Ensambladora MOTOENSAB S. A., la cual pasa a tener los mismos accionistas que la empresa ICESA S.A.

MOTOENSAB S. A. es una empresa dedicada al ensamblaje de motocicletas, fue creada el 2 de septiembre de 2013 en el Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha; se encuentra actualmente ubicada en la Avenida 10 de Agosto N60-60 y Santa Lucía.

Chongqing Yinxiang Motorcycle Group Co Ltd., actúa como proveedor directo del CKD (Complete Knock Down), mientras que las empresas Sidertech S. A. y MetalMotors S. A. aportan con el 10% de componentes nacionales en la fabricación de las motocicletas.

La empresa inicia su trayectoria como ensambladora nacional, lanzando al mercado la nueva motocicleta denominada “Z1 Master 200”, posee un diseño europeo mientras que su fabricación es de procedencia China.

El cambio en la matriz productiva ha generado una gran oportunidad para la industria nacional, debido al notable crecimiento del componente nacional en la fabricación de productos que serán aprovechados por las empresas ensambladoras de motocicletas.

---

[85] Pacific Credit Rating (2008). *Prestigio, Rapidez y Experiencia* [versión electrónica]. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de: http://www.ratingspcr.com/uploads/2/5/8/5/25856651/ec_icesa_tf_201502_fin.pdf

"La implementación de nuevas piezas nacionales ha permitido generar nuevas plazas de empleo en el sector industrial, lo cual implica un notable crecimiento para la industria ecuatoriana."[86]

3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA EMPRESA.

Una estructura organizacional representa la distribución de cargos y responsabilidades que deben cumplir los miembros de una empresa para alcanzar sus metas, dentro de un plan estratégico. La empresa se encuentra estructurada como indica en la figura:

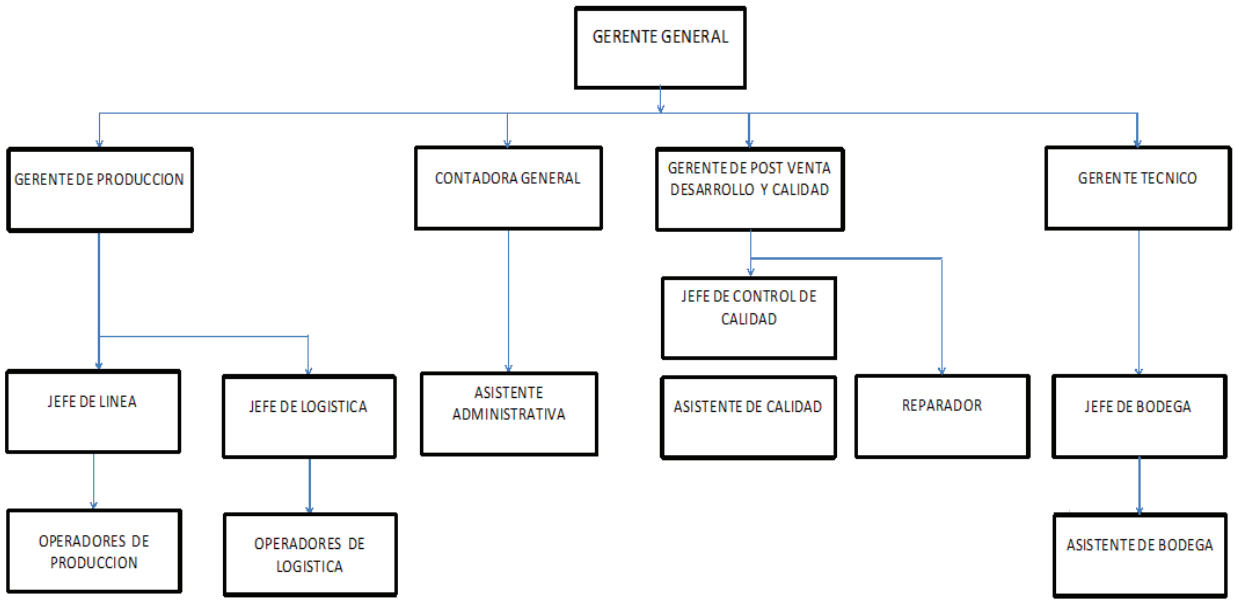


Figura 3.1: Estructura Organizacional de la Empresa Motoensab S. A.

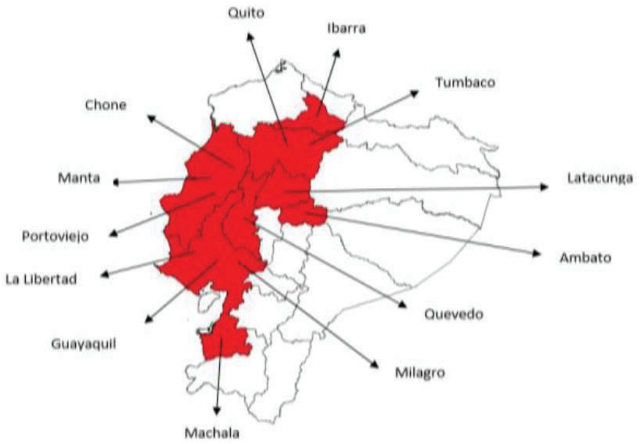
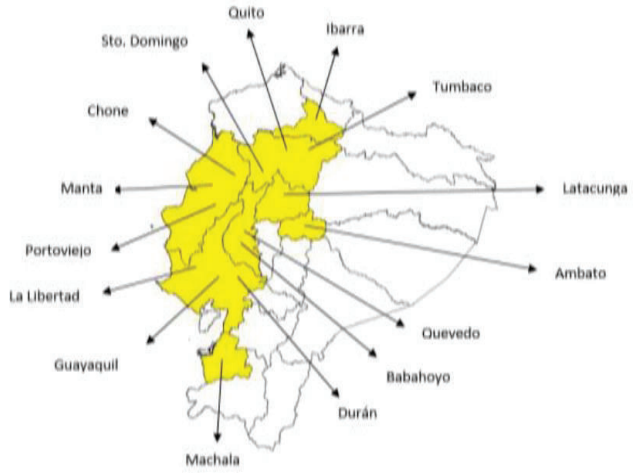
(fuente: Motoensab S. A.)

3.3 MERCADO.

MOTOENSAB S. A. está relacionada con Almacenes Japon y Orve Hogar; quienes se encargan de la comercialización del producto en todos los puntos de venta que manejan dichas cadenas.

[86] Eje Industrial (Mayo del 2015). *Una industria de alto potencial productivo.* Pág.: 9.

Tabla 3.1. Mercados asociados con la empresa Motoensab S. A.

Mercados asociadas	Cobertura a nivel nacional
JAPON ALMACENES ⇩ JAPON	
orve hogar para vivir mejor	

(Fuente: propia).

3.4 INFRAESTRUCTURA.

La empresa cuenta con una amplia infraestructura, permitiendo realizar sus productos de una forma más adecuada y cumpliendo con las exigencias que demandan los clientes. En el Anexo 5 se observa cómo se encuentra distribuida la planta.

La distribución de la planta está dada por:

- Zona de información.
- Oficinas de administración.

- Almacenamiento de CKD.
- Zona de desempaque de CKD.
- Distribución de chasis.
- Zona de distribución de motores.
- Línea de ensamble.
- Zona de motos en reparación.
- Zona de calibración de luces.
- Zona de reprocesos.
- Área de control de calidad.
- Zona motos de prueba.
- Zona de reparación.
- Área de almacenamiento.
- Pista de prueba.

3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES SECCIONES DE LA PLANTA.

3.4.1.1 Almacenamiento CKD.

En la figura 3.2 se observa esta sección de la empresa donde se almacena todo lo referente a CKDs, para posteriormente ser trasladadas a la zona de desempaque; y consecuentemente distribuir las partes y piezas en la línea de ensamble.

Figura 3.2: Almacenamiento CKD (fuente: Propia)

3.4.1.2 Línea de ensamble.

La línea de ensamble está formada por cinco estaciones de trabajo:

- Estación 1; se realiza el matrimonio entre el chasis y el motor.
- Estación 2; se coloca amortiguadores, llantas, dirección, se calibra el freno posterior y se realiza el tensado respectivo de la cadena.
- Estación 3; se coloca todo lo referente al sistema eléctrico, mordazas del freno delantero, tubo de escape y todo lo aquello que conforma el volante.
- Estación 4; se coloca el faro y las direccionales frontales y posteriores, así como todo lo referente a protecciones (plásticos).
- Estación 5; se coloca el tanque de gasolina, guarda fangos, asiento. Se enciende por primera vez la motocicleta para finalmente ser enviada a la sección de calidad.

La figura 3.3 muestra cómo se encuentra la línea de ensamble en la planta.

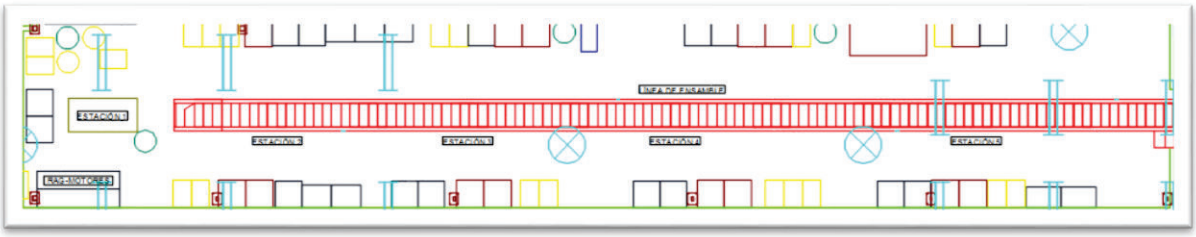


Figura 3.3: Línea de ensamble (fuente: Propia)

3.4.1.3 Área de control de calidad.

En la figura 3.4 se observa el área de control de calidad, donde se realiza la verificación total de la motocicleta, en la cual se asegura el correcto funcionamiento de la misma.

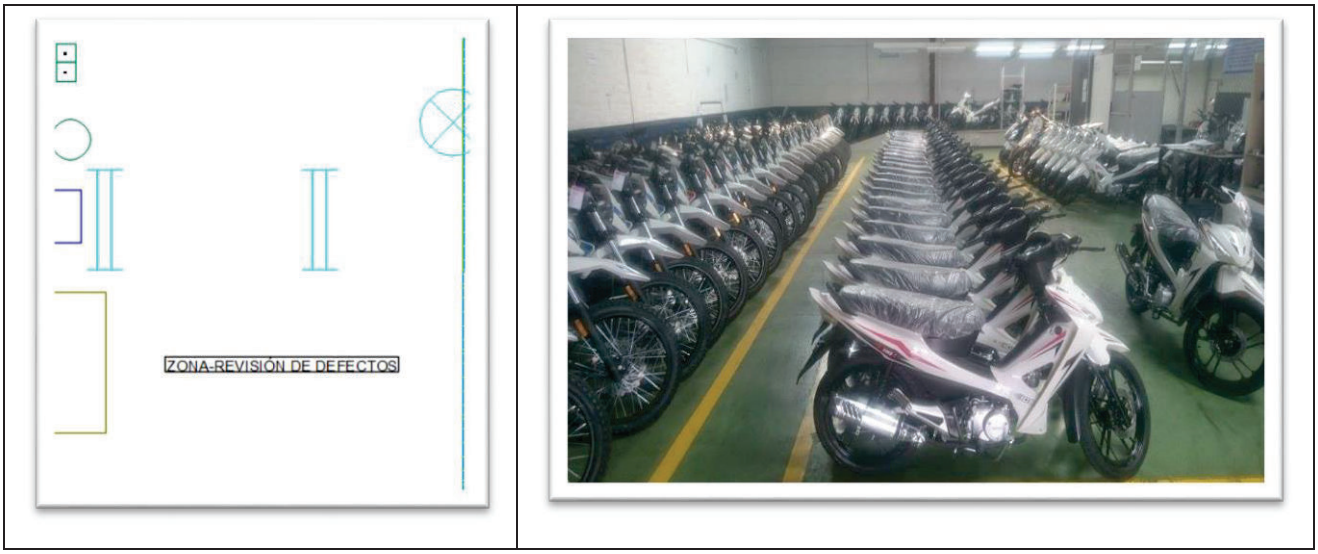


Figura 3.4: Control de calidad (fuente: Propia)

3.4.1.4 Zona de pruebas.

En esta parte de la planta se realiza las pruebas dinámicas, las cuales son parte del proceso de control de calidad que se realiza a la motocicleta previo a su almacenamiento. Esto se puede observar en la figura 3.5.

Figura 3.5: Zona de pruebas (fuente: Propia)

3.4.1.5 Área de almacenamiento.

En la figura 3.6 se observa el área donde son almacenadas todas las motocicletas que aprobaron el control de calidad, cumpliendo todas las condiciones para poder salir al mercado.

Figura 3.6: Área de almacenamiento (fuente: Propia)

3.5 PRODUCTOS QUE GENERA LA EMPRESA.

La empresa se encuentra produciendo 10 modelos de motocicletas, las cuales son: Z1 Master 200, Z1 Champion 200E, Z1 Brother 250R, Z1 King 200, Z1 Super 150, Ics G150N, Ics 150R, Ics 150S, Ics 110R y Ics TR 200.

3.5.1 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA MOTOCICLETA DE MAYOR INTERÉS.

El modelo de motocicleta que representa la mayor importancia para la empresa es la ICS 150S, ya que es la más producida en la empresa; cuenta con las especificaciones presentadas en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Especificaciones - Motocicleta ICS 150S.

Tipo	Panadera
Motor	1 Pistón, 4 Tiempos
Cilindraje	150cc
Encendido	Eléctrico y mecánico
Transmisión	5 Velocidades con embrague
Transmisión final	Cadena
Freno delantero	Disco ventilado
Freno posterior	Tambor
Suspensión delantera	Horquilla telescópica hidráulica
Suspensión posterior	Hidráulica reforzada
Combustible	Gasolina
Alimentación	Carburador
Capacidad tanque comb.	2.5 GL
Rendimiento comb.	180 Km x GL
Llantas	Alto desempeño para asfalto
Colores	Rojo, azul, negro y blanco

(Fuente: Motoensab S. A.)

3.6 CONTROL DE CALIDAD.

La empresa trabaja bajo normativas de calidad como lo es la norma ISO 9001, colocando a la ensambladora entre las mejores del país. A todas las motocicletas se

las realiza un riguroso control de calidad garantizando su óptimo funcionamiento, cumpliendo con la normativa nacional para poder salir al mercado.

Desde el inicio del ensamble de la motocicleta se lleva un registro en el cual consta el modelo, motor, chasis y aprobación de calidad; permitiendo establecer el control en todo el proceso de ensamblaje.

Dentro del proceso de control de calidad, el personal encargado realiza un chequeo acorde a todo lo especificado en el formato de calidad de la empresa, una vez finalizado y aprobado el chequeo se coloca un instintivo de calidad representativo de la empresa, todos estos documento se encuentran en el Anexo 6.

3.6.1 POLÍTICA DE LA CALIDAD.[87]

MOTOENSAB S. A. se dedica al ensamble y comercialización de motocicletas y sus repuestos para lo cual cuenta con personal capacitado e infraestructura adecuada; bajo un enfoque de calidad y mejoramiento continuo para la satisfacción de nuestros clientes. (Fuente: Motoensab S. A.)

3.6.2 OBJETIVO DE CALIDAD.[99]

- Mejorar la eficiencia de la línea.
- Disminuir los defectos de calidad.
- Mejorar la satisfacción de los clientes.

3.7 ESTADÍSTICAS. [88]

3.7.1 EMPRESAS ENSAMBLADORAS DEL ECUADOR.

En la tabla 3.3 se presentan todas las ensambladoras de motocicletas a nivel nacional, entre las cuales están las marcas más conocidas y vendidas del país:

---

[87] Ecuador, MOTOENSAB S. A. *Información referente a la política y objetivo de calidad de la empresa*, Quito: Autores

[88] Ecuador, Ministerio de Industrias y Productividad. *DPI información por importador.* Quito: Autores.

Tabla 3.3. Empresas ensambladoras del país.

EMPRESA	CIUDAD DE LA PLANTA EN ENSAMBLAJE	MARCA DE MOTOCICLETA
MOTOENSAB S.A.	Quito	ICS / UM
SURAMERICANA DE MOTORES MOTSUR CIA. LTDA.	Cuenca	RANGER
MOTOINDUSTRIA S.A.	Guayaquil	TUKO
DUKARE CIA. LTDA.	Cuenca	DUKARE
IMP. & EXP. INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ S.A. IMPEASA	Guayaquil	FORMOSA
MOTORCYCLE ASSEMBLY – LINE OF ECUADOR S.A. MASSLINE	Guayaquil	SHINERAY BULTACO
KANGLE ENSAMBLADORA DE ARTEFACTOS ELÉCTRICOS S.A.	Guayaquil	KINGDOM
UNNOMOTORS CIA. LTDA	Quito	KEEWAY MOTOR 1 SUKIDA
METALTRONIC S.A.	Quito	THUNDER UM
MOTOSA S.A	Guayaquil	TUNDRA TRAXX
INDIAN MOTOS INMOT S.A.	Manta	BAJAJ
INGENIOMOTORS CIA. LTDA.	Quito	IGM
MOTOCICLETAS Y ENSAMBLAJES S.A. MYESA.	Cuenca	JIANSHE JIALING QINGQI
IMPORTADORA DE VEHÍCULOS Y REPUESTOS S.A. IMVERESA	Guayaquil	QMC
VEHÍCULOS Y COMERCIO ASTUDILLO VYCAST CIA. LTDA	Cuenca	DAYANG
PROINTER PRODUCTOS INTERNACIONALES S.A.	Ibarra	LONCIN
CORPORACIÓN WAN S.A. CORWAN	Guayaquil	LINGKEN
RUIZ & NOBOA REPRESENTACIONES CIA. LTDA.	Ibarra	SKYGO ORION
ASSEMBLYMOTOS S.A.	Guayaquil	DAYTONA FACTORY BIKE

GALLARDO CARCELÉN CARLOS AUGUSTO (MOTOIMPORT)	Quito	GALARDI
CHIMASA S.A.	Guayaquil	OROMOTO
CORPORACIÓN WAN S.A. CORWAN	Guayaquil	LINGKEN
ESTAMPADOS METÁLICOS NICOLALDE & NICOLALDE CÍA. LTDA.	Quito	MECANIZA

(Fuente: MIPRO).

3.7.2 DATOS DE IMPORTACIÓN POR EMPRESAS ENSAMBLADORAS [CKD Y CIF].

Las importaciones de los CKD con su respectivo valor de CIF (Cost, Insurance and Freight) de las diferentes ensambladoras del país son presentadas en la tabla 3.4, donde se puede observar que la empresa motivo de estudio se encuentra en el grupo de ensambladoras más representativas.

En la figura 3.7 se indica la cantidad de importación de CKD de motocicletas por ensambladora, donde se observa que la empresa Motoensab S. A. forma parte de las 10 ensabladoras con mayor indice de importación.

Tabla 3.4. Importación de motocicletas CKD.

IMPORTACIÓN MOTOCICLETAS CKD									
	2012		2013		2014		2015		
	CANTIDAD	CIF	CANTIDAD	CIF	CANTIDAD	CIF	CANTIDAD	CIF	
UNNOMOTORS CIA. LTDA.	20.929	13.422.003.89	14.526	8.465.433.88	20.914	10.425.015.93	9.753	5.238.685.65	
ASSEMBLYMOTOS S.A.	10.411	5.579.261.96	8.596	4.889.276.62	13.988	7.495.550.85	2.367	1.306.434.81	
MOTORCYCLE ASSEMBLY - LINE OF ECUADOR S.A. MASSLINE	11.826	6.600.202.21	14.384	8.366.867.80	9.288	5.647.332.41	5.913	3.360.099.26	
MOTOSA S.A.	10.810	7.168.675.27	11.409	7.505.772.04	8.576	5.340.282.22	836	463.461.32	
INDIAN MOTOS INMOT S.A.	10.024	9.593.377.25	8.274	9.754.922.28	4.984	5.077.117.36	4.284	4.604.046.72	
METALTRONIC S.A.	7.974	5.469.177.40	5.146	2.879.826.57	8.473	4.840.271.36	2.222	1.217.427.33	
ENSAMBLADORA MOTOENSAB S.A.					7.142	4.056.272.31	4.489	2.346.468.15	
MOTOINDUSTRIA S.A.	1.043	814.764.99	1.994	1.267.607.23	6.038	3.629.170.08	3.984	2.367.170.38	
SURAMERICANA DE MOTORES MOTSUR CIA. LTDA.	3.485	2.248.731.06	2.904	1.768.235.86	5.200	3.176.518.74	2.220	1.386.134.29	
VEHICULOS Y COMERCIO ASTUDILLO VYCAST CIA. LTDA.	1.483	982.130.75	1.259	690.008.68	4.527	2.427.381.55	9	6.088.35	
DUKARE CIA. LTDA	3.377	2.054.762.96	3.302	2.188.315.99	3.966	2.124.576.30	2.718	1.371.414.98	
PROINTER PRODUCTOS INTERNACIONALES SA	3.624	2.266.030.77	3.908	2.223.040.39	3.352	1.994.236.94	1.875	1.076.716.33	
MOTOCICLETAS Y ENSAMBLAJES S.A. MYESA	2.301	1.549.974.70	2.237	1.771.318.01	2.154	1.667.170.29	2.286	1.527.467.59	
IMVERESA IMPORTADORA DE VEHICULOS Y REPUESTOS S.A.	5.541	3.105.541.31	4.525	2.383.439.56	2.665	1.394.491.66	570	277.596.75	
ENFAMOTOSA S.A.					1.648	1.184.198.30	1.492	421.903.19	
RUIZ & NOBOA REPRESENTACIONES CIA LTDA	1.661	1.145.171.91	1.838	1.172.208.40	1.501	852.935.95			
IMP. & EXP. INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ S.A. IMPEASA	861	484.430.98	1.287	703.589.32	560	324.196.13	60	32.276.74	
GALLARDO CARCELEN CARLOS AUGUSTO	483	434.556.87	510	367.717.04	240	222.944.83	522	398.768.21	
KANGLE ENSAMBLADORA DE ARTEFACTOS ELECTRICOS S.A.	7.150	224.517.49	11.740	639.201.94	3.500	179.573.29			
INGENIOMOTORS S.A.					243	165.794.46			
CHIMASA S.A.					156	86.206.21	836	399.067.80	
CINASCAR DE ECUADOR S.A.					1	542.07			
ESTAMPADOS METALICOS NICOLALDE & NICOLALDE CIA. LTD	135	84.189.33					147	86.762.92	
PEGASSO MOTOR CORPORATION S.A. PEMOCOR	3.564	1.797.415.65							
TAPIA JACOME KAREN ESTEFANY			90	59.048.80					
CORPORACION POLO S.A. COPOSA	280	277.095.89							
IMPORMETAL CIA. LTDA.	18	16.393.72							
ZAPELLONI ASPREA FEDERICO							1	2.151.11	
CORPORACION EL ROSADO S.A.	1.619	773.068.27							
CORPORACION WAN S.A. CORWAN							182	78.463.85	
Total general	**108.599**	**66.091.474.64**	**97.929**	**57.095.830.42**	**109.116**	**62.311.779.24**	**46.766**	**27.968.605.73**	

(Fuente: MIPRO).

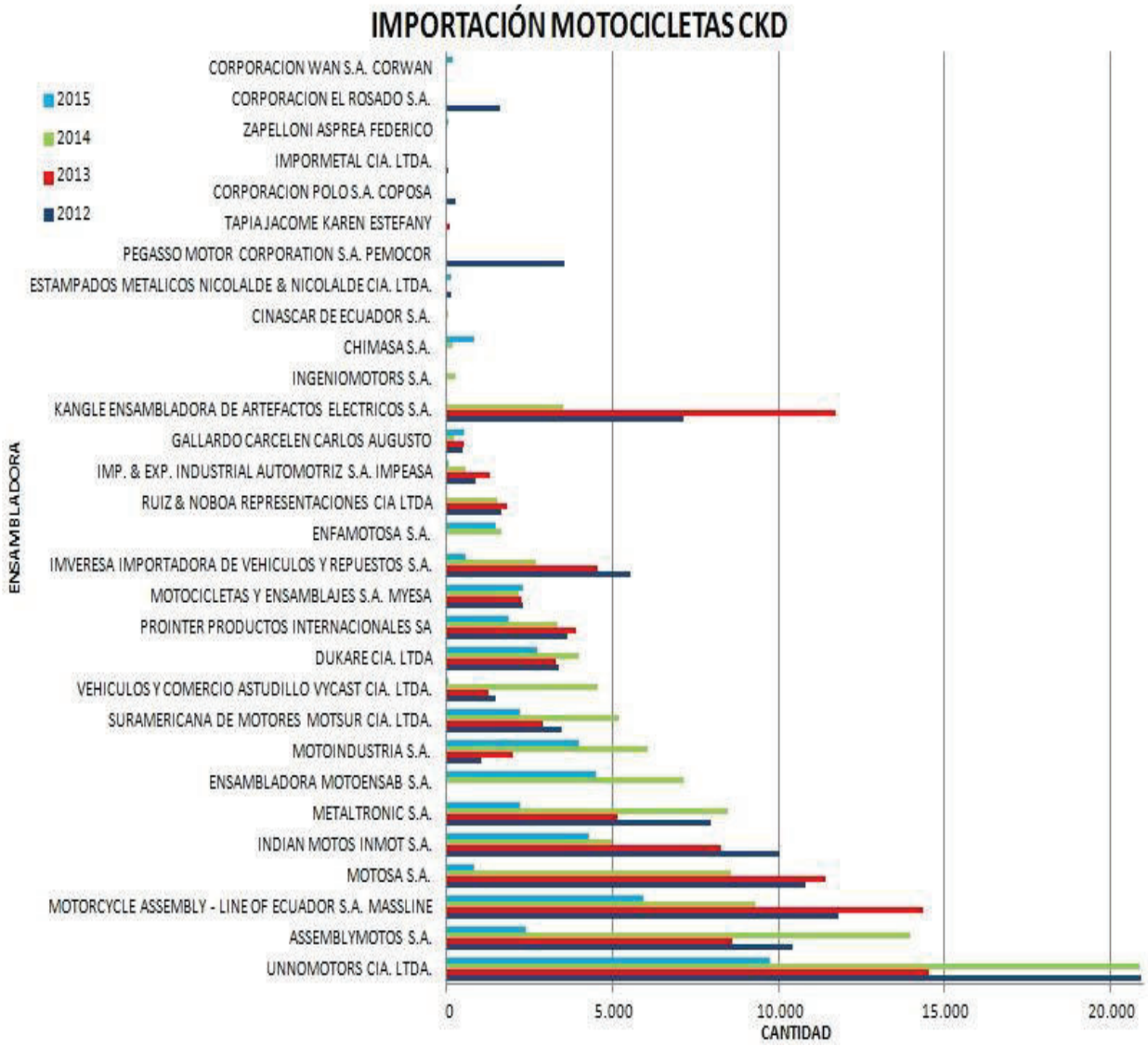


Figura 3.7: Importación de motocicletas CKD (fuente: propia).

3.7.3 PARTICIPACIÓN DEL CKD POR AÑO.

Las importaciones de los CBU (Completely Built Up) más los CKD son presentadas en la tabla 3.5, con lo cual se puede obtener la participación del CKD para los diferentes años.

En la figura 3.8, se puede observar como varía la participación del CKD por año; observando la disminución desde aproximadamente el 75% al 70%, lo cual se da por la agregación nacional de partes y piezas dispuesta por la nueva normativa nacional.

Tabla 3.5. Participación del CKD por año.

	2012		2013		2014		2015	
	UNIDADES	CIF	UNIDADES	CIF	UNIDADES	CIF	UNIDADES	CIF
TOTAL CKD+CBU	144.809	106.062.189.59	133.781	97.688.382.48	151.969	108.895.869.52	66.861	48.366.584.70
PARTICIPACIÓN DEL CKD	74.99%	62%	73.20%	58%	71.80%	57.22%	69.95%	58%

(Fuente: MIPRO).

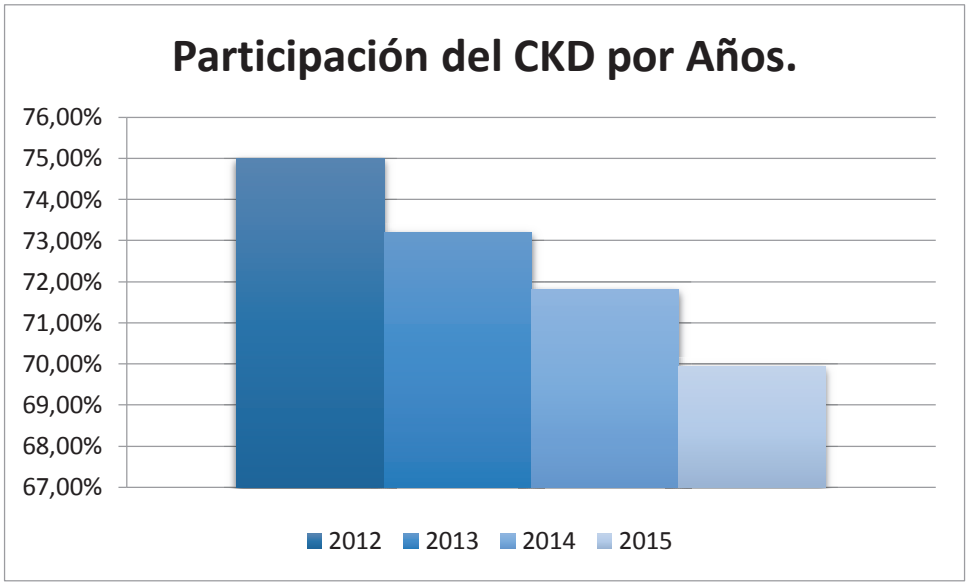


Figura 3.8: Participación del CKD por año (fuente: propia).

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA

4.1 PRODUCCIONES MENSUALES.

En la tabla 4.1 se presenta las unidades producidas por mes para el año 2015, las mismas que varían desde las 401 a 1451 unidades, la diferencias de producción mensual vienen dadas por la demanda existente de los locales de distribución a la empresa ensambladora.

Tabla 4.1. Unidades producidas durante el año 2015.

Mes	Unidades Producidas
Enero	726
Febrero	497
Marzo	813
Abril	824
Mayo	793
Junio	687
Julio	745
Agosto	700
Septiembre	1451
Octubre	607
Noviembre	401
Diciembre	610
TOTAL	**8854**

(Fuente: Motoensab S. A.)

La figura 4.1 indica los porcentajes de producción mensual de motocicletas para el año 2015, en esta figura se puede visualizar que el mes con más producción es el mes de septiembre (16%) y el mes de menor producción el mes de noviembre (5%); de la

producción anual de motocicletas, considerando que la producción es efectuada con mismo personal.

Figura 4.1: Producción mensual año 2015 (fuente: propia).

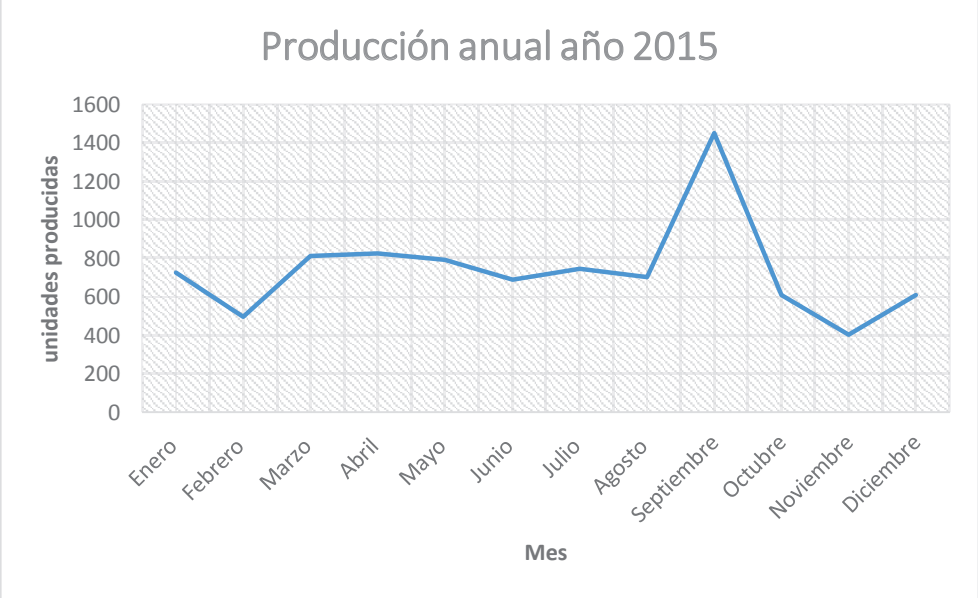


Figura 4.2: Producción año 2015 (fuente: propia).

En la tabla 4.2 se presenta la producción mensual de motocicletas del mes de Octubre del 2015.

Tabla 4.2. Producción mes de Octubre del 2015.

MODELO	MARCA	T. SEMANA 1	T. SEMANA 2	T. SEMANA 3	T. SEMANA 4	T. SEMANA 5	T. MES
KING 200	Z1	0	0	20	17	0	37
MASTER 200	Z1	0	0	0	0	0	0
SUPER	Z1	0	0	0	0	0	0
BROTHER 250	Z1	13	0	0	0	0	13
CHAMPION 200	Z1	0	108	5	0	0	113
G 150 N	ICS	0	0	0	0	0	0
150 S	ICS	0	0	0	0	0	0
110 R	ICS	0	0	0	14	116	130
TR 200	ICS	0	0	0	0	0	0
150 R	ICS	0	0	0	0	0	0
GNS 150	ICS	150	42	0	40	0	232
200S	ICS	0	0	0	0	0	0
CAT 150F	Z1	0	0	82	0	0	82
VENTUS 250R	Z1	0	0	0	0	0	0
CHAMPION 250E	Z1	0	0	0	0	0	0
XTREET R 140	Z1	0	0	0	0	0	0
TOTAL SEMANA		163	150	107	71	116	607

(Fuente: Motoensab S. A.)

En la figura 4.3 se presenta la producción mensual de motocicletas por modelo, del mes de Octubre del 2015.

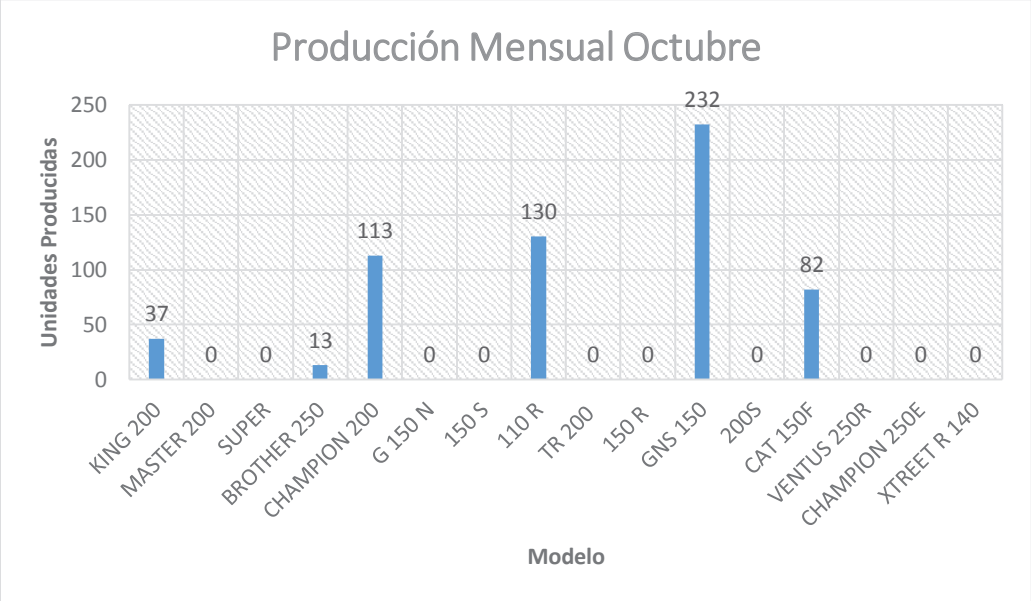


Figura 4.3: Producción del mes de Octubre del 2015 (fuente: propia).

En la tabla 4.3 se presenta la producción mensual de motocicletas del mes de Noviembre del 2015.

Tabla 4.3. Producción mes de Noviembre del 2015.

MODELO	MARCA	T. SEMANA 1	T. SEMANA 2	T. SEMANA 3	T. SEMANA 4	T. MES
KING 200	*Z1*	0	0	0	2	2
MASTER 200	*Z1*	0	0	0	0	0
SUPER	*Z1*	0	0	0	0	0
BROTHER 250	*Z1*	116	47	30	18	211
CHAMPION 200	*Z1*	0	0	0	0	0
G 150 N	*ICS*	0	0	0	0	0
150 S	*ICS*	0	0	0	188	188
110 R	*ICS*	0	0	0	0	0
TR 200	*ICS*	0	0	0	0	0
150 R	*ICS*	0	0	0	0	0
GNS 150	*ICS*	0	0	0	0	0
200S	*ICS*	0	0	0	0	0
CAT 150F	*Z1*	0	0	0	0	0
VENTUS 250R	*Z1*	0	0	0	0	0
CHAMPION 250E	*Z1*	0	0	0	0	0
XTREET R 140	*Z1*	0	0	0	0	0
TOTAL SEMANA		116	47	30	208	401

(Fuente: Motoensab S. A.)

En la figura 4.4 se presenta la producción mensual de motocicletas por modelo, del mes de Noviembre del 2015.

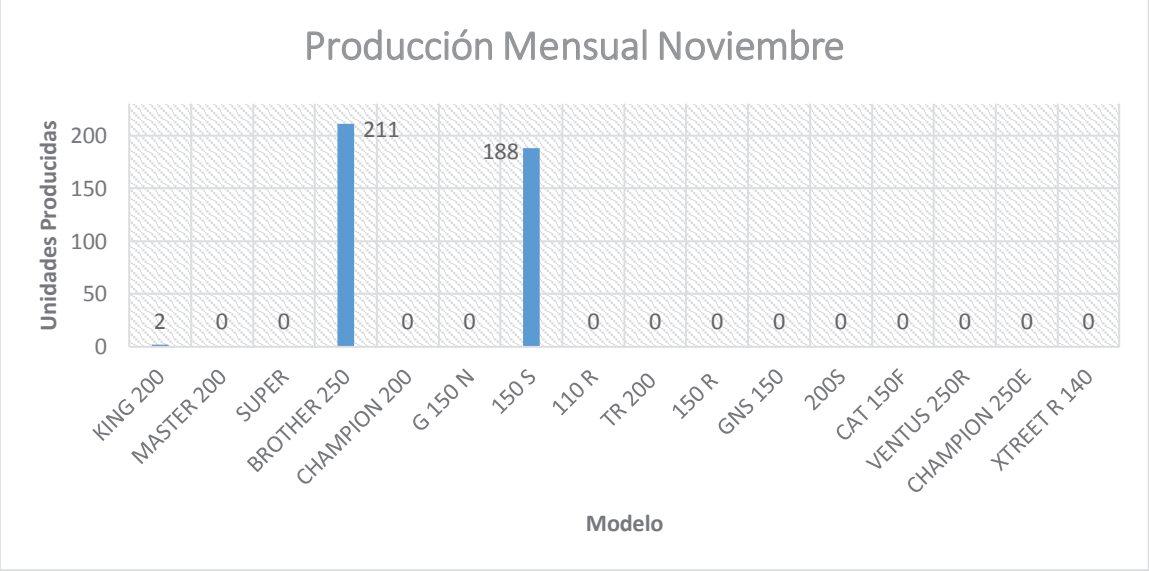


Figura 4.4: Producción del mes de Noviembre del 2015 (fuente: propia).

En la tabla 4.4 se presenta la producción mensual de motocicletas del mes de Diciembre del 2015.

Tabla 4.4. Producción mes de Diciembre del 2015.

MODELO	MARCA	T. SEMANA 1	T. SEMANA 2	T. SEMANA 3	T. SEMANA 4	T. SEMANA 5	T. MES
KING 200	Z1	0	0	0	0	0	0
MASTER 200	Z1	0	0	0	0	0	0
SUPER	Z1	0	0	0	0	0	0
BROTHER 250	Z1	0	0	50	0	46	96
CHAMPION 200	Z1	0	0	0	0	0	0
G 150 N	ICS	0	0	0	0	0	0
150 S	ICS	15	325	66	0	0	406
110 R	ICS	59	0	0	0	0	59
TR 200	ICS	0	0	0	0	0	0
150 R	ICS	0	0	0	0	0	0
GNS 150	ICS	0	0	49	0	0	49
200S	ICS	0	0	0	0	0	0
CAT 150F	Z1	0	0	0	0	0	0
VENTUS 250R	Z1	0	0	0	0	0	0
CHAMPION 250E	Z1	0	0	0	0	0	0
XTREET R 140	Z1	0	0	0	0	0	0
TOTAL SEMANA		74	325	165	0	46	610

(Fuente: Motoensab S. A.)

En la figura 4.5 se presenta la producción mensual de motocicletas por modelo, del mes de Diciembre del 2015.

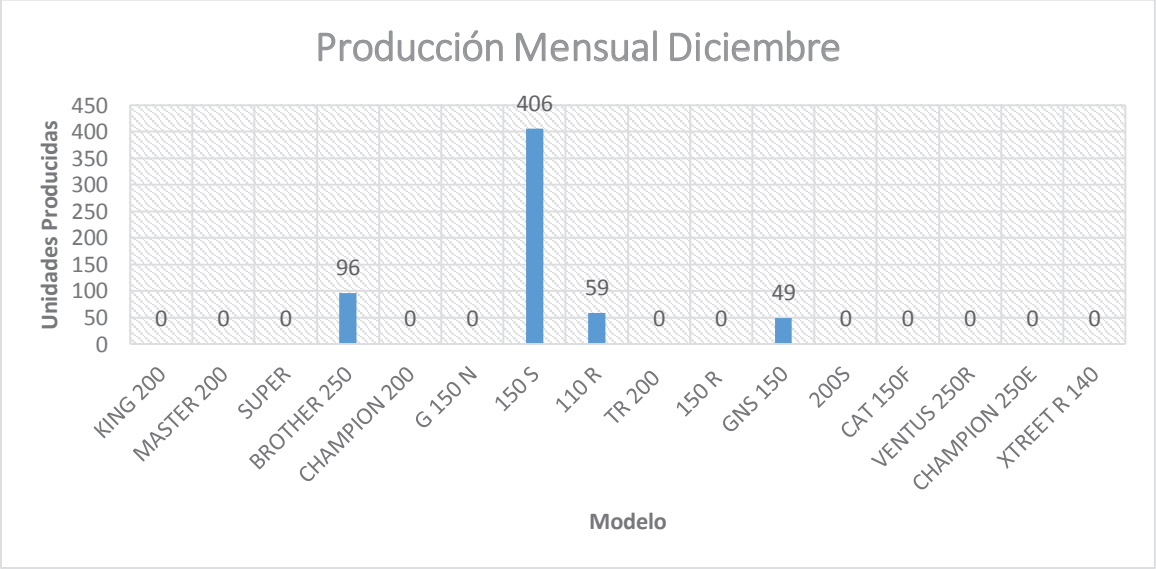


Figura 4.5: Producción del mes de Diciembre del 2015 (fuente: propia).

4.2 SELECCIÓN DE LOS MODELOS DE MOTOCICLETA DE ESTUDIO.

En la tabla 4.5 se indica las unidades producidas y el porcentaje de producción de los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre; con estos datos se obtiene los modelos de motocicleta que son los más representativos para la empresa, además se pueden contrastar estos resultados con las gráficas de producción mensual descritas en el punto anterior, por lo expuesto, los 3 modelos de motocicleta seleccionados para el estudio son:

- ICS 150S.
- Z1 BROTHER 250.
- ICS GNS 150.

Tabla 4.5. Producción de los meses Octubre, Noviembre y Diciembre del 2015.

MODELO	MARCA	T. Mes Octubre	Producción [%]	T. Mes Noviembre	Producción [%]	T. Mes Diciembre	Producción [%]
KING 200	Z1	37	6,10	2	0,50	0	0,00
MASTER 200	Z1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
SUPER	Z1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
BROTHER 250	Z1	13	2,14	211	52,62	96	15,74
CHAMPION 200	Z1	113	18,62	0	0,00	0	0,00
G 150 N	ICS	0	0,00	0	0,00	0	0,00
150 S	ICS	0	0,00	188	46,88	406	66,56
110 R	ICS	130	21,42	0	0,00	59	9,67
TR 200	ICS	0	0,00	0	0,00	0	0,00
150 R	ICS	0	0,00	0	0,00	0	0,00
GNS 150	ICS	232	38,22	0	0,00	49	8,03
200S	ICS	0	0,00	0	0,00	0	0,00
CAT 150F	Z1	82	13,51	0	0,00	0	0,00
VENTUS 250R	Z1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
CHAMPION 250E	Z1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
XTREET R 140	Z1	0	0,00	0	0,00	0	0,00
TOTAL MES		607	100,00	401	100,00	610	100,00

(Fuente: Motoensab S. A.)

Además la selección de estos modelos es contrastado mediante un diagrama de Pareto, para su ejecución se tomaran los 7 modelos en los cuales se tienen unidades producidas como lo indica la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Número de unidades producidas por cada modelo.

MODELO	TOTAL UNIDADES PRODUCIDAS
150 S	594
BROTHER 250	320
GNS 150	281
110 R	189
CHAMPION 200	113
CAT 150F	82
KING 200	39
MASTER 200	0
SUPER	0
G 150 N	0
TR 200	0
150 R	0
200S	0
VENTUS 250R	0
CHAMPION 250E	0
XTREET R 140	0

(Fuente: Motoensab S. A.)

En la tabla 4.7 se presenta los datos necesarios para la ejecución del diagrama de Pareto.

Tabla 4.7. Valores obtenidos por cada modelo de motocicleta.

Modelo de Motocicleta	Unidades	Total Unidades	Porcentaje	Unidades Acumulado	Porcentaje Acumulado
150 S	594	1618	36,7%	594	36,7%
BROTHER 250	320		19,8%	914	56,5%
GNS 150	281		17,4%	1195	73,9%
110 R	189		11,7%	1384	85,5%
CHAMPION 200	113		7,0%	1497	92,5%
CAT 150F	82		5,1%	1579	97,6%
KING 200	39		2,4%	1618	100,0%

(Fuente: Propia)

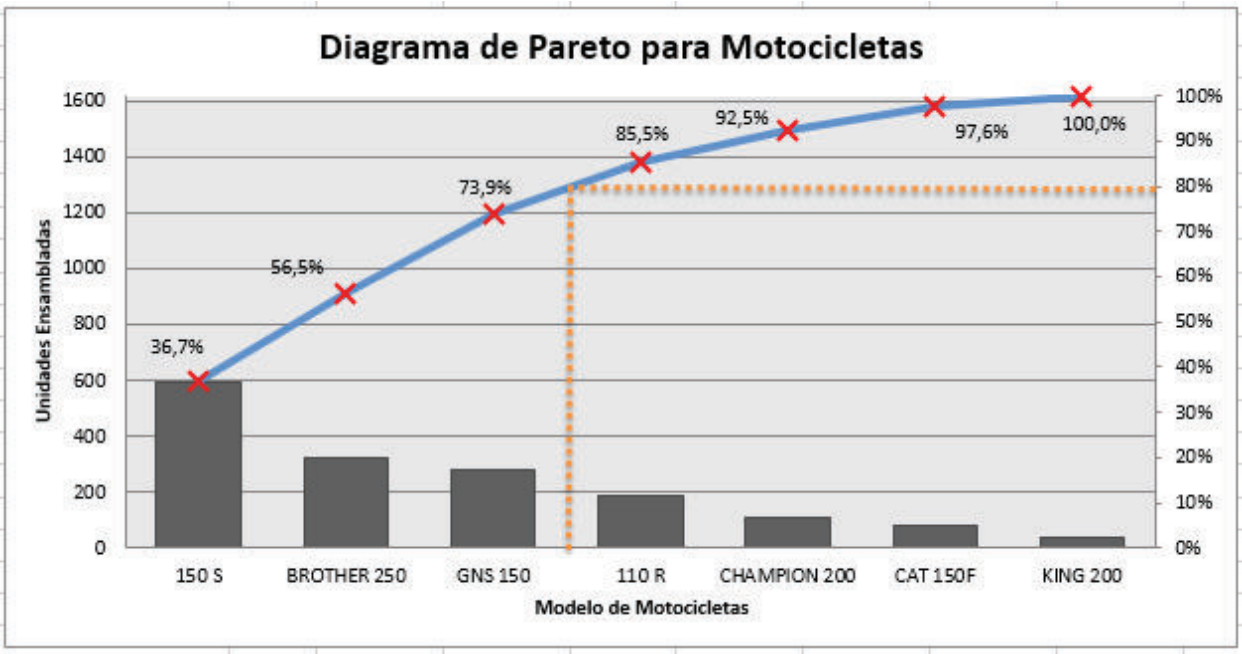


Figura 4.6: Diagrama de pareto (fuente: propia).

El diagrama de Pareto nos indica que el 20% de los modelos de las motocicletas ensambladas producen el 80% de los problemas de la línea de ensamble, por lo cual se ratifica el estudio especial de los modelos ICS 150S, BROTHER 250 y GNS 150 como se indicó anteriormente.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE.

La línea de ensamble se encuentra conformada por 5 estaciones como se indicó en el punto 3.4.1.2.

4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL CKD POR ESTACIÓN.

En las tablas 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 se detallan las diferentes partes y pizas, al igual que la tornillería utilizada en cada estación de trabajo, para el ensamble total de la motocicleta.

4.3.1.1 Estación 1.

Tabla 4.8. Distribución del CKD en la estación 1.

ESTACIÓN 1	
Lado Derecho de la Línea (RH)	**Lado Izquierdo de la Línea (LH)**
Partes y Piezas	
Motor	Chasis
1 Manguera de paso de combustible	1 Pito
1 Pata de arranque	1 Vincha guia del embrague
1 Apoya pies	3 Cauchos ovalados pequeños Dint=10; Dext=20
1 Cauchos de apoya pies	3 Bocines Dint=10; Dext=20
1 Pedal del freno	2 Cauchos redondos Dint=10; Dext=20
1 Varilla del pedal del freno posterior	1 Base del motor central
1 Base central del motor	1 Vincha guia de la parte eléctrica
1 Platina media luna	1 Placa del automático del arranque
	1 Cable de masa
	1 Base del motor inferior
	1 Depurador
	1 Correa de la bateria
	1 Pasador de la pata central
	1 Pata central
	1 Pata de apoyo lateral
	1 Guardafango posterior
	1 Caucho tipo buje
Tornilleria	
1 Resorte helicoidal de 11 espiras	1 Resorte helicoidal de 17 espiras
1 Resorte helicoidal de 17 espiras	1 Perno M8 x 12 x 1,25
2 Tuercas de seguridad M10 x 1,5	1 Perno M6 x 20 x 1
7 Tuercas de seguridad M8 x 1,25	2 Pernos M8 x 20 x 1,25 con arandela plana/ presión
2 Pernos M8 x 20 x 1,25 con arandela plana/ presión	3 Pernos M6 x 25 x1
1 Arandela plana para perno M18 x 2,5	1 Perno M6 x 16 x 1 con arandela plana
1 Pasador de Seguridad	1 Perno M6 x 16 x 1
	1 Perno M6 x 12 x 1
	1 Perno M10 x 36 x 1,5
	2 Pernos M10 x 112 x 1,5
	2 Pernos M8 x 90 x 1,25
	5 Pernos M8 x 70 x 1,25
	1 Tuerca M6 x 1
	1 Tuerca M10 x 1,5
	1 Arandela plana para perno M6 x 1
NOTA: Todas las dimenciones se encuentran en [mm], pernos y tuercas son de cabeza hexagonal	

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.1.2 Estación 2.

Tabla 4.9. Distribución del CKD en la estación 2.

ESTACIÓN 2	
Lado Derecho de la Línea (RH)	**Lado Izquierdo de la Línea (LH)**
Partes y Piezas	
1 Castillo	1 Basculante
1 Pista del castillo	1 Caucho del basculante
1 Tuerca guardapolovo del castillo	1 Cadena
1 Tuerca principal	1 Tambor
1 Base del manubrio	1 Base basculante - tambor
2 Amortiguadores delanteros	2 Amortiguadores posteriores
1 Mordaza del freno delantero	1 Bocin D= 14; Dext=45
1 Llanta delantera	1 Regulador de cadena
1 Disco de freno	1 Llanta posterior
1 Amortiguadores posteriores	1 Protector de cadena
1 Vincha de disco de freno	1 Catalina
1 Caucho tipo arandela	1 Seguros de catalina
1 Bocin D= 12; L=22	1 Manzana
Rodamientos	1 Bocin D= 14; Dext=25
Tornilleria	
5 Pernos M6 x 20 x 1	1 Perno M12 x 260 x 1,75
1 Perno M12 x 190 x 1,75	1 Tuerca de seguridad M12 x 1,75
1 Tuerca de seguridad M12 x 1,75	1 Perno M14 x 230 x 2
1 Perno tipo buje M8 x 30 x 1,25	1 Tuerca de seguridad M14 x 2
1 Arandela plana para perno M8 x 1,25	4 Pernos M8 x 38 x 1,25 Cabeza cuadrada
1 Arandela de presión para perno M8 x 1,25	1 Perno M8 x 25 x 1,25 tipo buje
1 Tuerca M8 x 1,25	2 Pernos M6 x 10 x 1 con arandela plana
1 Pasador L= 25; D=2	2 Arandelas planas para perno M10 x 1,5
2 Arandelas planas para perno M10 x 1,5	3 Arandelas planas para perno M12 x 1,75
2 Arandelas planas para perno M12 x 1,75	5 Tuercas para perno M8 x 1,25
2 Tuercas tipo bala M10 x 1,5	1 Arandela plana perno M8 x 1,25
	1 Arandela de presión para perno M8 x 1,25
	2 Tuercas tipo bala M8 x 1,25
	1 Arandela de presión para perno M8 x 1,25
	2 Tuercas tipo bala M10 x 1,5
	1 Pasador L=25; D=2
NOTA: Todas las dimenciones se encuentran en [mm], pernos y tuercas son de cabeza hexagonal	

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.1.3 Estación 3.

Tabla 4.10. Distribución del CKD en la estación 3.

ESTACIÓN 3	
Lado Derecho de la Línea (RH)	**Lado Izquierdo de la Línea (LH)**
Partes y Piezas	
1 Tubo de escape	1 Manubrio
1 Control de encendido	1 Control de luces
1 Cable de acelerador	1 Cable de embrague
1 Anillo de fuego	1 Arnes eléctrico
1 Base del escape	1 Flasher
1 Anillo del escape	1 Regulador de voltaje
1 Media luna del escape	1 CDI
1 Bobina	1 Automático del arranque
1 Manija del acelerador	1 Moldura plástica posterior (cola)
2 Contrapesos del manubrio	2 Direccionales posteriores
1 Vincha guia de cable del embrague	1 Reflector de la cola posterior
1 Amarras plásticas	1 Manija fija
1 Velocimetro	1 Caucho guardapolvo del cable del embrague
1 Vincha guia del velocimetro	1 Contrapeso del manubrio
	1 Manigueta del embrague
	1 Base o guia de las direccionales
	2 Abrazaderas media luna del manubrio
	2 Amarras plásticas
Tornilleria	
1 Perno M8 x 30 x 1,25	4 Pernos M6 x 30 x 1
2 Tuercas tipo bala M6 X 1	4 Pernos M6 x 20 x 1
1 Perno M8 x 36 x 1,25 con arandela plana/presión	2 Pernos M6 x 12 x 1
2 Tornillos cabeza estrella M5 x 20 DIN 7985	2 Vinchas colepato
2 Tuercas M8 x 1,25	2 Tornillos colepato M4 x 15 DIN 7996
	4 Arandelas planas para perno M6 x 1
NOTA: Todas las dimenciones se encuentran en [mm], pernos y tuercas son de cabeza hexagonal	

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.1.4 Estación 4.

Tabla 4.11. Distribución del CKD en la estación 4.

ESTACIÓN 4	
Lado Derecho de la Línea (RH)	**Lado Izquierdo de la Línea (LH)**
Partes y Piezas	
1 Base de tablero y foco	1 Seguro de robo
1 Tablero	1 Vincha guia del cable del velocimetro
1 Faro principal delantero	1 Reposa pies del pasajero
2 Direccionales delanteras	1 Placa
2 Swicht de encendido	1 Parrilla
5 Cauchos ovalados	1 Foco stop
3 Bocines D= 12; L=22	2 Molduras posteriores (cola)
2 Bocines D= 20; L=32	2 Molduras tapa (cola)
1 Placas laterales del faro	2 Cauchos redondos
1 Reposa pie pasajero	1 Caucho tipo buje
1 Cable velocimetro	2 Cauchos ovalados
1 Moldura del faro	
1 Moldura del tablero	
Tornilleria	
3 Pernos M6 x 20 X 1,25	4 Pernos M8 x 16 x 1,25
2 Tornillos cabeza estrella M6 x 12 DIN 7985	1 Perno M8 x 30 x 1,25 con arandela plana- presión
1 Arandela plana para perno M6 x 1	6 Vinchas colepato
7 Tuercas M6 x 1	2 Tuercas M6 x 1
4 Vinchas colepato	2 Tornillos cabeza estrella M6 x 8 DIN 7982
1 Vincha con tuerca para perno M6 x 1	5 Tornillos colepato M3 x 10 DIN 7996
2 Pernos cabeza estrella M6 x 12 x 1	2 Tornillos colepato M4 x 15 DIN 7996
6 Tornillo colepato M3 x 10 DIN 7996	2 Pernos M6 x 12 x 1
4 Tornillo colepato M4 x 15 DIN 7996	
NOTA: Todas las dimenciones se encuentran en [mm], pernos y tuercas son de cabeza hexagonal	

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.1.5 Estación 5.

Tabla 4.12. Distribución del CKD en la estación 5.

ESTACIÓN 5	
Lado Derecho de la Línea (RH)	**Lado Izquierdo de la Línea (LH)**
Partes y Piezas	
1 Guardafango delantero	1 Tanque de combustible
1 Moldura lateral	1 Moldura lateral
2 Reflectores	1 Llave de paso de combustible
1 Base de asiento	1 Tapa de gasolina
1 Asiento	4 Cauchos anti vibración del tanque
1 Trompo	2 Cauchos redondos
1 Resorte de freno posterior	1 Caucho ovalado
1 Caucho guia del velocimetro	1 Placa guía de arnes
1 Base del guardafango	1 Caucho tipo bocin
1 Base metálica del guardafango	1 Caucho redondo
1 Caucho de asiento	1 Bocin metálico
1 Caucho ovalado	1 Manguera de desfogue
1 Vincha guia cable de mordaza	1 Llave de la moldura lateral
	1 Resorte bocin
	1 Seguro o pin
	1 Tapa de piñón
	1 Tapa de marchas
Tornilleria	
1 Perno M8 x 20 x 1,25	3 Pernos M5 x 25 x 0,8
3 Pernos cabeza estrellada M6 x 12 x 1	1 Perno M5 x 12 x 0,8
4 Pernos M6 x 12 x 1 con arandela plana	2 Pernos M6 x 30 x 1
4 Tuercas M6 x 1	1 Perno M8 x 20 x 1,25
1 Perno cabeza estrellada M6 x 16 x 1	1 Perno M8 x 36 x 1,25
4 Pernos cabeza estrellada redonda M5 x 12 x 0,8	1 Pernos M6 x 20 x 1
4 Arandelas planas para perno M6 x 1	
4 Tuercas M5 x 0,8	
NOTA: Todas las dimenciones se encuentran en [mm], pernos y tuercas son de cabeza hexagonal	

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CAJA DEL CKD.

La caja del CKD trae consigo la siguiente nomenclatura: Net Weight (N.W.) que representa el peso neto de la caja; es decir, es el peso de todos los componentes de la motocicleta. Mientras que por otra parte, Gross Weigh (G.W.) representa el peso en bruto de la caja.

4.3.2.1 Caja de partes y piezas del CKD.

Tabla 4.13. Descripción de la caja del CKD.

MODELO	N.W [Kg]	G.W [Kg]	MEDIDAS [mm]
ICS 150-S	69	82	1160 x 740 x 360
ICS GNS-150	86	98	1160 x 740 x 360
Z1 BROTHER 250R	94	107	1350 x 760 x 440

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.2.2 Caja del motor de la motocicleta.

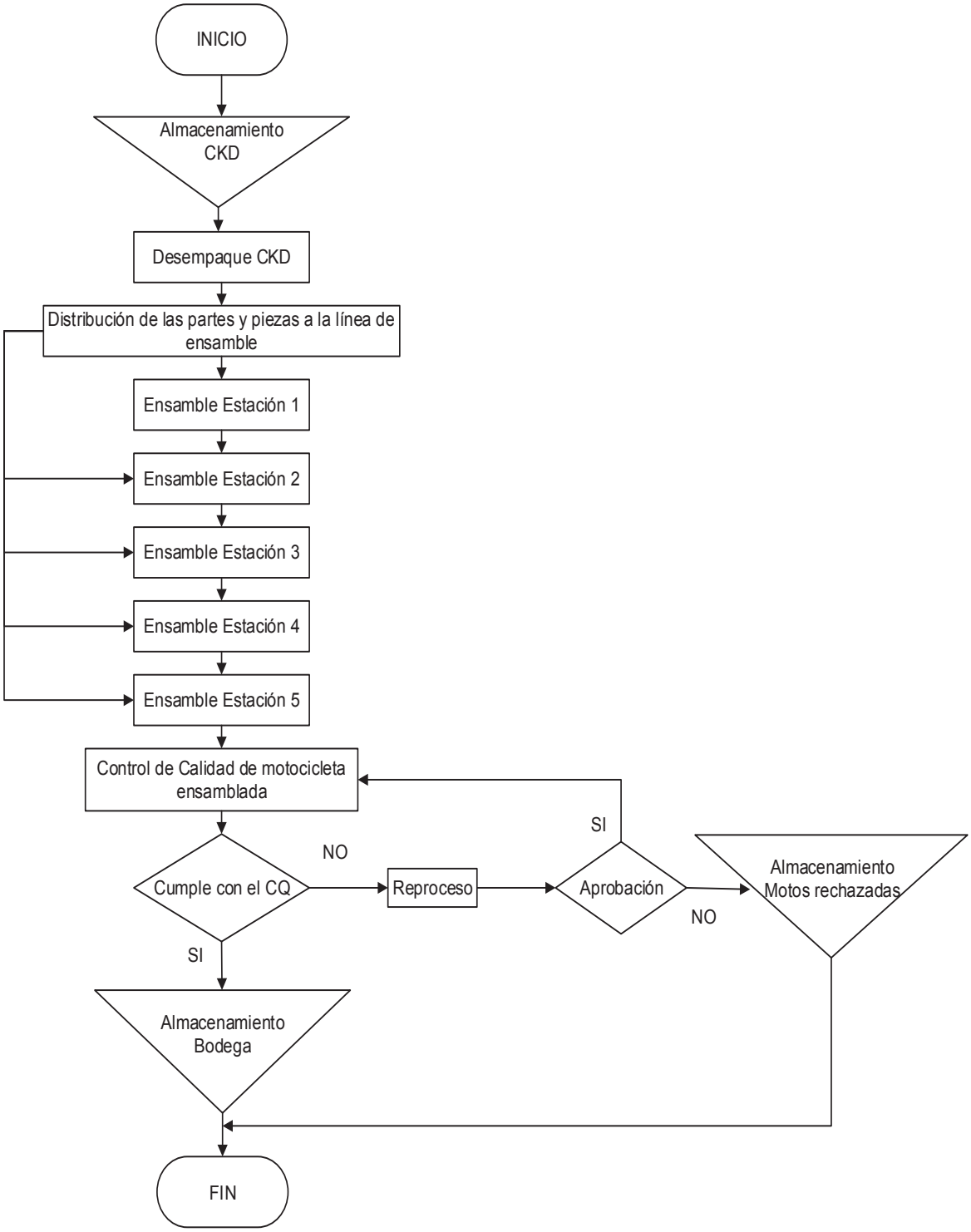
Tabla 4.14. Descripción de la caja del motor.

MODELO	N.W [Kg]	G.W [Kg]	MEDIDAS [mm]
ICS 150-S	30	32	365 x 345 x 490
ICS GNS-150	29	31	365 x 345 x 490
Z1 BROTHER 250R	30	34	380 x 350 x 500

(Fuente: Motoensab S. A.)

4.3.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LA EMPRESA.

4.3.3.1 Diagrama de flujo general del proceso de ensamble de motocicletas.



4.3.3.2 Diagrama de flujo del ensamble de motocicletas por estación.

4.3.3.2.1 Diagrama de flujo Estación 1 lado derecho.

Ver Anexo 7

4.3.3.2.2 Diagrama de flujo Estación 1 lado izquierdo.

Ver Anexo 8

4.3.3.2.3 Diagrama de flujo Estación 2 lado derecho.

Ver Anexo 9

4.3.3.2.4 Diagrama de flujo Estación 2 lado izquierdo.

Ver Anexo 10

4.3.3.2.5 Diagrama de flujo Estación 3 lado derecho.

Ver Anexo 11

4.3.3.2.6 Diagrama de flujo Estación 3 lado izquierdo.

Ver Anexo 12

4.3.3.2.7 Diagrama de flujo Estación 4 lado derecho.

Ver Anexo 13

4.3.3.2.8 Diagrama de flujo Estación 4 lado izquierdo.

Ver Anexo 14

4.3.3.2.9 Diagrama de flujo Estación 5 lado derecho.

Ver Anexo 15

4.3.3.2.10 Diagrama de flujo Estación 5 lado izquierdo.

Ver Anexo 16

4.3.3.3 Diagrama de flujo del control de calidad.

Ver Anexo 17

4.3.3.4 Diagrama de flujo del desempaque del CKD de motocicletas.

Ver Anexo 18

4.3.3.5 Diagrama de flujo del desempaque de tornillería.

Ver Anexo 19

4.4 MUESTREO DE TIEMPOS.

4.4.1 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA NECESARIA.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se empleó la ecuación 2.10.

$$N = \frac{Z^2 p(1-p)}{E^2}$$

- Z = 1.65; Para una confiabilidad del 90%.
- p = 95%.
- E = 10%.

$$N = \frac{(1.65)^2 * (0.95)(1-0.95)}{(0.1)^2}$$

$$N = 12.93 \approx \mathbf{13}\ [\boldsymbol{Muestras\ por\ motocicleta}].$$

4.4.2 TOMA DE MUESTRAS.

La toma de muestras fueron establecidas según lo que indica la tabla 4.15:

Tabla 4.15. Número de muestras tomadas.

MODELO	CILINDRADA [cc]	FECHA	HORA	N° de MUESTRAS
ICS 150s	150	23/09/2015	10:20-2:00	20
GNS 150	150	25/09/2015	10:20-2:00	16
BROTHER 250	250	29/09/2015	10:20-2:00	10

(Fuente: Propia)

NOTA: Debido a los horarios de trabajo establecidos por la empresa, para el modelo de motocicleta BROTHER 250 solo se pudo establecer una muestra de 10

motocicletas, ya que todas fueron tomadas en el mismo horario con el fin de obtener condiciones semejantes en la muestra total tomada.

4.4.2.1 Tiempos - Motocicleta modelo ISC 150S.

En la tabla del Anexo 20, se encuentran los tiempos tomados para esta motocicleta.

4.4.2.2 Tiempos - Motocicleta modelo GNS 150.

En la tabla del Anexo 21, se encuentran los tiempos tomados para esta motocicleta.

4.4.2.3 Tiempos - Motocicleta modelo BROTHER 250.

En la tabla del Anexo 22, se encuentran los tiempos tomados para esta motocicleta.

4.5 PRODUCTIVIDAD.

Se medirá la productividad actual de la empresa a través del insumo laboral, determinándose la intervención del insumo laboral (fuerza de trabajo), a partir de su interrelación con el producto generado.

En este método de determinación de la productividad, el elemento principal es el trabajo realizado por el hombre, estableciéndose la mano de obra global o parcial con el producto que se esté generando. Se medirá la productividad laboral y la unidad física del trabajo.

4.5.1 PRODUCTIVIDAD LABORAL.

Para el cálculo de la productividad laboral tenemos:

$$P = \frac{Total\ Producido}{Total\ Horas - Hombre\ Involucradas}$$

Para nuestros modelos de motocicleta de estudio tenemos:

- Motocicleta ICS 150

$$P = \frac{20\ Motocicletas}{3{:}51{:}22\ h - h}$$

$$\boldsymbol{P = 5,70\ \frac{Motocicletas}{h - h}}$$

- Motocicleta GNS 150

$$P = \frac{16\ Motocicletas}{3{:}55{:}08\ h - h}$$

$$\boldsymbol{P = 4,51\ \frac{Motocicletas}{h - h}}$$

- Motocicleta BROTHER 250

$$P = \frac{10\ Motocicletas}{3{:}51{:}07\ h - h}$$

$$\boldsymbol{P = 2,85\ \frac{Motocicletas}{h - h}}$$

4.5.2 UNIDAD FÍSICA DEL TRABAJO.

Para el cálculo de la productividad por la unidad física del trabajo tenemos:

$$P = \frac{Total\ Horas - Hombre\ Involucradas}{Total\ Producido}$$

Para nuestros modelos de motocicleta de estudio tenemos:

- Motocicleta ICS 150

$$P = \frac{3{:}51{:}22\ h - h}{20\ Motocicletas}$$

$$\boldsymbol{P = 0,176\ \frac{h - h}{Motocicletas}}$$

- Motocicleta GNS 150

$$P = \frac{3{:}55{:}08\ h - h}{16\ Motocicletas}$$

$$\boldsymbol{P = 0,222\ \frac{h - h}{Motocicletas}}$$

- Motocicleta BROTHER 250

$$P = \frac{3{:}51{:}07\ h - h}{10\ Motocicletas}$$

$$\boldsymbol{P = 0,351\ \frac{h - h}{Motocicletas}}$$

4.6 GANTT.

Se presentará una gráfica de Gantt de las estaciones de ensamble, para cada uno de los modelos de motocicleta seleccionados para el estudio.
En estas gráficas se podrá establecer las estaciones en las cuales se está ocupando más tiempo para el ensamble de las motocicletas.

4.6.1 GRÁFICA DE GANTT PARA LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE LA MOTOCICLETAS ICS 150S.

En la tabla 4.16 se presentan un resumen de los tiempo promedio, estos datos fueron tomados de las tablas de los tiempos de ensamble del punto 4.4.2.1 para el ensamble de la motocicleta en cada una de las estaciones.

Tabla 4.16. Resumen de tiempos de ensamblaje de la motocicleta ICS 150S.

Motocicleta Modelo:		ICS 150S		
ID	**TAREA**	**COMIENZO [min]**	**DURACIÓN [min]**	**FIN [min]**
1	Ensamble Estación 1	0:00:00	0:08:11	0:08:11
2	Ensamble Estación 2	0:08:11	0:06:41	0:14:52
3	Ensamble Estación 3	0:14:52	0:11:11	0:26:03
4	Ensamble Estación 4	0:26:03	0:14:58	0:41:01
5	Ensamble Estación 5	0:41:01	0:22:18	1:03:20

(Fuente: Propia)

En la figura 4.7 se observa el diagrama de Gantt para la motocicleta ICS 150S, esta gráfica fue realizada en base a los datos que se tienen en la tabla 4.16.

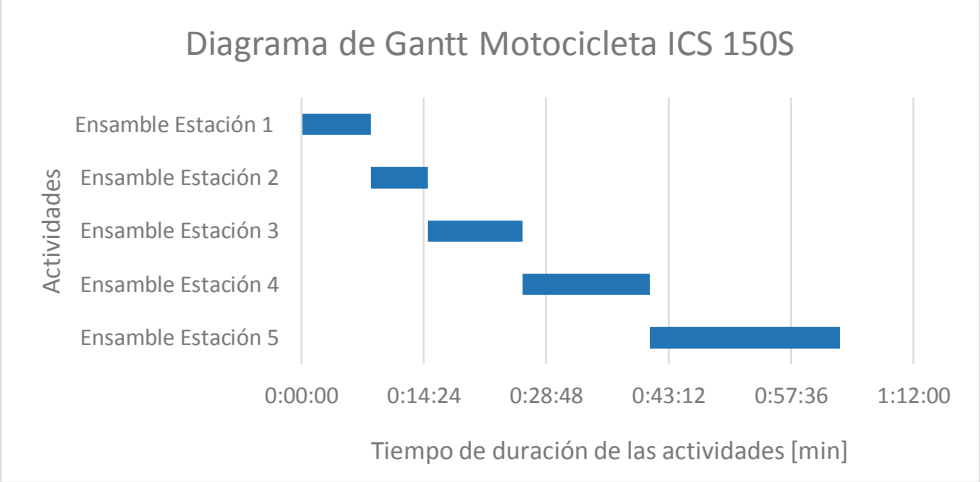


Figura 4.7: Diagrama de Gantt de la motocicleta ICS 150S (fuente: propia).

En esta gráfica se observa que en la estación 5, se tiene la mayor duración del proceso de ensamble con un tiempo de 0:22:18 [min]; así también la estación con el menor tiempo de duración se tiene en la estación 2, con un tiempo de 0:06:41[min].

4.6.2 GRÁFICA DE GANTT PARA LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE LA MOTOCICLETAS GNS 150S.

En la tabla 4.17 se presentan un resumen de los tiempo promedio, estos datos tomados de las tablas de los tiempos de ensamble del punto 4.4.2.2 para el ensamble de la motocicleta en cada una de las estaciones.

Tabla 4.17. Resumen de tiempos de ensamblaje de la motocicleta GNS 250S.

Motocicleta Modelo:		GNS 150S		
ID	**TAREA**	**COMIENZO [min]**	**DURACIÓN [min]**	**FIN [min]**
1	Ensamble Estación 1	0:00:00	0:11:15	0:11:15
2	Ensamble Estación 2	0:11:15	0:08:37	0:19:52
3	Ensamble Estación 3	0:19:52	0:11:25	0:31:17
4	Ensamble Estación 4	0:31:17	0:09:17	0:40:33
5	Ensamble Estación 5	0:40:33	0:31:43	1:12:16

(Fuente: Propia)

En la figura 4.8 se observa el diagrama de Gantt para la motocicleta GNS 150S, esta gráfica fue realizada en base a los datos que se tienen en la tabla 4.17.

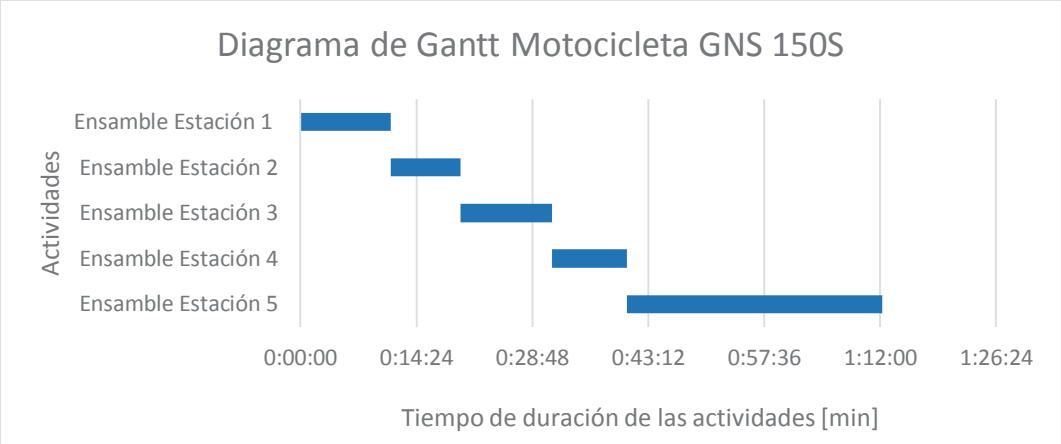


Figura 4.8: Diagrama de Gantt de la motocicleta GNS 150S (fuente: propia).

En esta gráfica se observa que en la estación 5, se tiene la mayor duración del proceso de ensamble con un tiempo de 0:31:43 [min]; así también la estación con el menor tiempo de duración se tiene en la estación 2, con un tiempo de 0:08:37 [min].

4.6.3 GRÁFICA DE GANTT PARA LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE LA MOTOCICLETAS BROTHER 250.

En la tabla 4.18 se presentan un resumen de los tiempo promedio, estos datos tomados de las tablas de los tiempos de ensamble del punto 4.4.2.3 para el ensamble de la motocicleta en cada una de las estaciones.

Tabla 4.18. Resumen de tiempos de ensamblaje de la motocicleta BROTHER 250.

Motocicleta Modelo:		BROTHER 250		
ID	**TAREA**	**COMIENZO [min]**	**DURACIÓN [min]**	**FIN [min]**
1	Ensamble Estación 1	0:00:00	0:15:31	0:15:31
2	Ensamble Estación 2	0:15:31	0:11:44	0:27:15
3	Ensamble Estación 3	0:27:15	0:15:12	0:42:27
4	Ensamble Estación 4	0:42:27	0:15:15	0:57:42
5	Ensamble Estación 5	0:57:42	0:28:13	1:25:55

(Fuente: Propia)

En la figura 4.9 se observa el diagrama de Gantt para la motocicleta BROTHER 250, esta gráfica fue realizada en base a los datos que se tienen en la tabla 4.18.

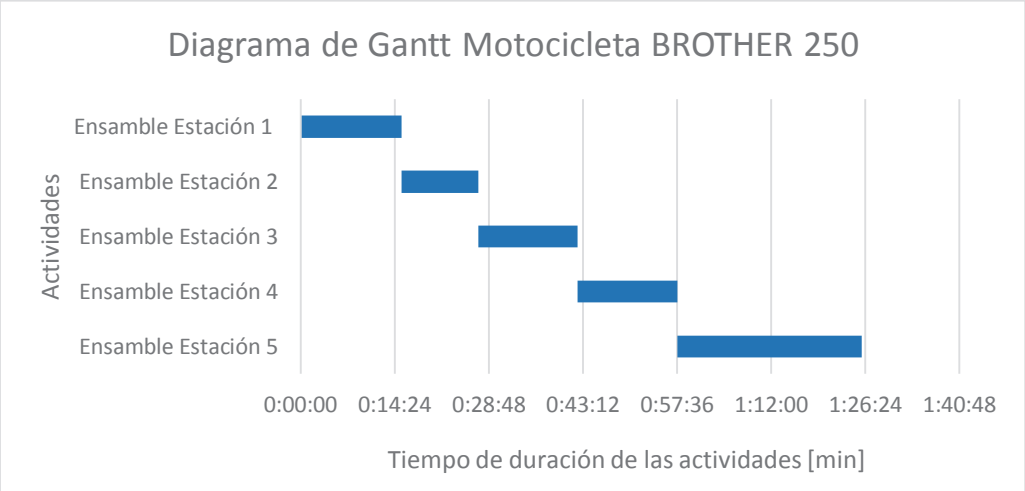


Figura 4.9: Diagrama de Gantt de la motocicleta BROTHER 250 (fuente: propia).

En esta gráfica se observa que en la estación 5, se tiene la mayor duración del proceso de ensamble con un tiempo de 0:28:13 [min]; así también la estación con el menor tiempo de duración se tiene en la estación 2, con un tiempo de 0:11:44 [min].

4.6.4 RESUMEN DE TIEMPOS DE DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES POR ESTACIÓN PARA CADA MODELO DE MOTOCICLETA.

En la tabla 4.19 se observa cada estación con su respectiva duración, podemos notar que todos los modelos de motocicleta motivo de estudio tienen el mayor tiempo de duración en la estación 5 y el menor tiempo en la estación 2.

Tabla 4.19. Resumen de tiempos de ensamblaje de los 3 modelos de motocicletas.

Motocicleta Modelo:		ICS 150S	GNS 150S	BROTHER 250
ID	**TAREA**	**DURACIÓN [min]**		
1	Ensamble Estación 1	0:08:11	0:11:15	0:15:31
2	Ensamble Estación 2	0:06:41	0:08:37	0:11:44
3	Ensamble Estación 3	0:11:11	0:11:25	0:15:12
4	Ensamble Estación 4	0:14:58	0:09:17	0:15:15
5	Ensamble Estación 5	0:22:18	0:31:43	0:28:13

(Fuente: Propia)

4.7 DIAGRAMA DE RED - TÉCNICAS DE PERT – CPM.

Se realizará los diagramas de red de actividades en Nodo (DAN) para cada modelo de motocicleta.

Se procede a aplicar los pasos establecidos en el punto 2.3.4.6 para realizar el estudio con estimados del tiempo en de las actividades.

Los tiempos a, m y b se obtienen de la tabla 4.20 hasta la tabla 4.32, siendo el tiempo optimista (a) el menor tiempo de duración, el tiempo pesimista (b) el mayor tiempo de duración, y el tiempo más probable (m) el promedio de los tiempos.

Para el cálculo del tiempo esperado (t_e), se empleó la ecuación 2.4:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Para el cálculo de la varianza (σ^2), se empleó la ecuación 2.5:

$$\sigma^2 = (\frac{b - a}{6})^2$$

Para el cálculo de la desviación estándar σ, se sacó la raíz cuadrada de la varianza.

- **Actividad A.**

Tabla 4.20. Tiempos de almacenamiento CKD.

	ALMACENAMIENTO CKD		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:47	0:00:49	0:00:50
	0:00:51	0:00:52	0:00:52
	0:00:42	0:01:05	0:01:03
	0:00:57	0:00:45	0:00:57
	0:01:02	0:00:55	0:00:46
	0:00:55	0:00:53	0:00:47
	0:00:43	0:00:47	0:00:54
	0:00:47	0:01:07	0:00:49
	0:01:09	0:01:01	0:01:06
	0:01:18	0:00:48	0:00:58
	RESULTADOS		
a	0:00:42	0:00:45	0:00:46
m	0:00:55	0:00:54	0:00:54
b	0:01:18	0:01:07	0:01:06

(Fuente: Propia)

- **Actividad B.**

Tabla 4.21. Tiempos de desempaque CKD.

	DESEMPAQUE CKD		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:52	0:00:51	0:00:59
	0:00:58	0:00:53	0:01:03
	0:00:55	0:01:01	0:01:00
	0:00:52	0:00:50	0:00:50
	0:01:00	0:01:00	0:00:56
	0:00:57	0:01:03	0:01:00
	0:01:01	0:01:00	0:00:55
	0:01:09	0:01:14	0:01:12
	0:01:03	0:01:02	0:01:03
	0:00:44	0:00:45	0:00:43
	RESULTADOS		
a	0:00:44	0:00:45	0:00:43
m	0:00:57	0:00:58	0:00:58
b	0:01:09	0:01:14	0:01:12

(Fuente: Propia)

- **Actividad C.**

Tabla 4.22. Tiempos de selección de partes y piezas CKD.

	SELECCIÓN PARTES Y PIEZAS CKD		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:03:40	0:06:30	0:05:02
	0:04:20	0:03:10	0:05:32
	0:04:29	0:05:40	0:06:12
	0:05:18	0:05:32	0:05:32
	0:04:45	0:06:31	0:05:54
	0:08:06	0:03:57	0:04:34
	0:05:50	0:06:32	0:04:57
	0:05:10	0:05:02	0:04:01
	0:04:30	0:04:23	0:06:03
	0:04:40	0:04:13	0:05:24
	RESULTADOS		
a	0:03:40	0:03:10	0:04:01
m	0:05:05	0:05:09	0:05:19
b	0:08:06	0:06:32	0:06:12

(Fuente: Propia)

- **Actividad D, E, F, G, H.**

Tabla 4.23. Tiempos de ensamblaje por estación del modelo ICS-150S.

	MOTOCICLETA ICS-150S				
	E1	E2	E3	E4	E5
	0:08:18	0:05:50	0:10:56	0:15:26	0:14:50
	0:07:42	0:07:21	0:13:27	0:12:11	0:20:55
	0:06:16	0:10:24	0:11:20	0:13:57	0:21:50
	0:09:09	0:05:53	0:12:20	0:13:12	0:22:29
	0:10:05	0:05:33	0:11:41	0:14:33	0:20:21
	0:10:21	0:05:39	0:10:46	0:17:53	0:17:23
	0:07:54	0:06:09	0:12:21	0:17:35	0:16:35
	0:08:54	0:08:36	0:09:16	0:13:39	0:24:24
	0:09:27	0:07:32	0:11:42	0:11:40	0:21:09
	0:08:33	0:06:19	0:11:59	0:12:43	0:20:13
	0:06:46	0:10:25	0:07:39	0:15:26	0:23:43
	0:09:13	0:06:31	0:09:55	0:19:28	0:20:15
	0:07:22	0:06:52	0:10:06	0:18:08	0:21:48
	0:10:30	0:05:39	0:07:53	0:18:27	0:23:21
	0:06:40	0:06:04	0:09:44	0:15:14	0:23:19
	0:08:31	0:04:55	0:11:06	0:15:30	0:21:46
	0:07:00	0:06:16	0:11:41	0:12:52	0:30:55
	0:06:51	0:05:16	0:13:44	0:12:26	0:25:37
	0:06:40	0:05:13	0:13:30	0:14:03	0:26:36
	0:07:38	0:07:08	0:12:29	0:15:02	0:28:41
	RESULTADOS				
a	0:06:16	0:04:55	0:07:39	0:11:40	0:14:50
m	0:08:11	0:06:41	0:11:11	0:14:58	0:22:18
b	0:10:30	0:10:25	0:13:44	0:19:28	0:30:55

(Fuente: Propia)

Tabla 4.24. Tiempos de ensamblaje por estación del modelo GNS-150.

	MOTOCICLETA GNS - 150				
	E1	E2	E3	E4	E5
	0:12:08	0:08:51	0:12:48	0:07:51	0:29:02
	0:12:17	0:07:48	0:10:12	0:11:35	0:27:54
	0:10:10	0:07:54	0:10:13	0:10:46	0:28:29
	0:09:51	0:07:47	0:12:35	0:09:26	0:29:26
	0:09:45	0:08:44	0:11:59	0:07:31	0:29:16
	0:08:58	0:09:16	0:11:45	0:08:11	0:31:08
	0:14:46	0:08:08	0:09:03	0:09:19	0:30:10
	0:13:30	0:07:14	0:14:58	0:07:51	0:26:21
	0:10:51	0:09:09	0:08:33	0:10:18	0:31:12
	0:10:47	0:10:04	0:07:58	0:10:30	0:33:30
	0:09:46	0:09:04	0:10:20	0:12:35	0:30:44
	0:10:33	0:08:37	0:11:55	0:08:41	0:38:09
	0:09:00	0:09:03	0:12:47	0:06:33	0:41:14
	0:08:54	0:09:07	0:13:12	0:10:33	0:35:12
	0:10:54	0:08:32	0:14:02	0:09:54	0:37:01
	0:17:50	0:08:33	0:10:13	0:06:53	0:28:41
	RESULTADOS				
a	0:08:54	0:07:14	0:07:58	0:06:33	0:26:21
m	0:11:15	0:08:37	0:11:25	0:09:17	0:31:43
b	0:17:50	0:10:04	0:14:58	0:12:35	0:41:14

(Fuente: Propia)

Tabla 4.25. Tiempos de ensamblaje por estación del modelo BROTHER 250.

	MOTOCICLETA BROTHER-250				
	E1	E2	E3	E4	E5
	0:30:37	0:10:00	0:12:33	0:18:58	0:29:21
	0:15:23	0:10:50	0:15:56	0:14:30	0:32:33
	0:11:24	0:12:39	0:18:35	0:16:40	0:27:14
	0:16:02	0:12:32	0:14:42	0:14:40	0:34:35
	0:15:21	0:09:49	0:18:12	0:11:52	0:33:46
	0:13:21	0:13:39	0:15:16	0:14:41	0:28:31
	0:18:25	0:09:15	0:14:44	0:13:05	0:27:24
	0:11:14	0:12:11	0:12:23	0:17:01	0:21:16
	0:11:55	0:10:20	0:16:47	0:17:05	0:16:45
	0:11:29	0:16:05	0:12:52	0:13:54	0:30:49
	RESULTADOS				
a	0:11:14	0:09:15	0:12:23	0:11:52	0:16:45
m	0:15:31	0:11:44	0:15:12	0:15:15	0:28:13
b	0:30:37	0:16:05	0:18:35	0:18:58	0:34:35

(Fuente: Propia)

- **Actividad I, J.**

Tabla 4.26. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 1.

	Distribución de Partes y Piezas LH-E1				Distribución de Partes y Piezas RH-E1		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250		ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:55	0:01:03	0:01:15		0:02:08	0:00:26	0:00:58
	0:00:40	0:00:56	0:01:12		0:02:10	0:00:54	0:00:59
	0:01:00	0:00:58	0:00:58		0:02:05	0:00:49	0:01:13
	0:01:27	0:01:11	0:00:45		0:00:30	0:02:12	0:01:22
	0:01:36	0:01:22	0:00:57		0:00:32	0:02:17	0:02:02
	RESULTADOS				RESULTADOS		
a	0:00:40	0:00:56	0:00:45	a	0:00:30	0:00:26	0:00:58
m	0:01:08	0:01:06	0:01:01	m	0:01:29	0:01:20	0:01:19
b	0:01:36	0:01:22	0:01:15	b	0:02:10	0:02:17	0:02:02

(Fuente: Propia)

- **Actividad K, L.**

Tabla 4.27. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 2.

	Distribución de Partes y Piezas LH-E2				Distribución de Partes y Piezas RH-E2		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250		ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:02:30	0:00:55	0:01:23		0:01:16	0:01:43	0:01:56
	0:00:30	0:00:59	0:02:08		0:01:25	0:02:04	0:01:27
	0:00:57	0:01:23	0:00:59		0:01:54	0:01:19	0:02:05
	0:01:04	0:02:02	0:00:54		0:02:07	0:01:29	0:01:49
	0:01:19	0:01:05	0:01:34		0:01:46	0:02:01	0:01:54
	RESULTADOS				RESULTADOS		
a	0:00:30	0:00:55	0:00:54	a	0:01:16	0:01:19	0:01:27
m	0:01:16	0:01:17	0:01:24	m	0:01:42	0:01:43	0:01:50
b	0:02:30	0:02:02	0:02:08	b	0:02:07	0:02:04	0:02:05

(Fuente: Propia)

- **Actividad M, N.**

Tabla 4.28. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 3.

	Distribución de Partes y Piezas LH-E3				Distribución de Partes y Piezas RH-E3		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250		ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:46	0:00:53	0:00:43		0:01:55	0:01:56	0:02:04
	0:00:15	0:00:33	0:00:24		0:02:40	0:01:47	0:02:09
	0:00:15	0:00:21	0:00:26		0:01:49	0:02:39	0:01:43
	0:00:22	0:00:39	0:00:41		0:02:40	0:02:34	0:01:48
	0:00:23	0:00:18	0:00:19		0:02:01	0:01:39	0:02:15
	RESULTADOS				RESULTADOS		
a	0:00:15	0:00:18	0:00:19	a	0:01:49	0:01:39	0:01:43
m	0:00:24	0:00:33	0:00:31	m	0:02:13	0:02:07	0:02:00
b	0:00:46	0:00:53	0:00:43	b	0:02:40	0:02:39	0:02:15

(Fuente: Propia)

- **Actividad O, P.**

Tabla 4.29. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 4.

	Distribución de Partes y Piezas LH-E4				Distribución de Partes y Piezas RH-E4		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250		ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:21	0:00:31	0:00:22		0:02:40	0:03:06	0:04:19
	0:00:27	0:00:32	0:00:26		0:03:04	0:01:50	0:04:02
	0:00:30	0:00:27	0:00:31		0:04:22	0:04:05	0:03:21
	0:00:32	0:00:26	0:00:30		0:04:36	0:04:12	0:04:19
	0:00:29	0:00:26	0:00:29		0:04:36	0:03:23	0:03:34
	RESULTADOS				RESULTADOS		
a	0:00:21	0:00:26	0:00:22	a	0:02:40	0:01:50	0:03:21
m	0:00:28	0:00:28	0:00:28	m	0:03:52	0:03:19	0:03:55
b	0:00:32	0:00:32	0:00:31	b	0:04:36	0:04:12	0:04:19

(Fuente: Propia)

- **Actividad Q, R.**

Tabla 4.30. Tiempos de distribución de partes y piezas para la estación 5.

	Distribución de Partes y Piezas LH-E5				Distribución de Partes y Piezas RH-E5		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250		ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:33	0:00:33	0:00:42		0:01:15	0:01:34	0:01:56
	0:00:20	0:00:40	0:00:41		0:02:53	0:01:24	0:02:04
	0:00:25	0:00:19	0:00:35		0:01:10	0:01:55	0:01:28
	0:00:46	0:00:32	0:00:39		0:01:15	0:01:34	0:01:39
	0:00:43	0:00:41	0:00:40		0:01:23	0:01:35	0:01:47
	RESULTADOS				RESULTADOS		
a	0:00:20	0:00:19	0:00:35	a	0:01:10	0:01:24	0:01:28
m	0:00:33	0:00:33	0:00:39	m	0:01:35	0:01:36	0:01:47
b	0:00:46	0:00:41	0:00:42	b	0:02:53	0:01:55	0:02:04

(Fuente: Propia)

- **Actividad S.**

Tabla 4.31. Tiempos del control de calidad por cada modelo de motocicleta.

	CONTROL DE CALIDAD		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:03:52	0:05:56	0:06:02
	0:04:17	0:05:29	0:06:43
	0:08:00	0:06:39	0:05:34
	0:04:31	0:06:48	0:04:51
	0:06:11	0:04:58	0:06:07
	0:06:26	0:05:16	0:05:44
	0:05:52	0:06:12	0:06:21
	0:06:00	0:05:23	0:06:45
	0:06:21	0:07:09	0:05:55
	0:06:38	0:06:18	0:05:32
	RESULTADOS		
a	0:03:52	0:04:58	0:04:51
m	0:05:49	0:06:01	0:05:57
b	0:08:00	0:07:09	0:06:45

(Fuente: Propia)

- **Actividad T.**

Tabla 4.32. Tiempos de prueba de ruta y almacenamiento.

	PRUEBA DE RUTA ALMACENAMIENTO		
	ICS 150-S	GNS 150	BROTHER 250
	0:00:56	0:00:53	0:00:54
	0:00:58	0:00:54	0:00:56
	0:01:02	0:00:53	0:00:58
	0:01:14	0:00:54	0:00:54
	0:00:59	0:00:54	0:00:58
	0:01:00	0:01:02	0:00:53
	0:00:59	0:00:58	0:01:05
	0:00:53	0:00:53	0:00:56
	0:00:52	0:00:54	0:00:59
	0:00:56	0:01:03	0:00:55
	RESULTADOS		
a	0:00:52	0:00:53	0:00:53
m	0:00:59	0:00:56	0:00:57
b	0:01:14	0:01:03	0:01:05

(Fuente: Propia)

4.7.1 DIAGRAMA DE RED, RUTA CRÍTICA - MOTOCICLETA ICS 150S.

En el Anexo 23 se indica una tabla resumen con los tiempos necesarios para poder determinar la ruta crítica.
En el Anexo 24 se observa el diagrama de red con su ruta crítica.
La ruta crítica viene dada por las actividades A, B, C, D, E, F, G, H, J, S, T.

4.7.2 DIAGRAMA DE RED, RUTA CRÍTICA - MOTOCICLETA GNS 150.

En el Anexo 25 se indica una tabla resumen con los tiempos necesarios para poder terminar la ruta crítica.
En el Anexo 26, se observa el diagrama de red con su ruta crítica.
La ruta crítica viene dada por las actividades A, B, C, D, E, F, G, H, J, S, T.

4.7.3 DIAGRAMA DE RED, RUTA CRÍTICA - MOTOCICLETA BROTHER 250.

En el Anexo 27 se indica una tabla resumen con los tiempos necesarios para poder terminar la ruta crítica.
En el Anexo 28, se observa el diagrama de red con su ruta crítica.
La ruta crítica viene dada por las actividades A, B, C, D, E, F, G, H, J, S, T.

4.8 CÁLCULO ESTADÍSTICO DEL TIEMPO.

En este punto se va a determinar la probabilidad de terminación de una actividad en un tiempo establecido, para cada modelo de motocicleta.
Para el cálculo del tiempo esperado de culminación del proyecto se debe emplear la ecuación 2.6.

$$T_E = \textbf{Media de la distribución normal} =$$

$$\sum(\textbf{Tiempos esperados en las actividades de la ruta crítica})$$

Para el cálculo de la varianza del proyecto empleó la ecuación 2.7.

$$\sigma^2 = \sum(Varianza\ de\ las\ actividades\ incluidas\ en\ la\ ruta\ crítica)$$

Donde la desviación estándar será:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Por lo tanto el tiempo de ejecución será:

$$T_{ejecución} = T_E \pm z\sigma$$

Se usará, Z= 1,96, por ser una distribución normal con un 95% de confiabilidad.

Para realizar el análisis de probabilidades, y ver si un proyecto se va a cumplir en el tiempo esperado empleando la distribución normal, aplicaremos la ecuación 2.8.

$$z = \frac{T - T_E}{\sqrt{\sigma^2}}$$

Donde T es la fecha en la cual se cumple el plazo para terminar el proyecto.

Viendo en la tabla del Anexo 1, con un valor de z, obtenemos nuestra probabilidad de terminar el proyecto en el tiempo establecido.

La ruta crítica viene dada por las actividades A, B, C, D, E, F, G, H, J, S, T, para todos los modelos de motocicletas motivo de estudio.

4.8.1 MOTOCICLETA ICS 150S.

Los valores necesarios para realizar los cálculos son tomados del Anexo 23, especificado en el punto 4.7.1.

$$\boldsymbol{T_E} = 0{:}\,00{:}\,57 + 0{:}\,00{:}\,57 + 0{:}\,05{:}\,21 + 0{:}\,08{:}\,15 + 0{:}\,07{:}\,00 + 0{:}\,11{:}\,01 + 0{:}\,15{:}\,10 + 0{:}\,22{:}\,29 + 0{:}\,01{:}\,26 + 0{:}\,05{:}\,51 + 0{:}\,01{:}\,00$$

$$\boldsymbol{T_E} = \mathbf{1{:}\,19{:}\,28}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$\boldsymbol{\sigma^2} =$ 4,82253E − 09 + 2,32568E-09 + 2,63289E-07 + 2,4007E-07 + 4,05227E-07 + 4,95742E-07 + 8,15008E-07 + 3,46517E-06 + 3,72109E-08 + 2,28862E-07 + 1,80101E-09

$$\boldsymbol{\sigma^2} = \mathbf{5{,}95953E\text{-}06}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = 6{,}94444\text{E} - 05 + 4{,}82253\text{E} - 05 + 0{,}000513117 + 0{,}000489969 + 0{,}000636574 + 0{,}00070409 + 0{,}000902778 + 0{,}001861497 + 0{,}000192901 + 0{,}000478395 + 4{,}24383\text{E} - 05$$

$$\boldsymbol{\sigma = 0{,}005939429}$$

$$\boldsymbol{\sigma = 0{:}08{:}33\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$$

$$\boldsymbol{T_{ejecución} = 1{:}19{:}28 + (1{,}96) * 0{:}08{:}33 = 1{:}36{:}13\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$$

$$\boldsymbol{T_{ejecución} = 1{:}19{:}28 - (1{,}96) * 0{:}08{:}33 = 1{:}02{:}43\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$$

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\boldsymbol{1{:}25{:}00\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$, o más.

  T= $\boldsymbol{1{:}25{:}00\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$

  $\boldsymbol{T_E = 1{:}19{:}28\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$

  $\boldsymbol{Z = 2, tenemos\ 4\sigma; por\ lo\ cual\ \sigma = 2\ (curva\ de\ distribución\ normal)}$

$$\boldsymbol{z = \frac{1{:}25{:}00 - 1{:}19{:}28}{\sqrt{5{,}95953E-06}}}$$

$$\boldsymbol{z = 1{,}57}$$

Viendo en la tabla del Anexo 1, con Z= 1,57, obtenemos:

Probabilidad= 0,9417 = **94,17%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\boldsymbol{1{:}25{:}00\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$, o menos.

Probabilidad= 100% - 94,17% = **5,83%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\boldsymbol{1{:}05{:}00\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$, o menos.

  T= $\boldsymbol{1{:}05{:}00\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$

  $\boldsymbol{T_E = 1{:}19{:}28\ [h{:}\,min{:}\,seg]}$

  $\boldsymbol{Z = 2, tenemos\ 4\sigma; por\ lo\ cual\ \sigma = 2\ (curva\ de\ distribución\ normal)}$

$$\boldsymbol{z = \frac{1{:}05{:}00 - 1{:}19{:}28}{\sqrt{5{,}95953E-06}}}$$

$$\boldsymbol{z = -4{,}11}$$

Viendo en la tabla del Anexo 1, con Z= -4,11 aproximamos a Z= -4,00; obtenemos:

Probabilidad= 0,00003 = **0,003%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}\,05{:}\,00}$ $[\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$**,** o más.

Probabilidad= 100% - 0,003% **= 99,997%**

4.8.2 MOTOCICLETA GNS 150.

Los valores necesarios para realizar los cálculos son tomados del Anexo 25, especificado en el punto 4.7.2.

$$\boldsymbol{T_E} = 0{:}\,00{:}\,55 + 0{:}\,00{:}\,58 + 0{:}\,05{:}\,03 + 0{:}\,11{:}\,57 + 0{:}\,08{:}\,43 + 0{:}\,11{:}\,26 + 0{:}\,09{:}\,22 + 0{:}\,32{:}\,25 + 0{:}\,01{:}\,20 + 0{:}\,06{:}\,02 + 0{:}\,00{:}\,57$$

$$\boldsymbol{T_E} = \mathbf{1{:}\,29{:}\,08}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$$\boldsymbol{\sigma^2} = 1{,}80101\mathrm{E}-09 + 3{,}12944\mathrm{E}-09 + 1{,}51835\mathrm{E}-07 + 1{,}06905\mathrm{E}-06 + 1{,}07539\mathrm{E}-07 + 6{,}564\mathrm{E}-07 + 4{,}87626\mathrm{E}-07 + 2{,}96738\mathrm{E}-06 + 4{,}58475\mathrm{E}-08 + 6{,}38576\mathrm{E}-08 + 3{,}72109\mathrm{E}-10$$

$$\boldsymbol{\sigma^2} = \mathbf{5{,}55484E\text{-}06}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = 4{,}24383\mathrm{E}-05 + 5{,}59414\mathrm{E}-05 + 0{,}00038966 + 0{,}001033951 + 0{,}000327932 + 0{,}000810185 + 0{,}000698302 + 0{,}001722608 + 0{,}00021412 + 0{,}000252701 + 1{,}92901\mathrm{E}-05$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{0{,}00556713}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{0{:}08{:}01}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$$\boldsymbol{T_{ejecución}} = \mathbf{1{:}\,29{:}\,08} + (\mathbf{1,96}) * \mathbf{0{:}\,08{:}\,01} = \mathbf{1{:}44{:}51}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$$\boldsymbol{T_{ejecución}} = \mathbf{1{:}\,29{:}\,08} - (\mathbf{1,96}) * \mathbf{0{:}\,08{:}\,01} = \mathbf{1{:}13{:}25}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}\,35{:}\,00}$ $[\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$**,** o más.

  T**=** $\mathbf{1{:}\,35{:}\,00}$ $[\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$

  $\boldsymbol{T_E} = \mathbf{1{:}\,29{:}\,08}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$

$$\boldsymbol{Z = 2, tenemos\ 4\sigma; por\ lo\ cual\ \sigma = 2\ (curva\ de\ distribución\ normal)}$$

$$\boldsymbol{z = \frac{1{:}35{:}00 - 1{:}29{:}08}{\sqrt{5,55484E-06}}}$$

$$\boldsymbol{z = 1,73}$$

Viendo en la tabla del Anexo 1, con Z= 1,73; obtenemos:

Probabilidad= 0,9581 = **95,81%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}35{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$, o menos.

Probabilidad= 100% - 95,81% = **4,19%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}20{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$, o menos.

  T= $\mathbf{1{:}20{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$

  $\boldsymbol{T_E =}$ $\mathbf{1{:}29{:}08}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$

  $\boldsymbol{Z = 2, tenemos\ 4\sigma; por\ lo\ cual\ \sigma = 2\ (curva\ de\ distribución\ normal)}$

$$\boldsymbol{z = \frac{1{:}20{:}00 - 1{:}29{:}08}{\sqrt{5,55484E-06}}}$$

$$\boldsymbol{z = -2,69}$$

Viendo en la tabla del Anexo 1, con Z= -2,69; aproximamos a Z= -2,70 obtenemos:

Probabilidad= 0,00347 = **0,347%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}10{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$, o más.

Probabilidad= 100% - 0,347% = **99,653%**

4.8.3 MOTOCICLETA BROTHER 250.

Los valores necesarios para realizar los cálculos son tomados del Anexo 27, especificado en el punto 4.7.3.

$$\boldsymbol{T_E} = 0{:}\,00{:}\,55 + 0{:}\,00{:}\,58 + 0{:}\,05{:}\,15 + 0{:}\,17{:}\,19 + 0{:}\,12{:}\,03 + 0{:}\,15{:}\,18 + 0{:}\,15{:}\,18 + 0{:}\,27{:}\,22 + 0{:}\,01{:}\,23 + 0{:}\,05{:}\,54 + 0{:}\,00{:}\,58$$

$$\boldsymbol{T_E} = \mathbf{1{:}\,42{:}\,42}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$$\boldsymbol{\sigma^2} = 1{,}48844\mathrm{E}-09 + 3{,}12944\mathrm{E}-09 + 6{,}38576\mathrm{E}-08 + 5{,}03303\mathrm{E}-06 + 6{,}25515\mathrm{E}-07 + 5{,}14939\mathrm{E}-07 + 6{,}75288\mathrm{E}-07 + 4{,}26027\mathrm{E}-06 + 1{,}52416\mathrm{E}-08 + 4{,}83593\mathrm{E}-08 + 5{,}35837\text{E-}10$$

$$\boldsymbol{\sigma^2} = \mathbf{1{,}12417\text{E-}05}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = 3{,}85802\mathrm{E}-05 + 5{,}59414\mathrm{E}-05 + 0{,}000252701 + 0{,}002243441 + 0{,}000790895 + 0{,}000717593 + 0{,}000821759 + 0{,}002064043 + 0{,}000123457 + 0{,}000219907 + 2{,}31481\text{E-}05$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{0{,}007351466}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{0{:}10{:}35}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$$\boldsymbol{T_{ejecución}} = \mathbf{1{:}\,42{:}\,42} + (\mathbf{1,96}) * \mathbf{0{:}\,10{:}\,35} = \mathbf{2{:}03{:}27}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

$$\boldsymbol{T_{ejecución}} = \mathbf{1{:}\,42{:}\,42} - (\mathbf{1,96}) * \mathbf{0{:}\,10{:}\,35} = \mathbf{1{:}21{:}57}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}\,50{:}\,00}$ $[\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$, o más.

  T= $\mathbf{1{:}\,50{:}\,00}$ $[\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$

  $\boldsymbol{T_E} = \mathbf{1{:}\,42{:}\,42}\ [\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$

  $\boldsymbol{Z = 2, tenemos\ 4\sigma; por\ lo\ cual\ \sigma = 2\ (curva\ de\ distribución\ normal)}$

$$\boldsymbol{z} = \frac{\mathbf{1{:}\,50{:}\,00} - \mathbf{1{:}\,42{:}\,42}}{\sqrt{\mathbf{1,12417E-05}}}$$

$$\boldsymbol{z} = \mathbf{1,51}$$

Viendo en la tabla del Anexo 1, con Z= 1,51; obtenemos:

Probabilidad= 0,9344 = **93,44%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}\,50{:}\,00}$ $[\mathbf{h{:}\,min{:}\,seg}]$, o menos.

Probabilidad= 100% - 93,44% = **6,56%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}30{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$, o menos.

  T= $\mathbf{1{:}30{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$

  $\boldsymbol{T_E = 1{:}42{:}42}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$

  $\boldsymbol{Z = 2, tenemos\ 4\sigma; por\ lo\ cual\ \sigma = 2}$ $\boldsymbol{(curva\ de\ distribución\ normal)}$

$$z = \frac{1{:}30{:}00 - 1{:}42{:}42}{\sqrt{1,12417E-05}}$$

$$z = -2,63$$

Viendo en la tabla del Anexo 1, con Z= -2,63; obtenemos:

Probabilidad= 0,0042 **= 0,42%**

- La probabilidad de que el proyecto termine en $\mathbf{1{:}30{:}00}$ $\mathbf{[h{:}min{:}seg]}$, o más.

Probabilidad= 100% - 0,42% **= 99,58%**

4.9 DISEÑO DE FLUJO DEL PROCESO.

4.9.1 GRÁFICA DE ENSAMBLE O GOZINTO DEL ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA.

Ver Anexo 29.

4.9.2 GRÁFICA DE FLUJO DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA.

Se presentan las gráficas de flujo del proceso general de ensamble de las motocicletas, mostrando una gráfica por cada modelo de motocicleta, ya que se tiene diferentes tiempos de ensamble por cada estación de trabajo.

4.9.2.1 Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo ISC 150S.

Ver Anexo 30.

4.9.2.2 Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo GNS 150.

Ver Anexo 31.

4.9.2.3 Gráfica de flujo para la Motocicleta modelo BROTHER 250.

Ver Anexo 32.

4.9.3 HOJAS DE PROCESO.

Se presentará la hoja de proceso para los diferentes sub- ensambles que se dan en la línea de ensamble de la motocicleta.

4.9.3.1 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del matrimonio (unión motor - chasis).

Ver Anexo 33.

4.9.3.2 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Dirección (castillo).

Ver Anexo 34.

4.9.3.3 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Llanta delantera.

Ver Anexo 35.

4.9.3.4 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de la Llanta posterior.

Ver Anexo 36.

4.9.3.5 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del volante.

Ver Anexo 37.

4.9.3.6 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Guardafango posterior.

Ver Anexo 38.

4.9.3.7 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Tablero – Faro.

Ver Anexo 39.

4.9.3.8 Hoja de proceso del Sub – Ensamble de las molduras Faro - posterior.

Ver Anexo 40.

4.9.3.9 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Guardafango delantero.

Ver Anexo 41.

4.9.3.10 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Asiento.

Ver Anexo 42.

4.9.3.11 Hoja de proceso del Sub – Ensamble del Tanque de Combustible.

Ver Anexo 43.

4.10 ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

La distribución actual de la planta se encuentra en el Anexo 5, aquí se observa que se tiene una distribución de línea de ensamble, ya que el equipo y los procesos son ordenados de manera progresiva para el ensamble final de la motocicleta.

- ***Tipo de línea de ensamble:***
    - Se tiene una línea de ensamble Mixta, de acuerdo al tipo de producto, ya que la línea permite el ensamble de diferentes modelos de motocicletas.
    - Se tiene una línea de ensamble Dependiente, de acuerdo a la duración de las tareas, ya que la duración de los procesos está relacionada con el tipo de estación y la habilidad del operario.
    - Se tiene una línea de ensamble Serial, de acuerdo al diseño de la Línea, ya que todas las estaciones de la línea de ensamble se encuentran en serie (Lineales).
    - Se tiene una línea de ensamble de Alimentación, de acuerdo al tipo de flujo de las piezas, ya que existe una alimentación externa de distintos sub-ensambles.
    - Se tiene una línea de ensamble Manual, de acuerdo al tipo de operador, ya que los operarios son los encargados del trabajo en la línea.

- Se tiene una línea de ensamble Variable, de acuerdo a la entrada de las piezas, ya que la alimentación de las piezas se realiza de manera irregular y no en intervalos definidos de tiempo.

4.10.1 BALANCEO ACTUAL DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE.

En este punto se observa cómo se encuentra el balanceo general de la línea de ensamble por estaciones, el análisis se lo realiza al comparar el tiempo de ciclo calculado con el tiempo promedio de producción, en el cual ya debe estar incluido la tolerancia de ensamble que se dé, todo esto quedará reflejado en los valores de eficiencia que va a tener cada estación de trabajo en la línea de ensamble.

Se considera para todos los casos un trabajo diario de 8 horas, se da una tolerancia de 10 % (establecido por la empresa) en la cual se encuentra incluido el tiempo de break que tienen en la planta, los tiempos de preparación, de calibración de las máquinas, el tiempo necesario para las necesidades básicas de los operadores entre otros.

Para el cálculo del tiempo de ciclo se empleó la ecuación 2.11.

$$C = \frac{Tiempo\ de\ Producción\ por\ día}{Producto\ requerido\ por\ día\ (en\ unidades)}$$

Donde el tiempo de producción por día viene a ser el trabajo diario realizado, y la producción requerida por día viene a ser la producción diaria que se obtiene al final de la jornada en unidades.

Para obtener la eficiencia, se calcula de la razón de los recursos planificados (tiempo de ciclo), por los recursos utilizados (tiempo de producción con su respectiva tolerancia).

En este punto no se calculará la cantidad teórica de estaciones, ya que estas se encuentran ya establecidas, se tiene por objetivo ver que estación es la que tiene problemas y las que no las tiene, para realizar un nuevo balanceo de la línea de ensamble de acuerdo a lo obtenido, esto se podrá visualizar en el Capítulo 5.

4.10.1.1 Balanceo Línea de Ensamble Motocicleta ICS 150-S.

En la tabla 4.33, se tiene las consideraciones para poder desarrollar el balanceo de la línea de ensamble, mientras que en la tabla 4.34 se tiene el balanceo de la línea de ensamble.

Tabla 4.33. Consideraciones necesarias para el balanceo de la línea – motocicleta ICS 150S.

CONSIDERACIONES	
TRABAJO DIARIO [h:min:seg]	8:00:00
PRODUCCIÓN DIARIA [u]	50
TOLERANCIA [%]	10
TIEMPO DE CICLO [h:min:seg]	0:09:36

(Fuente: Propia)

Tabla 4.34. Balanceo de la línea de ensamblaje – motocicleta ICS 150S.

	MOTOCICLETA ICS-150S				
	E1	E2	E3	E4	E5
	0:08:18	0:05:50	0:10:56	0:15:26	0:14:50
	0:07:42	0:07:21	0:13:27	0:12:11	0:20:55
	0:06:16	0:10:24	0:11:20	0:13:57	0:21:50
	0:09:09	0:05:53	0:12:20	0:13:12	0:22:29
	0:10:05	0:05:33	0:11:41	0:14:33	0:20:21
	0:10:21	0:05:39	0:10:46	0:17:53	0:17:23
	0:07:54	0:06:09	0:12:21	0:17:35	0:16:35
	0:08:54	0:08:36	0:09:16	0:13:39	0:24:24
	0:09:27	0:07:32	0:11:42	0:11:40	0:21:09
	0:08:33	0:06:19	0:11:59	0:12:43	0:20:13
	0:06:46	0:10:25	0:07:39	0:15:26	0:23:43
	0:09:13	0:06:31	0:09:55	0:19:28	0:20:15
	0:07:22	0:06:52	0:10:06	0:18:08	0:21:48
	0:10:30	0:05:39	0:07:53	0:18:27	0:23:21
	0:06:40	0:06:04	0:09:44	0:15:14	0:23:19
	0:08:31	0:04:55	0:11:06	0:15:30	0:21:46
	0:07:00	0:06:16	0:11:41	0:12:52	0:30:55
	0:06:51	0:05:16	0:13:44	0:12:26	0:25:37
	0:06:40	0:05:13	0:13:30	0:14:03	0:26:36
	0:07:38	0:07:08	0:12:29	0:15:02	0:28:41
PROMEDIOS	0:08:11	0:06:41	0:11:11	0:14:58	0:22:18
TOLERANCIAS	**0:09:01**	**0:07:21**	**0:12:18**	**0:16:28**	**0:24:32**
MOTOCICLETAS/Hr	6,66	8,17	4,88	3,64	2,45
MOTOCICLETAS 8Hr	53,27	65,33	39,03	29,15	19,56
EFICIENCIA	**106,5%**	**130,7%**	**78,1%**	**58,3%**	**39,1%**
		Cuello de Botella - poner Atención			
		Proceso en Alerta			
		Proceso Controlado			

(Fuente: Propia)

4.10.1.2 Balanceo Línea de Ensamble Motocicleta GNS 150.

En la tabla 4.35, se tiene las consideraciones para poder desarrollar el balanceo de la línea de ensamble, mientras que en la tabla 4.36 se tiene el balanceo de la línea de ensamble.

Tabla 4.35. Consideraciones necesarias para el balanceo de la línea – motocicleta GNS 150.

CONSIDERACIONES	
TRABAJO DIARIO [h:min:seg]	8:00:00
PRODUCCIÓN DIARIA [u]	50
TOLERANCIA [%]	10
TIEMPO DE CICLO [h:min:seg]	0:09:36

(Fuente: Propia)

Tabla 4.36. Balanceo de la línea de ensamblaje – motocicleta GNS 150.

	MOTOCICLETA GNS - 150				
	E1	E2	E3	E4	E5
	0:12:08	0:08:51	0:12:48	0:07:51	0:29:02
	0:12:17	0:07:48	0:10:12	0:11:35	0:27:54
	0:10:10	0:07:54	0:10:13	0:10:46	0:28:29
	0:09:51	0:07:47	0:12:35	0:09:26	0:29:26
	0:09:45	0:08:44	0:11:59	0:07:31	0:29:16
	0:08:58	0:09:16	0:11:45	0:08:11	0:31:08
	0:14:46	0:08:08	0:09:03	0:09:19	0:30:10
	0:13:30	0:07:14	0:14:58	0:07:51	0:26:21
	0:10:51	0:09:09	0:08:33	0:10:18	0:31:12
	0:10:47	0:10:04	0:07:58	0:10:30	0:33:30
	0:09:46	0:09:04	0:10:20	0:12:35	0:30:44
	0:10:33	0:08:37	0:11:55	0:08:41	0:38:09
	0:09:00	0:09:03	0:12:47	0:06:33	0:41:14
	0:08:54	0:09:07	0:13:12	0:10:33	0:35:12
	0:10:54	0:08:32	0:14:02	0:09:54	0:37:01
	0:17:50	0:08:33	0:10:13	0:06:53	0:28:41
PROMEDIOS	0:11:15	0:08:37	0:11:25	0:09:17	0:31:43
TOLERANCIAS	**0:12:23**	**0:09:29**	**0:12:33**	**0:10:12**	**0:34:53**
MOTOCICLETAS/Hr	4,85	6,33	4,78	5,88	1,72
MOTOCICLETAS 8Hr	38,79	50,65	38,25	47,03	13,76
EFICIENCIA	**77,6%**	**101,3%**	**76,5%**	**94,1%**	**27,5%**
		Cuello de Botella - poner Atención			
		Proceso en Alerta			
		Proceso Controlado			

(Fuente: Propia)

4.10.1.3 Balanceo Línea de Ensamble Motocicleta BROTHER 25O.

En la tabla 4.37, se tiene las consideraciones para poder desarrollar el balanceo de la línea de ensamble, mientras que en la tabla 4.38 se tiene el balanceo de la línea de ensamble.

Tabla 4.37. Consideraciones necesarias para el balanceo de la línea – motocicleta BROTHER 250.

CONSIDERACIONES	
TRABAJO DIARIO [h:min:seg]	8:00:00
PRODUCCIÓN DIARIA [u]	35
TOLERANCIA [%]	10
TIEMPO DE CICLO [h:min:seg]	0:13:43

(Fuente: Propia)

Tabla 4.38. Balanceo de la línea de ensamblaje – motocicleta BROTHER 250.

	MOTOCICLETA BROTHER-250				
	E1	E2	E3	E4	E5
	0:30:37	0:10:00	0:12:33	0:18:58	0:29:21
	0:15:23	0:10:50	0:15:56	0:14:30	0:32:33
	0:11:24	0:12:39	0:18:35	0:16:40	0:27:14
	0:16:02	0:12:32	0:14:42	0:14:40	0:34:35
	0:15:21	0:09:49	0:18:12	0:11:52	0:33:46
	0:13:21	0:13:39	0:15:16	0:14:41	0:28:31
	0:18:25	0:09:15	0:14:44	0:13:05	0:27:24
	0:11:14	0:12:11	0:12:23	0:17:01	0:21:16
	0:11:55	0:10:20	0:16:47	0:17:05	0:16:45
	0:11:29	0:16:05	0:12:52	0:13:54	0:30:49
PROMEDIOS	0:15:31	0:11:44	0:15:12	0:15:15	0:28:13
TOLERANCIAS	**0:17:04**	**0:12:54**	**0:16:43**	**0:16:46**	**0:31:03**
MOTOCICLETAS/Hr	3,51	4,65	3,59	3,58	1,93
MOTOCICLETAS 8Hr	28,12	37,19	28,71	28,63	15,46
EFICIENCIA	**80,3%**	**106,3%**	**82,0%**	**81,8%**	**44,2%**
		Cuello de Botella - poner Atención			
		Proceso en Alerta			
		Proceso Controlado			

(Fuente: Propia)

4.10.1.4 Análisis de la línea de ensamble por estaciones.

En la figura 4.10 se observa un resumen de las eficiencias por estación de los tres modelos de motocicletas, motivo de estudio.

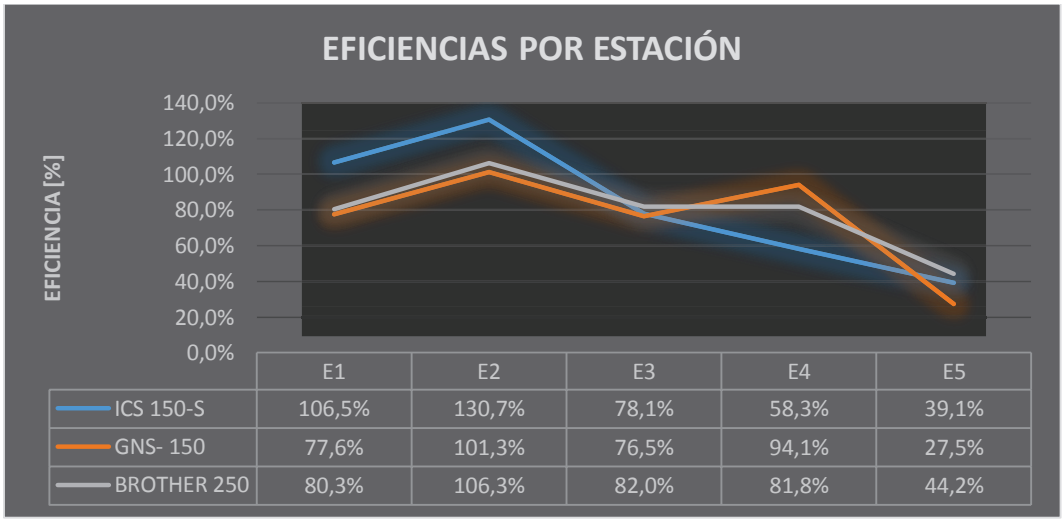
Se observa que la estación con más problemas es la estación 5 con un promedio de eficiencia del 36,9%, en la cual se deben tomar medidas inmediatas de corrección.

En la estación 3 y 4 se deben de igual manera tomar medidas para incrementar su eficiencia ya que se tiene un promedio de 78,9% y 78% respectivamente.

En la estación 2 se tiene una eficiencia promedio de 112,7%, lo que significa que esta estación se encuentra trabajando adecuadamente acorde a lo establecido, esta estación será motivo de estudio en el nuevo balanceo de la línea ya que se puede asignar más tares para ayudar a balancear las demás estaciones.

En la estación 1 se tiene un promedio del 88,2% por lo que podríamos decir que se encuentra en valores tolerables de eficiencia, por lo que se puede controlar para mantener o aumentar dicha eficiencia.

En general con los valores obtenidos se puede concluir que no se tiene valores constantes de eficiencias para todas las estaciones, por lo cual la línea de ensamble de encuentra desbalanceada, en consecuencia se debe realizar un nuevo proceso de balanceo de la línea en cual será presentado en el Capítulo 5 en la optimización de la línea de ensamble.



	E1	E2	E3	E4	E5
ICS 150-S	106,5%	130,7%	78,1%	58,3%	39,1%
GNS- 150	77,6%	101,3%	76,5%	94,1%	27,5%
BROTHER 250	80,3%	106,3%	82,0%	81,8%	44,2%

Figura 4.10: Eficiencias por estación para los tres modelos de motocicleta (fuente: propia)

4.10.2 DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS INSTALACIONES.

4.10.2.1 Información de la distribución actual.

En la tabla 4.39 se presenta las diferentes zonas con la respectiva descripción de la distribución actual de la planta, así como el espacio que ocupa cada una de éstas.

Tabla 4.39. Distribución del área por cada sección de trabajo.

ZONA	DESCRIPCIÓN	ÁREA [m^2]
1	Administración	17,7
2	Información	8,05
3	Motopartes - Motores	189,94
4	Almacenaje CKD	46,57
5	Desembalaje - CKD	23,4
6	Selección de Partes y Piezas	45,81
7	Línea de Ensamble	118,29
8	Almacenaje Motores	3,91
9	Oficina - Asistencia	11,78
10	Reprocesos	11,83
11	Motos en Reparación - Espera	8,34
12	Calibración de Luces	9,97
13	Motos en Reparación	42,68
14	Control de Calidad	34,11
15	Almacenaje Motocicletas	60,65
16	Motos de Prueba	31,22
17	Reparación - Taller	14,78
18	Prueba de Ruta	370
19	Almacenaje - Entrega	110
TOTAL		**1159,03**

(Fuente: Propia)

Existen lugares en los que no es posible el cambio en la distribución física de las instalaciones, los cuales son:

- Administración.
- Información.
- Motores – Motopartes.
- Almacenaje de Motocicletas.

- Prueba de Ruta.
- Almacenaje Entrega.

Además, existen zonas en las cuales no es necesario realizar un cambio de la distribución actual que se tiene y estas son:

- Almacenaje Motores.
- Motos en Reparación – Espera.
- Calibración de Luces.
- Motos en reparación.
- Reparación – Taller.

Por estas razones, las zonas motivo de estudio serán las siguientes:

- Almacenaje CKD.
- Desembalaje – CKD.
- Selección de Partes y Piezas.
- Línea de Ensamble.
- Oficinas – Asistencia.
- Reprocesos.
- Control de Calidad.

4.10.2.2 Determinacion de los intervalos de clase con la respectiva ponderación.

Para la determinación de los intervalos se establece el plano de bloques de la distribucion fisica actual de la planta como muestra la figura 4.11 y se relaciona cada zona motivo de estudio, con el fin de obtener la distancia existente entre los centroides de cada área o sección de trabajo. Esto se puede observar en la tabla 4.40.

Figura 4.11: Distribución actual de la empresa Motoensab S. A. (fuente: propia).

Tabla 4.40. Distancia existente entre cada zona motivo de estudio.

No	Zona		Zona	Distancia [m]
1	4	A	5	7,53
2	5		6	6,63
3	5		7	11,22
4	5		14	18
5	6		7	7,07
6	7		9	6,17
7	7		10	8,89
8	7		14	14,76
9	9		14	8,59
10	10		14	6,45

(Fuente: Propia)

Establecidas las distancias, se obtiene el valor mínimo (6,17 m) y máximo (18 m) que existe entre estos valores, con lo cual se procede a realizar los siguientes cálculos:

Determinación del Rango:

$$R = 18 - 6{,}17 = \mathbf{11{,}83}$$

Determinación del número de clase (intervalos) de acuerdo a la regla de Sturges:

$$\#i = 1 + 3{,}322 * Log\ (n)$$

Dónde:

n : número de observaciones.

$$\#i = 1 + 3{,}322 * Log\ (10)$$

$$\#i = 4{,}32\ \approx \mathbf{4}$$

Determinación del Ancho de clase (A):

$$A = \frac{R}{\#i}$$

Por lo tanto:

$$A = \frac{11{,}83}{4} = \mathbf{2,95}$$

Posteriormente, se obtiene los diferentes intervalos con su respectivo límite inferior de clase (LIC) y límite superior de clase (LSC). Esto se puede observar en la tabla 4.41.

Tabla 4.41. Límites de clase - inferior (LIC) y superior (LSC).

LIC	LSC
6,17	9,12
9,13	12,08
12,09	15,04
15,05	18

(Fuente: Propia)

Establecidos los intervalos en los cuales van a estar nuestras distancias, se procede a la asignación de los diferentes coeficientes de ponderación como muestra la tabla 4.42.

Tabla 4.42. Asignación del coeficiente de ponderación.

LIC	LSC	Coeficiente de Ponderación [k]
6,17	9,12	2,5
9,13	12,08	5
12,09	15,04	7,5
15,05	18	10

(Fuente: Propia)

El coeficiente de ponderación es asignado con mayor importancia a las zonas que presentan mayores distancias entre sí, ya que para el respectivo análisis será más importan modificar aquellas que tengan la mayor distancia, es decir, aquellas que tengan un mayor coeficiente de ponderación.

4.10.2.3 Análisis de la distribución física de las instalaciones.

Para analizar la distribución física de las instalaciones, se deberá tomar en cuenta los siguientes pasos:

a) Determinación de la Matriz de cercanía empleando los coeficientes de ponderación.

   Se emplea las distancias establecidas en la tabla 4.40, tomando en cuenta los límites de clase y el respectivo valor de ponderación descrito en la tabla 4.42. Finamente se obtiene la matriz de cercanía como muestra la tabla 4.43.

Tabla 4.43. Matriz de cercanía.

FACTORES DE CERCANÍA								
ZONA		4	5	6	7	9	10	14
4	Almacenaje CKD	X	2,5	0	0	0	0	0
5	Desembalaje - CKD		X	2,5	5	0	0	10
6	Selección de Partes			X	2,5	0	0	0
7	Línea de Ensamble				X	2,5	2,5	7,5
9	Oficina - Asistencia					X	0	2,5
10	Reprocesos						X	2,5
14	Control de Calidad							X

(Fuente: Propia)

b) Cálculos de las distancias ponderadas.

   Conocidas las distancias entre las zonas y el coeficiente de ponderación se procede a obtener la distancia ponderada con la multiplicación de éstos dos factores como se puede observar en la tabla 4.44, hay que tomar en cuenta que solo se debe presentar la lista de los pares de zonas que tienen un factor de cercanía distinto de cero.

Tabla 4.44. Distancias ponderadas.

Zona		Zona	Coeficiente de Ponderación [k]	Distancia [m]	Distancia Ponderada
4	A	5	2,5	7,53	18,83
5		6	2,5	6,63	16,58
5		7	5	11,22	56,10
5		14	10	18	180,00
6		7	2,5	7,07	17,68
7		9	2,5	6,17	15,43
7		10	2,5	8,89	22,23
7		14	7,5	14,76	110,70
9		14	2,5	8,59	21,48
10		14	2,5	6,45	16,13
		TOTAL		95,31	**475,13**

(Fuente: Propia)

Se obtiene una distancia ponderada total de **475,13 [m]**, la cual debe ser optimizada con el diseño de otra distribución física de planta la cual va a ser expuesta en el Capítulo 5.

4.11 GRÁFICAS DE CONTROL.

Se realiza gráficas de control $\bar{X}$ para conocer si se está llevando el proceso bajo control. Para la construcción de la gráfica es necesario calcular los siguientes parámetros:

Para el cálculo de la línea central de la gráfica CP ($\bar{\bar{X}}$) se empleó la ecuación 2.14.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Para el cálculo de la desviación estándar σ se empleó la ecuación 2.15.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Para el cálculo del límite de control superior (UCL) se empleó la ecuación 2.20.

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + z\sigma_{\bar{x}}$$

Para el cálculo del límite de control inferior (LCL) se empleó la ecuación 2.21.

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - z\sigma_{\bar{x}}$$

La cantidad de desviaciones estándar para un nivel de confianza establecido tiene un valor de z = 3, por las recomendaciones dadas por los diferentes autores.

El número de muestras se encuentra especificado en el punto 4.4.2, para cada modelo de motocicleta especificado.

Para el cálculo de la inestabilidad (S_t) de nuestra gráfica de control se emplea la siguiente ecuación:

$$S_t = \frac{Número\ de\ puntos\ especiales}{Número\ total\ de\ puntos} x\ 100$$

4.11.1 GRÁFICA DE CONTROL PARA LA MOTOCICLETA ICS 150-S.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 20 expuesta en el punto 4.4.2.1.

Tabla 4.45. Variables necesarias - motocicleta ICS 150S.

MOTOCICLETA ICS 150S	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	1:06:01
Desviación estándar, DS	0:02:51
Sigma X (σ_x)	0:00:38
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.46. Valores obtenidos por cada motocicleta - modelo ICS 150S.

MOTOCICLETA ICS 150S					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	1:10:45	0:00:38	1:06:01	1:07:56	1:04:06
M2	1:02:57		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M3	1:04:50		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M4	1:03:03		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M5	1:07:25		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M6	1:02:16		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M7	1:05:35		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M8	1:09:30		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M9	1:03:22		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M10	1:02:30		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M11	1:04:08		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M12	1:05:32		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M13	1:07:51		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M14	1:08:31		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M15	1:02:33		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M16	1:06:08		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M17	1:09:14		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M18	1:05:20		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M19	1:07:40		1:06:01	1:07:56	1:04:06
M20	1:11:10		1:06:01	1:07:56	1:04:06

(Fuente: Propia)

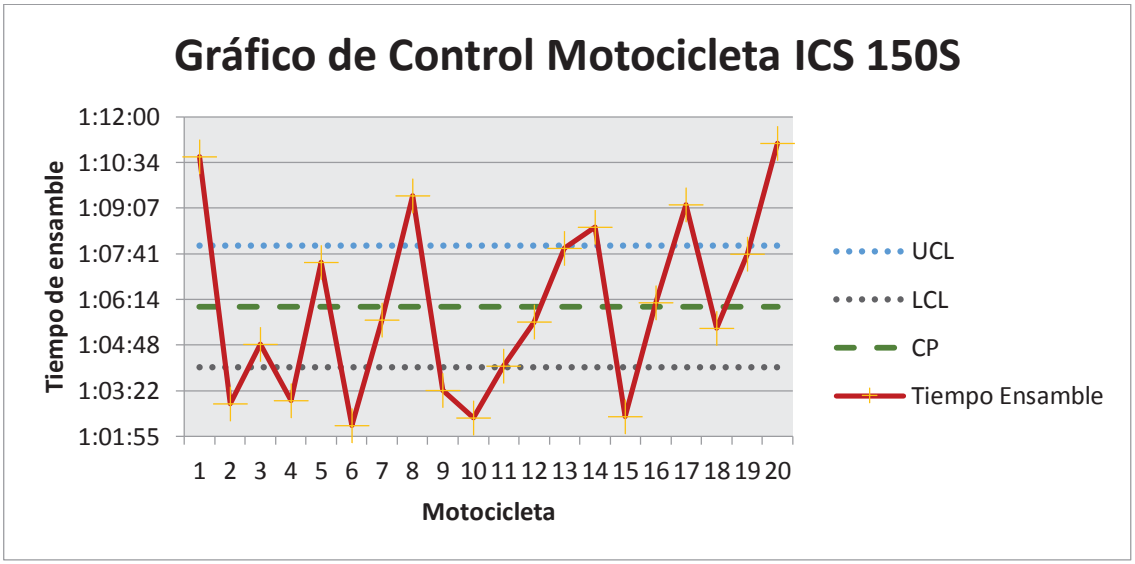


Figura 4.12: Gráfica de control motocicleta ICS 150S (fuente: propia).

➢ **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 11
- Número Total de Puntos = 20

$$S_t = \frac{11}{20} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 55\%}$$

4.11.1.1 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 1.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 20 expuesta en el punto 4.4.2.1.

Tabla 4.47. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 1.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 1	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:08:11
Desviación estándar, DS	0:01:19
Sigma X (σ_x)	0:00:18
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.48. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 1.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 1					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:08:18	0:00:18	0:08:11	0:09:04	0:07:19
M2	0:07:42		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M3	0:06:16		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M4	0:09:09		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M5	0:10:05		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M6	0:10:21		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M7	0:07:54		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M8	0:08:54		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M9	0:09:27		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M10	0:08:33		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M11	0:06:46		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M12	0:09:13		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M13	0:07:22		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M14	0:10:30		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M15	0:06:40		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M16	0:08:31		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M17	0:07:00		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M18	0:06:51		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M19	0:06:40		0:08:11	0:09:04	0:07:19
M20	0:07:38		0:08:11	0:09:04	0:07:19

(Fuente: Propia)

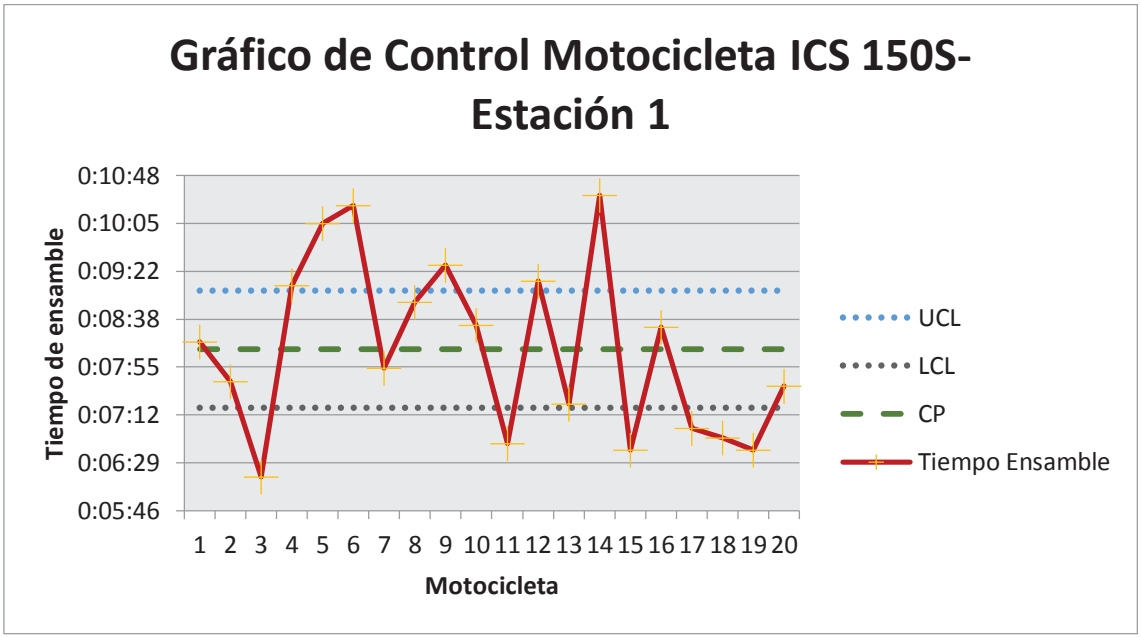


Figura 4.13: Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 1 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 12
- Número Total de Puntos = 20

$$S_t = \frac{12}{20} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 60\%}$$

4.11.1.2 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 2.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 20 expuesta en el punto 4.4.2.1.

Tabla 4.49. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 2.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 2	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:06:41
Desviación estándar, DS	0:01:33
Sigma X (σ_x)	0:00:21
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.50. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 2.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 2					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:05:50	0:00:21	0:06:41	0:07:43	0:05:38
M2	0:07:21		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M3	0:10:24		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M4	0:05:53		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M5	0:05:33		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M6	0:05:39		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M7	0:06:09		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M8	0:08:36		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M9	0:07:32		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M10	0:06:19		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M11	0:10:25		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M12	0:06:31		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M13	0:06:52		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M14	0:05:39		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M15	0:06:04		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M16	0:04:55		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M17	0:06:16		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M18	0:05:16		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M19	0:05:13		0:06:41	0:07:43	0:05:38
M20	0:07:08		0:06:41	0:07:43	0:05:38

(Fuente: Propia)

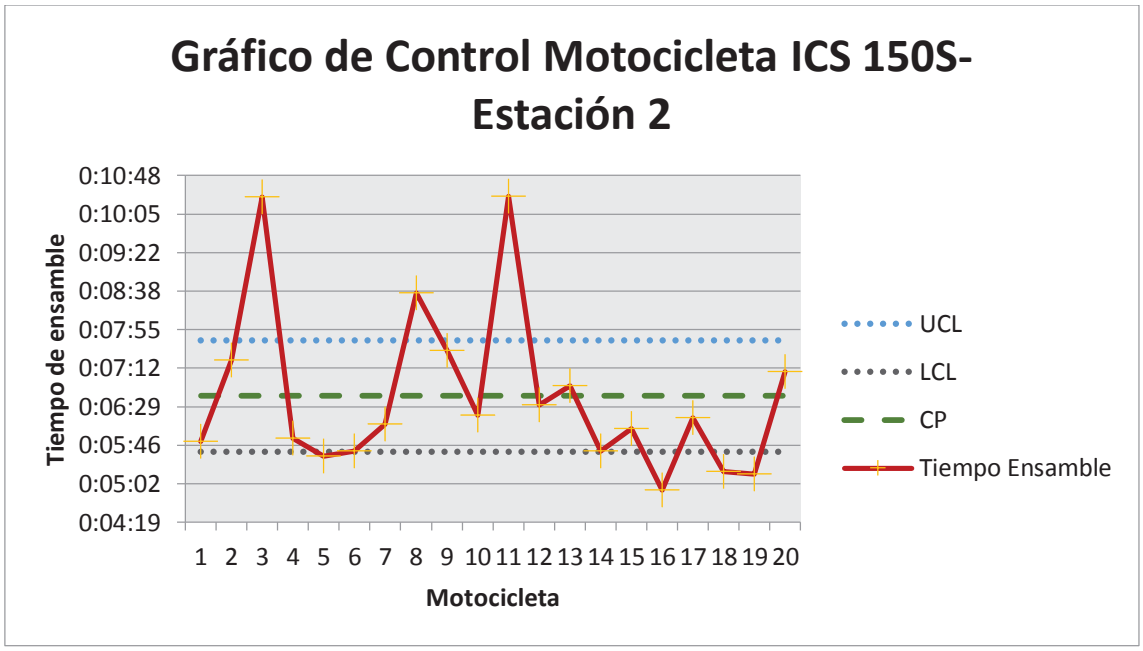


Figura 4.14: Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 2 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 7

- Número Total de Puntos = 20

$$S_t = \frac{7}{20} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 35\%}$$

4.11.1.3 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 3.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 20 expuesta en el punto 4.4.2.1.

Tabla 4.51. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 3.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 3	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:11:11
Desviación estándar, DS	0:01:42
Sigma X (σ_x)	0:00:23
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.52. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 3.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 3					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:10:56	0:00:23	0:11:11	0:12:19	0:10:02
M2	0:13:27		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M3	0:11:20		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M4	0:12:20		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M5	0:11:41		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M6	0:10:46		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M7	0:12:21		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M8	0:09:16		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M9	0:11:42		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M10	0:11:59		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M11	0:07:39		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M12	0:09:55		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M13	0:10:06		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M14	0:07:53		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M15	0:09:44		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M16	0:11:06		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M17	0:11:41		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M18	0:13:44		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M19	0:13:30		0:11:11	0:12:19	0:10:02
M20	0:12:29		0:11:11	0:12:19	0:10:02

(Fuente: Propia)

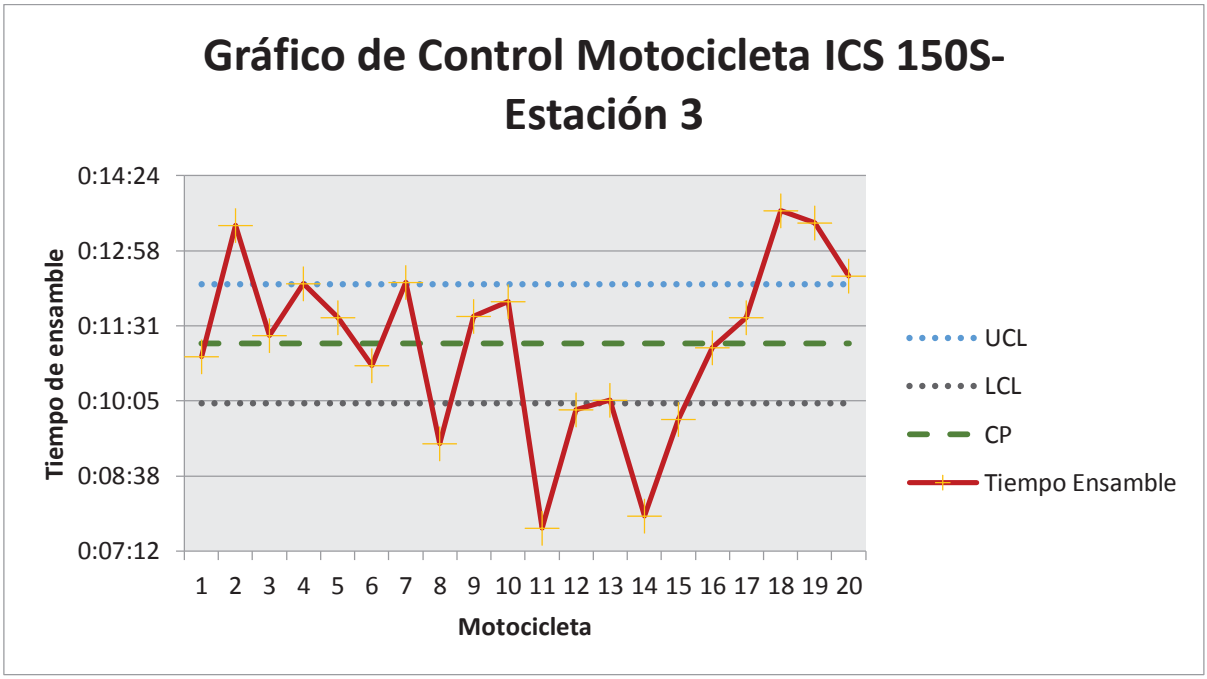


Figura 4.15:Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 3 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 9
- Número Total de Puntos = 20

$$S_t = \frac{9}{20} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 45\%}$$

4.11.1.4 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 4.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 20 expuesta en el punto 4.4.2.1.

Tabla 4.53. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 4.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 4	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:14:58
Desviación estándar, DS	0:02:18
Sigma X (σ_x)	0:00:31
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.54. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 4.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 4					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:15:26	0:00:31	0:14:58	0:16:31	0:13:26
M2	0:12:11		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M3	0:13:57		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M4	0:13:12		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M5	0:14:33		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M6	0:17:53		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M7	0:17:35		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M8	0:13:39		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M9	0:11:40		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M10	0:12:43		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M11	0:15:26		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M12	0:19:28		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M13	0:18:08		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M14	0:18:27		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M15	0:15:14		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M16	0:15:30		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M17	0:12:52		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M18	0:12:26		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M19	0:14:03		0:14:58	0:16:31	0:13:26
M20	0:15:02		0:14:58	0:16:31	0:13:26

(Fuente: Propia)

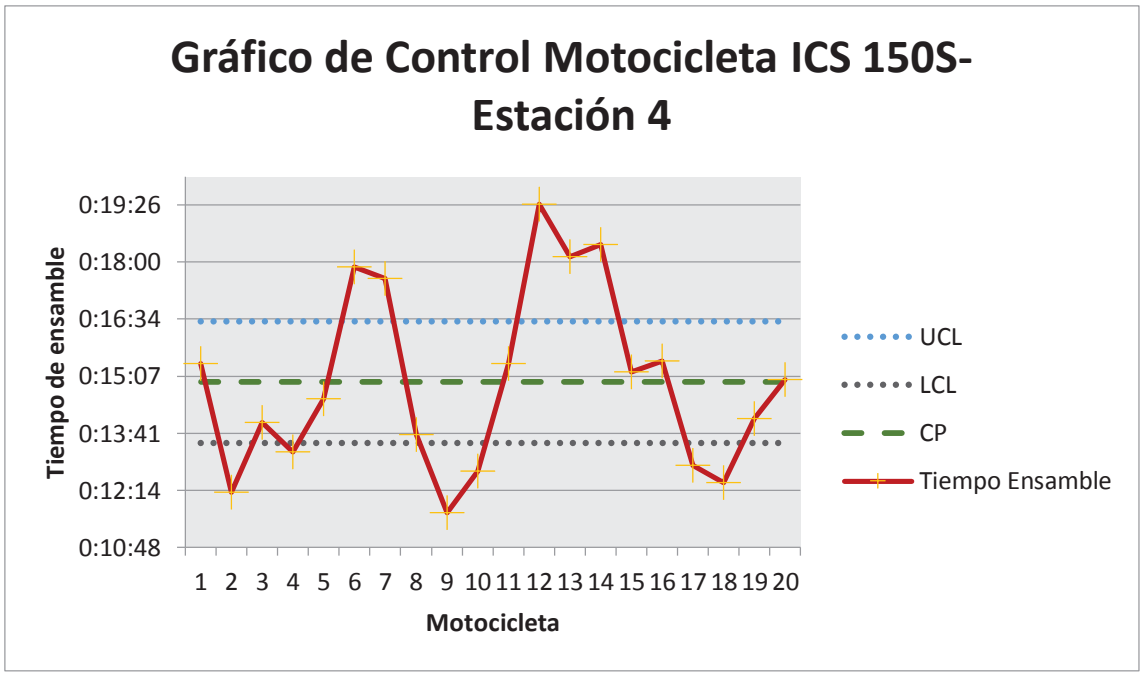


Figura 4.16: Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 4 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 11
- Número Total de Puntos = 20

$$S_t = \frac{11}{20} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 55\%}$$

4.11.1.5 Gráfica de control para la motocicleta ICS 150S – Estación 5.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 20 expuesta en el punto 4.4.2.1.

Tabla 4.55. Variables necesarias para la motocicleta ICS 150S – estación 5.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 5	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:22:18
Desviación estándar, DS	0:03:51
Sigma X (σ_x)	0:00:52
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.56. Valores obtenidos por cada motocicleta ICS 150S – estación 5.

MOTOCICLETA ICS 150S - ESTACIÓN 5					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:14:50	0:00:52	0:22:18	0:24:54	0:19:43
M2	0:20:55		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M3	0:21:50		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M4	0:22:29		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M5	0:20:21		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M6	0:17:23		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M7	0:16:35		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M8	0:24:24		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M9	0:21:09		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M10	0:20:13		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M11	0:23:43		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M12	0:20:15		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M13	0:21:48		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M14	0:23:21		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M15	0:23:19		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M16	0:21:46		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M17	0:30:55		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M18	0:25:37		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M19	0:26:36		0:22:18	0:24:54	0:19:43
M20	0:28:41		0:22:18	0:24:54	0:19:43

(Fuente: Propia)

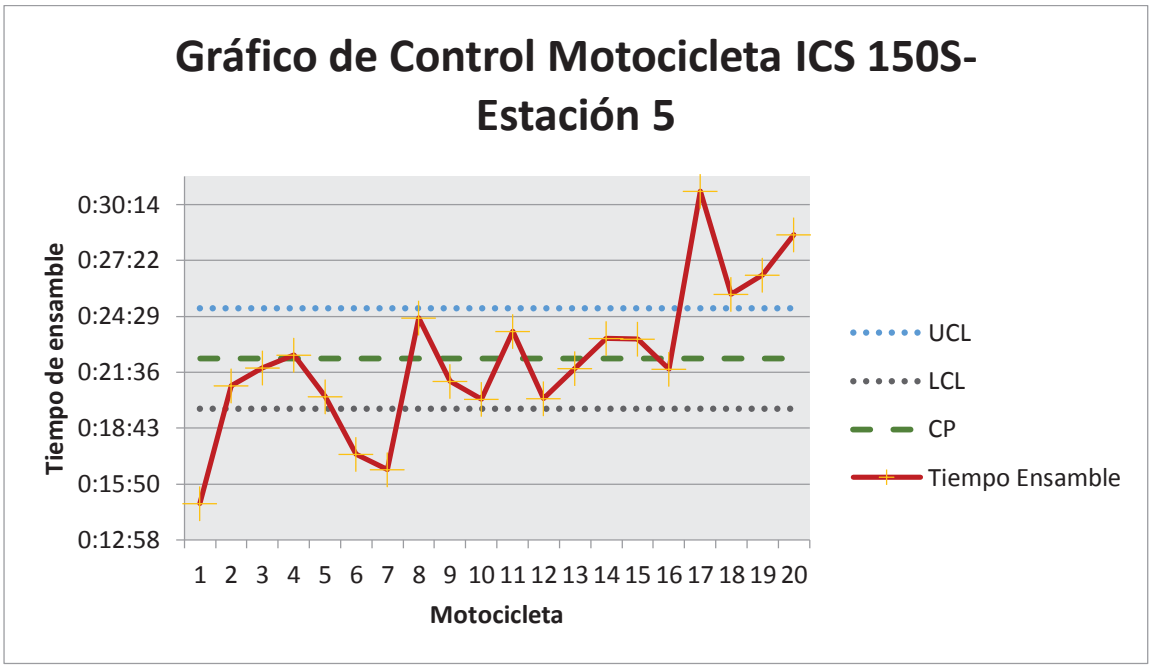


Figura 4.17: Gráfica de control motocicleta ICS 150S – estación 5 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 7
- Número Total de Puntos = 20

$$S_t = \frac{7}{20} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 35\%}$$

4.11.2 GRÁFICA DE CONTROL PARA LA MOTOCICLETA GNS 150.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 21 expuesta en el punto 4.4.2.2.

Tabla 4.57. Variables necesarias - motocicleta GNS 150.

MOTOCICLETA GNS 150	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	1:12:48
Desviación estándar, DS	0:03:34
Sigma X (σx)	0:00:54
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.58. Valores obtenidos por cada motocicleta - modelo GNS 150.

MOTOCICLETA GNS 150					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	1:13:10	0:00:54	1:12:48	1:15:29	1:10:07
M2	1:12:40		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M3	1:10:10		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M4	1:09:07		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M5	1:07:36		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M6	1:09:30		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M7	1:11:33		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M8	1:10:09		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M9	1:10:32		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M10	1:12:59		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M11	1:15:14		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M12	1:19:54		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M13	1:19:23		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M14	1:17:13		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M15	1:12:48		1:12:48	1:15:29	1:10:07
M16	1:12:48		1:12:48	1:15:29	1:10:07

(Fuente: Propia)

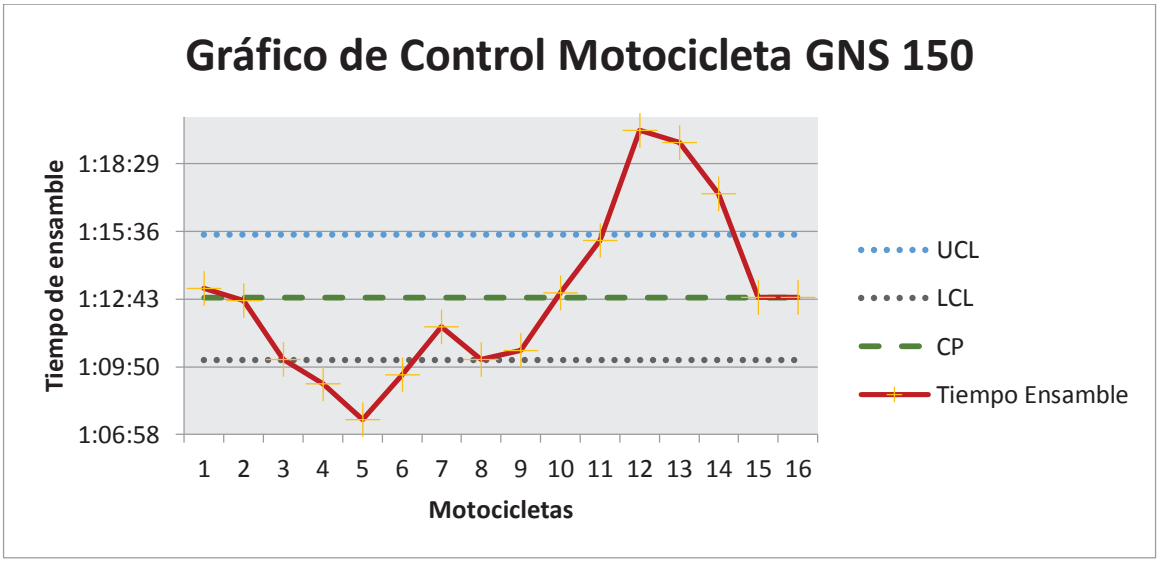


Figura 4.18: Gráfica de control motocicleta GNS 150 (fuente: propia).

➢ **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 6
- Número Total de Puntos = 16

$$S_t = \frac{6}{16} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 37,5\%}$$

4.11.2.1 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 1.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 21 expuesta en el punto 4.4.2.2.

Tabla 4.59. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 1.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 1	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:11:15
Desviación estándar, DS	0:02:24
Sigma X (σx)	0:00:36
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.60. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 1.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 1					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:12:08	0:00:36	0:11:15	0:13:03	0:09:27
M2	0:12:17		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M3	0:10:10		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M4	0:09:51		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M5	0:09:45		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M6	0:08:58		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M7	0:14:46		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M8	0:13:30		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M9	0:10:51		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M10	0:10:47		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M11	0:09:46		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M12	0:10:33		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M13	0:09:00		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M14	0:08:54		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M15	0:10:54		0:11:15	0:13:03	0:09:27
M16	0:17:50		0:11:15	0:13:03	0:09:27

(Fuente: Propia)

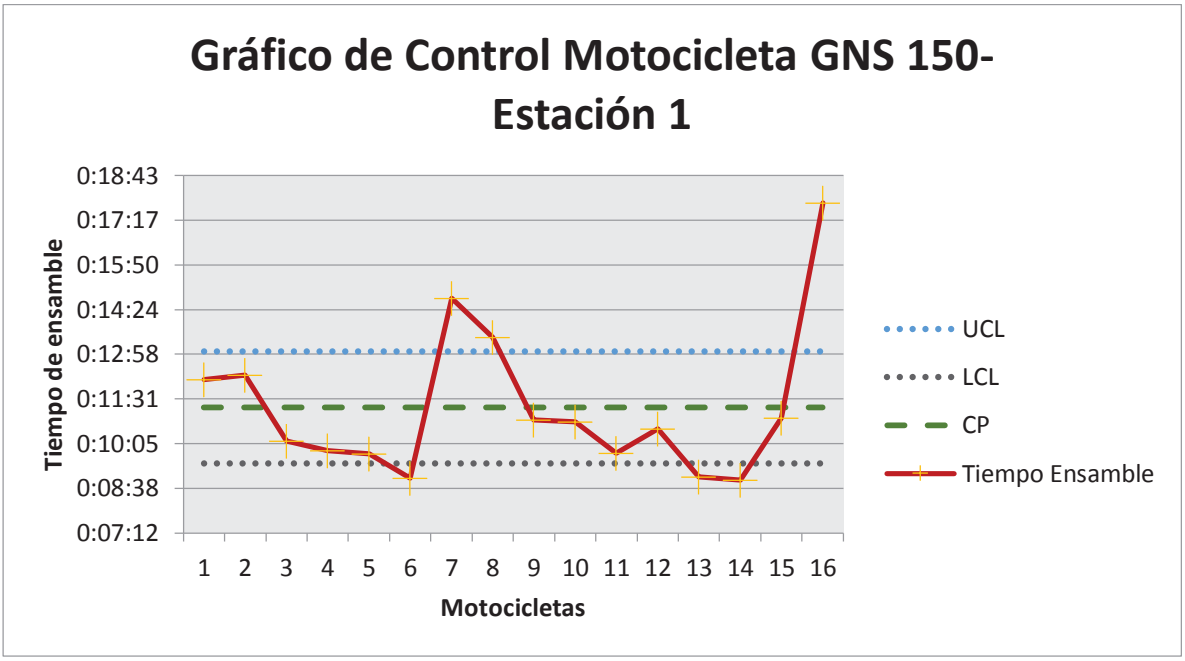


Figura 4.19: Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 1 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**
- Número de Puntos Especiales = 6
- Número Total de Puntos = 16

$$S_t = \frac{6}{16} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 37,5\%}$$

4.11.2.2 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 2.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 21 expuesta en el punto 4.4.2.2.

Tabla 4.61. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 2.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 2	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:08:37
Desviación estándar, DS	0:00:43
Sigma X (σx)	0:00:11
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.62. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 2.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 2					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:08:51	0:00:11	0:08:37	0:09:09	0:08:05
M2	0:07:48		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M3	0:07:54		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M4	0:07:47		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M5	0:08:44		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M6	0:09:16		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M7	0:08:08		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M8	0:07:14		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M9	0:09:09		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M10	0:10:04		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M11	0:09:04		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M12	0:08:37		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M13	0:09:03		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M14	0:09:07		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M15	0:08:32		0:08:37	0:09:09	0:08:05
M16	0:08:33		0:08:37	0:09:09	0:08:05

(Fuente: Propia)

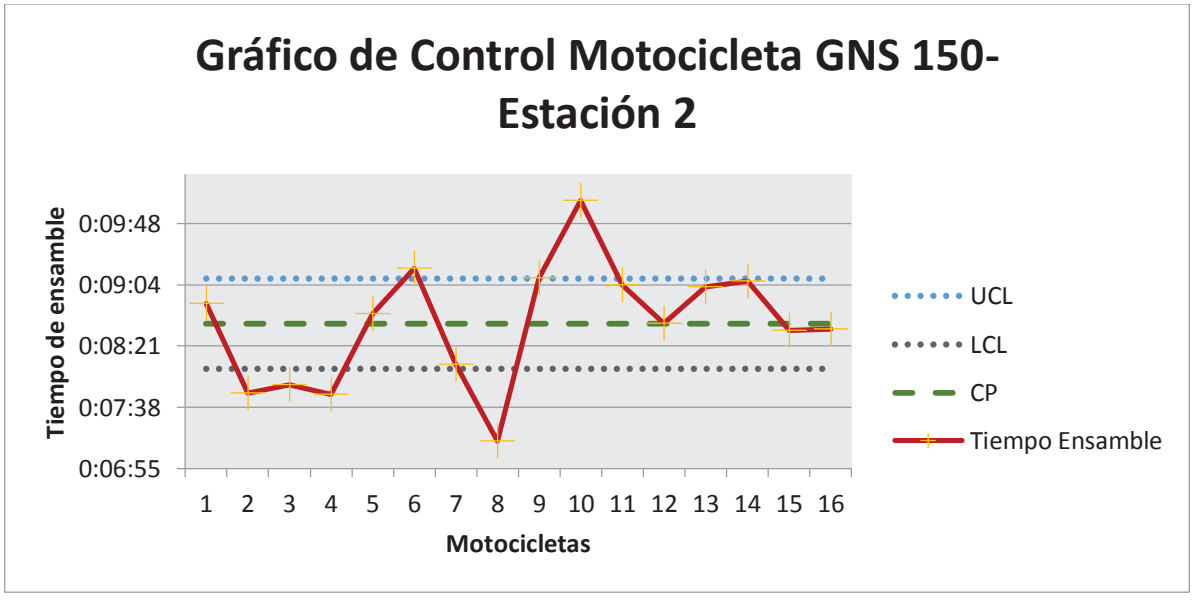


Figura 4.20: Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 2 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 6
- Número Total de Puntos = 16

$$S_t = \frac{6}{16} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 37,5\%}$$

4.11.2.3 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 3.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 21 expuesta en el punto 4.4.2.2.

Tabla 4.63. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 3.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 3	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:11:25
Desviación estándar, DS	0:02:00
Sigma X (σx)	0:00:30
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.64. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 3.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 3					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:12:48	0:00:30	0:11:25	0:12:54	0:09:55
M2	0:10:12		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M3	0:10:13		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M4	0:12:35		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M5	0:11:59		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M6	0:11:45		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M7	0:09:03		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M8	0:14:58		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M9	0:08:33		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M10	0:07:58		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M11	0:10:20		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M12	0:11:55		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M13	0:12:47		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M14	0:13:12		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M15	0:14:02		0:11:25	0:12:54	0:09:55
M16	0:10:13		0:11:25	0:12:54	0:09:55

(Fuente: Propia)

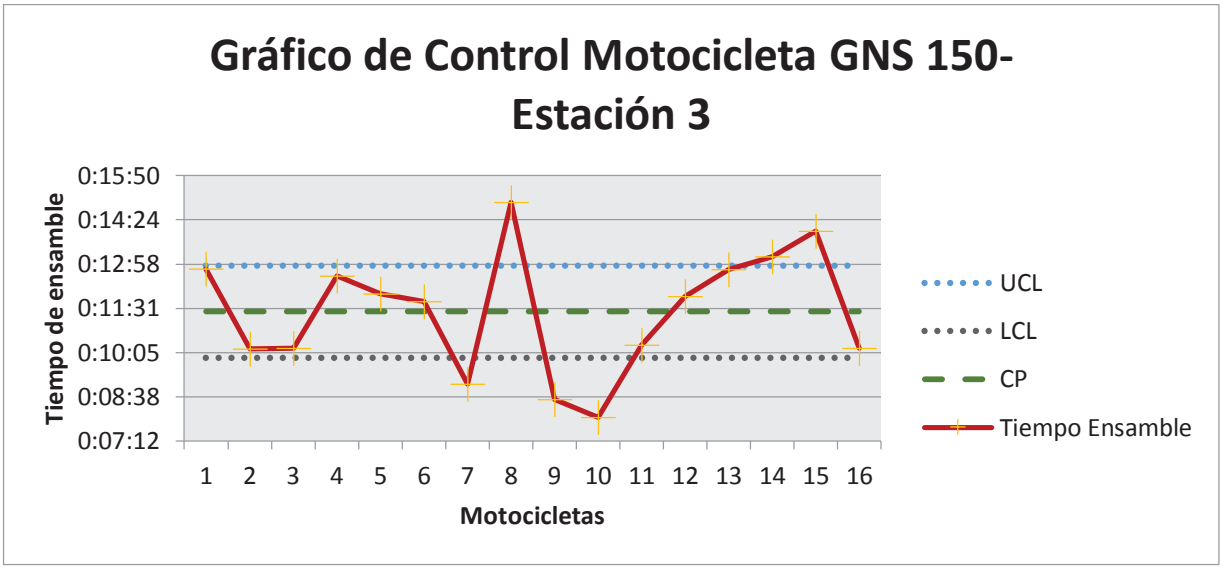


Figura 4.21: Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 3 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 6
- Número Total de Puntos = 16

$$S_t = \frac{6}{16} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 37,5\%}$$

4.11.2.4 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 4.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 21 expuesta en el punto 4.4.2.2.

Tabla 4.65. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 4.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 4	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:09:17
Desviación estándar, DS	0:01:44
Sigma X (σx)	0:00:26
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.66. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 4.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 4					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:07:51	0:00:26	0:09:17	0:10:35	0:07:59
M2	0:11:35		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M3	0:10:46		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M4	0:09:26		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M5	0:07:31		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M6	0:08:11		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M7	0:09:19		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M8	0:07:51		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M9	0:10:18		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M10	0:10:30		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M11	0:12:35		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M12	0:08:41		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M13	0:06:33		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M14	0:10:33		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M15	0:09:54		0:09:17	0:10:35	0:07:59
M16	0:06:53		0:09:17	0:10:35	0:07:59

(Fuente: Propia)

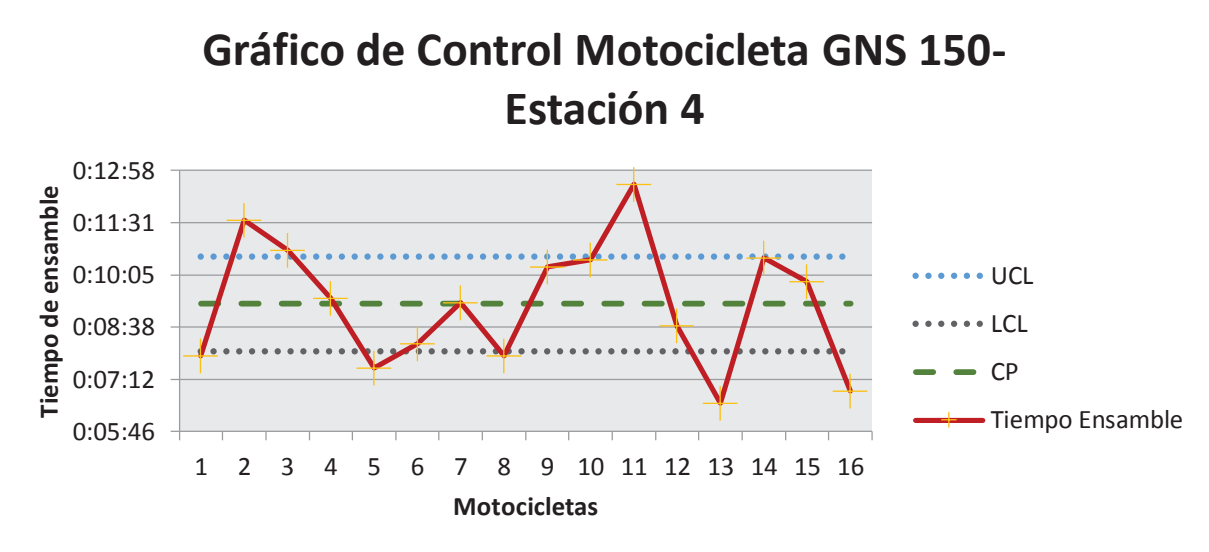


Figura 4.22: Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 4 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**
  - Número de Puntos Especiales = 8
  - Número Total de Puntos = 16

$$S_t = \frac{8}{16} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 50\%}$$

4.11.2.5 Gráfica de control para la motocicleta GNS 150- Estación 5.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 21 expuesta en el punto 4.4.2.2.

Tabla 4.67. Variables necesarias para la motocicleta GNS 150 – estación 5.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 5	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:31:43
Desviación estándar, DS	0:04:10
Sigma X (σx)	0:01:03
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.68. Valores obtenidos por cada motocicleta GNS 150 – estación 5.

MOTOCICLETA GNS 150- ESTACIÓN 5					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:29:02	0:01:03	0:31:43	0:34:51	0:28:35
M2	0:27:54		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M3	0:28:29		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M4	0:29:26		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M5	0:29:16		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M6	0:31:08		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M7	0:30:10		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M8	0:26:21		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M9	0:31:12		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M10	0:33:30		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M11	0:30:44		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M12	0:38:09		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M13	0:41:14		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M14	0:35:12		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M15	0:37:01		0:31:43	0:34:51	0:28:35
M16	0:28:41		0:31:43	0:34:51	0:28:35

(Fuente: Propia)

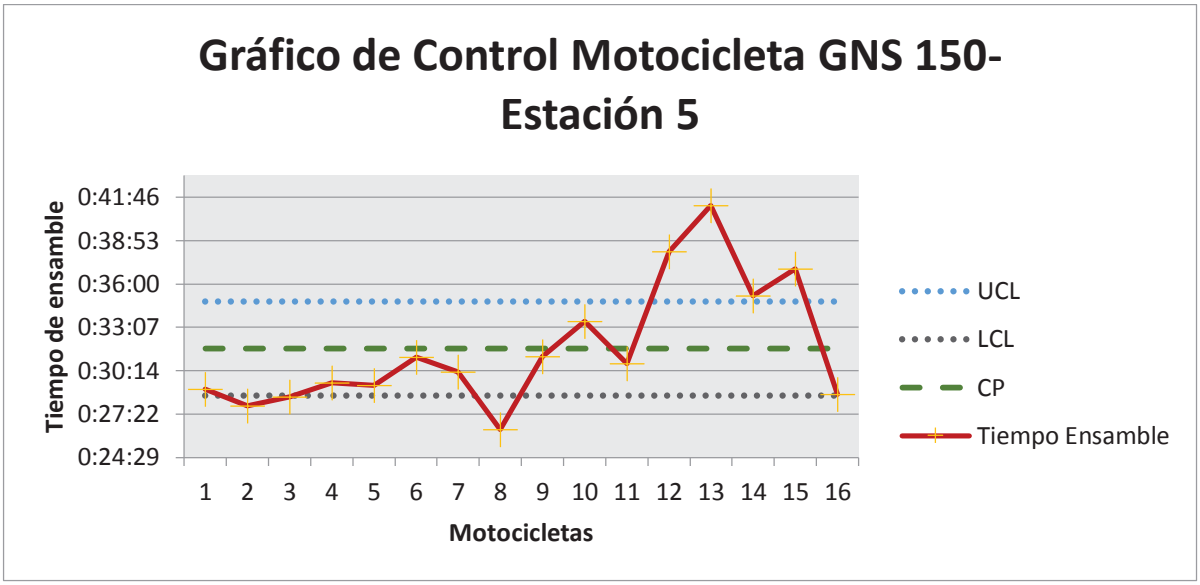


Figura 4.23: Gráfica de control motocicleta GNS 150 – estación 5 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 7
- Número Total de Puntos = 16

$$S_t = \frac{7}{16} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 43,75\%}$$

4.11.3 GRÁFICA DE CONTROL PARA LA MOTOCICLETA BROTHER 250.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 22 expuesta en el punto 4.4.2.3.

Tabla 4.69. Variables necesarias - motocicleta BROTHER 250.

MOTOCICLETA BROTHER 250	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	1:27:03
Desviación estándar, DS	0:08:29
Sigma X (σx)	0:02:41
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.70. Valores obtenidos por cada motocicleta - modelo BROTHER 250.

MOTOCICLETA BROTHER 250					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	1:44:50	0:02:41	1:27:03	1:35:06	1:19:00
M2	1:29:33		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M3	1:26:40		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M4	1:32:40		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M5	1:29:06		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M6	1:25:38		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M7	1:24:23		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M8	1:16:44		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M9	1:13:51		1:27:03	1:35:06	1:19:00
M10	1:27:03		1:27:03	1:35:06	1:19:00

(Fuente: Propia)

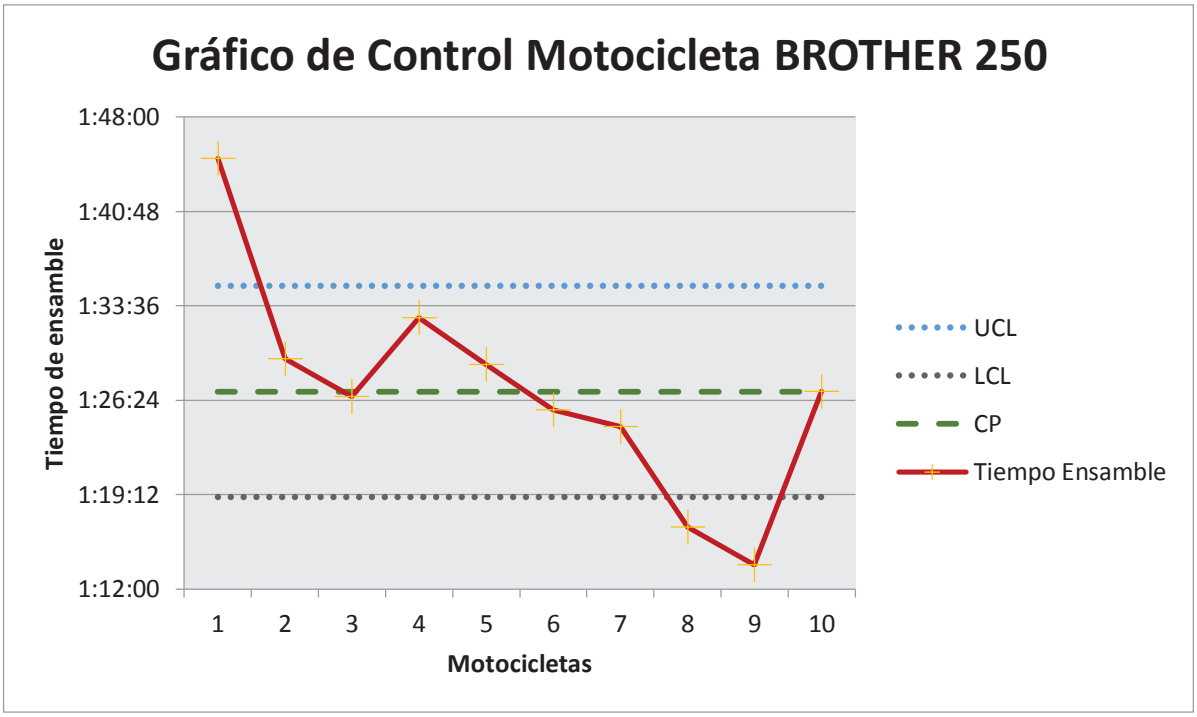


Figura 4.24: Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**
- Número de Puntos Especiales = 3
- Número Total de Puntos = 10

$$S_t = \frac{3}{10} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 30\%}$$

4.11.3.1 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250- Estación 1.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 22 expuesta en el punto 4.4.2.3.

Tabla 4.71. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 1.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 1	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:15:31
Desviación estándar, DS	0:05:50
Sigma X (σx)	0:01:51
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.72. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 1.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 1					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:30:37	0:01:51	0:15:31	0:21:03	0:09:59
M2	0:15:23		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M3	0:11:24		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M4	0:16:02		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M5	0:15:21		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M6	0:13:21		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M7	0:18:25		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M8	0:11:14		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M9	0:11:55		0:15:31	0:21:03	0:09:59
M10	0:11:29		0:15:31	0:21:03	0:09:59

(Fuente: Propia)

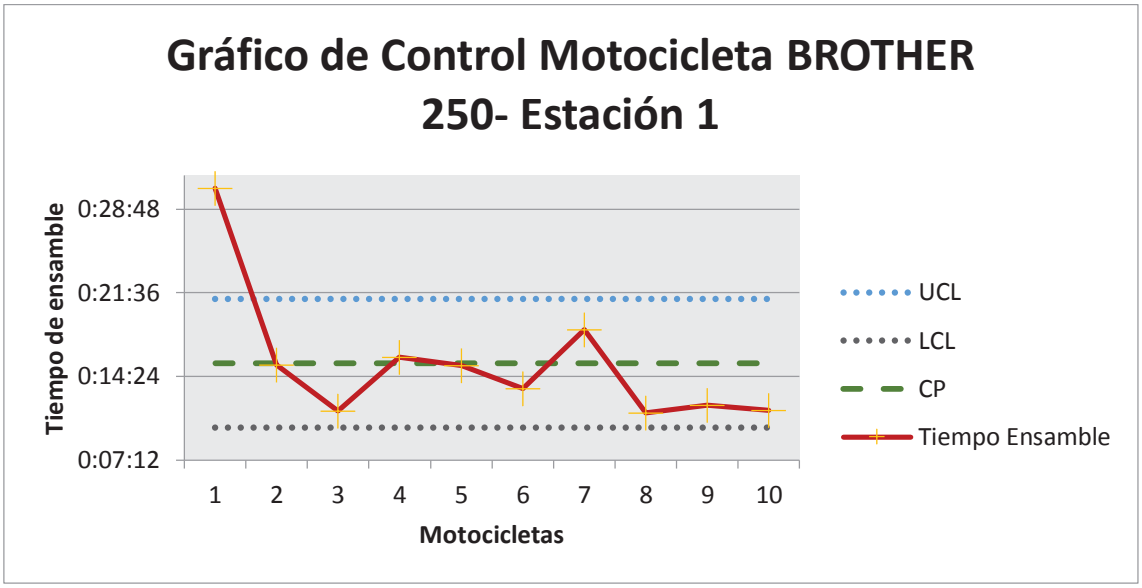


Figura 4.25: Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 1 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 1
- Número Total de Puntos = 10

$$S_t = \frac{1}{10} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 10\%}$$

4.11.3.2 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250- Estación 2.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 22 expuesta en el punto 4.4.2.3.

Tabla 4.73. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 2.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 2	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:11:44
Desviación estándar, DS	0:02:06
Sigma X (σx)	0:00:40
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.74. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 2.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 2					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:10:00	0:00:40	0:11:44	0:13:44	0:09:44
M2	0:10:50		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M3	0:12:39		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M4	0:12:32		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M5	0:09:49		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M6	0:13:39		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M7	0:09:15		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M8	0:12:11		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M9	0:10:20		0:11:44	0:13:44	0:09:44
M10	0:16:05		0:11:44	0:13:44	0:09:44

(Fuente: Propia)

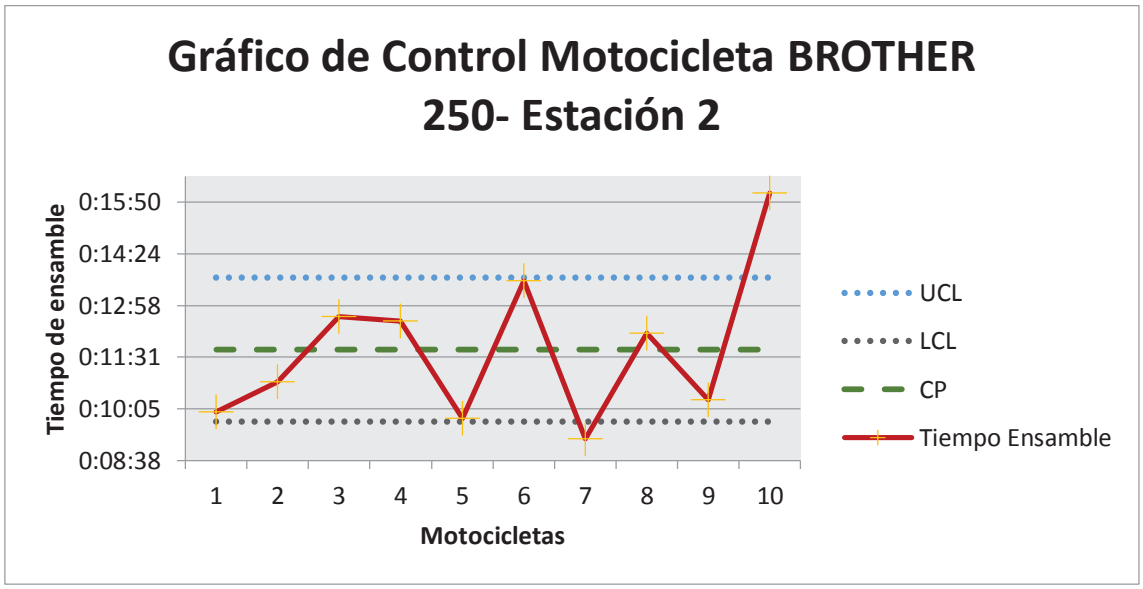


Figura 4.26: Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 2 (fuente: propia).

➢ **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 2
- Número Total de Puntos = 10

$$S_t = \frac{2}{10} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 20\%}$$

4.11.3.3 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250- Estación 3.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 22 expuesta en el punto 4.4.2.3.

Tabla 4.75. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 3.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 3	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:15:12
Desviación estándar, DS	0:02:13
Sigma X (σx)	0:00:42
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.76. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 3.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 3					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:12:33	0:00:42	0:15:12	0:17:18	0:13:06
M2	0:15:56		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M3	0:18:35		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M4	0:14:42		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M5	0:18:12		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M6	0:15:16		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M7	0:14:44		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M8	0:12:23		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M9	0:16:47		0:15:12	0:17:18	0:13:06
M10	0:12:52		0:15:12	0:17:18	0:13:06

(Fuente: Propia)

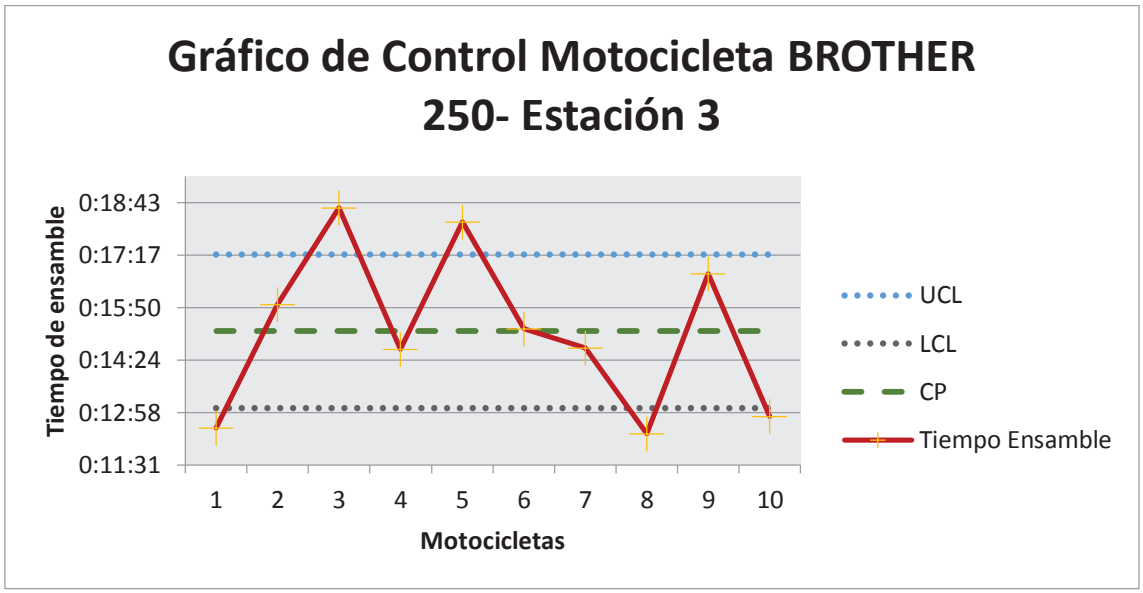


Figura 4.27: Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 3 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 5
- Número Total de Puntos = 10

$$S_t = \frac{5}{10} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 50\%}$$

4.11.3.4 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250- Estación 4.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 22 expuesta en el punto 4.4.2.3.

Tabla 4.77. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 4.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 4	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:15:15
Desviación estándar, DS	0:02:09
Sigma X (σx)	0:00:41
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.78. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 4.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 4					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:18:58	0:00:41	0:15:15	0:17:17	0:13:12
M2	0:14:30		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M3	0:16:40		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M4	0:14:40		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M5	0:11:52		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M6	0:14:41		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M7	0:13:05		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M8	0:17:01		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M9	0:17:05		0:15:15	0:17:17	0:13:12
M10	0:13:54		0:15:15	0:17:17	0:13:12

(Fuente: Propia)

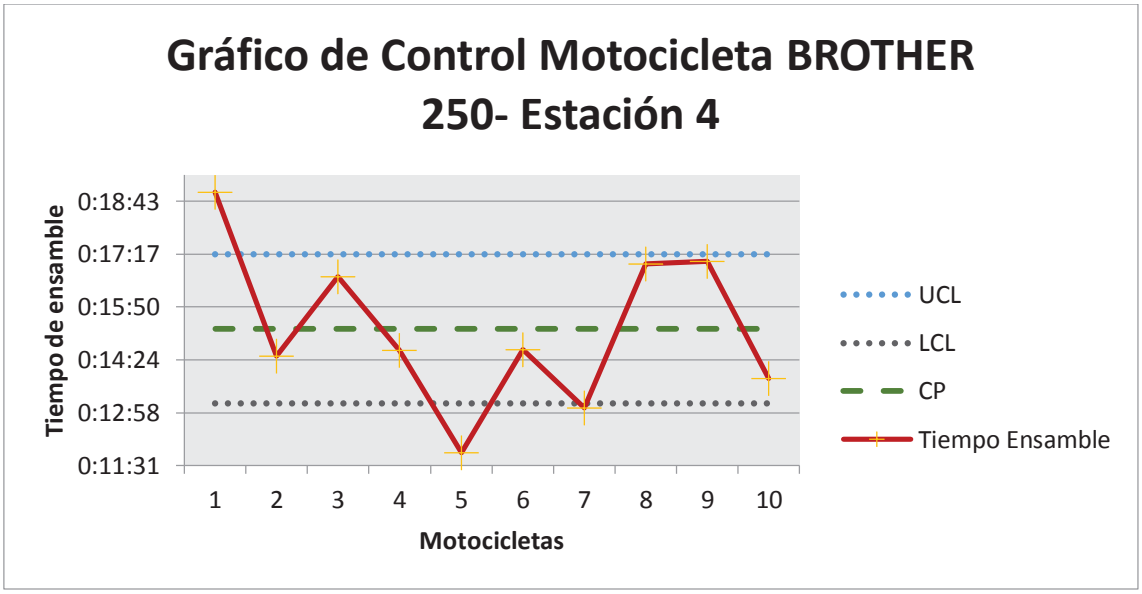


Figura 4.28: Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 4 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**
- Número de Puntos Especiales = 3
- Número Total de Puntos = 10

$$S_t = \frac{3}{10} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 30\%}$$

4.11.3.5 Gráfica de control para la motocicleta BROTHER 250- Estación 5.

Para la construcción de esta gráfica se obtuvo los valores de la tabla del Anexo 22 expuesta en el punto 4.4.2.3.

Tabla 4.79. Variables necesarias para la motocicleta BROTHER 250 – estación 5.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 5	
Consumo Promedio, CP ($\bar{\bar{X}}$)	0:28:13
Desviación estándar, DS	0:05:34
Sigma X (σx)	0:01:46
UCL (Límite de Control Superior) = CP + 3*(σx)	
LCL (Límite de Control Inferior) = CP - 3*(σx)	

(Fuente: Propia)

Tabla 4.80. Valores obtenidos por cada motocicleta BROTHER 250 – estación 5.

MOTOCICLETA BROTHER 250- ESTACIÓN 5					
Motocicleta	Tiempo Ensamble	Sigma X	CP	UCL	LCL
M1	0:29:21	0:01:46	0:28:13	0:33:31	0:22:56
M2	0:32:33		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M3	0:27:14		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M4	0:34:35		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M5	0:33:46		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M6	0:28:31		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M7	0:27:24		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M8	0:21:16		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M9	0:16:45		0:28:13	0:33:31	0:22:56
M10	0:30:49		0:28:13	0:33:31	0:22:56

(Fuente: Propia)

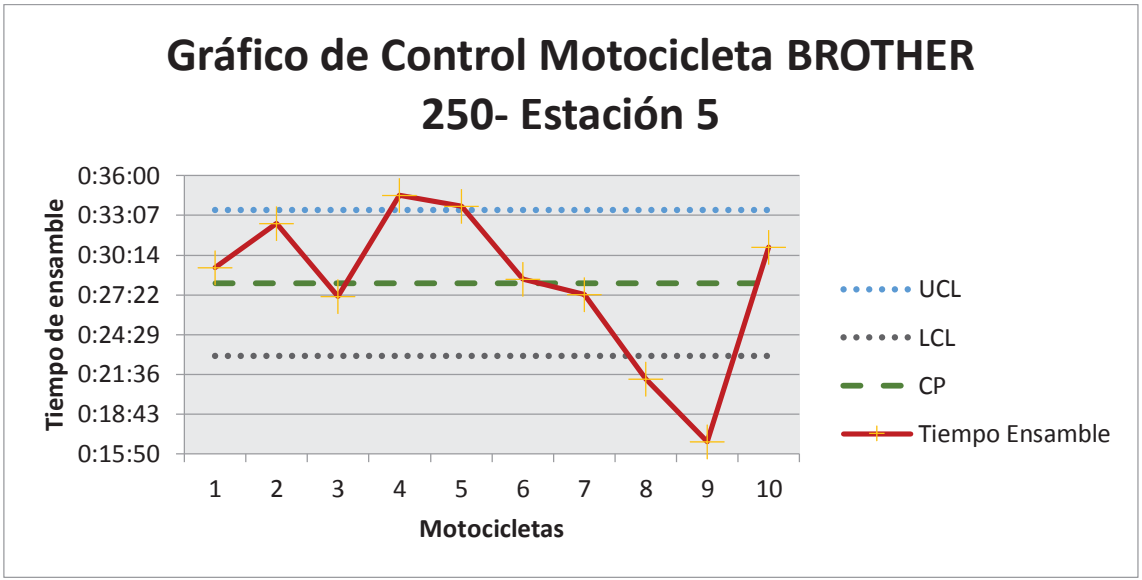


Figura 4.29: Gráfica de control motocicleta BROTHER 250 – estación 5 (fuente: propia).

- **Cálculo de la inestabilidad (S_t):**

- Número de Puntos Especiales = 4
- Número Total de Puntos = 10

$$S_t = \frac{4}{10} x\ 100$$

$$\boldsymbol{S_t = 40\%}$$

4.11.4 ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL.

En las gráficas de control de los distintos modelos de motocicleta de estudio, se observa una alta variabilidad, existen causas especiales que deben ser controladas para disminuir dicha variabilidad, una de las causas especiales es la poca estandarización existente para el proceso de ensamble de estos modelos de motocicletas, por lo cual el proceso se torna muy inestable.

Se debe tomar en cuenta aspectos importantes como los materiales utilizados, la manera de operación de las máquinas, y la capacitación de los operarios; para conocer las razones por las cuales existe un cambio en la medida del proceso.

Para el modelo de motocicleta ICS 150-S se tiene una inestabilidad que varía desde un 35% hasta un 60%, para el modelo de motocicleta GNS 150 se tiene una inestabilidad que varía desde un 37,5% hasta un 50%, y para el modelo de motocicleta BROTHER 250 se tiene una inestabilidad que varía desde un 10% hasta un 50%; se tienen valores muy elevados de inestabilidad para todos los modelos de motocicleta por lo cual es necesario tomar medidas que permitan estabilizar el proceso.

Por todas las razones expuestas, se concluye que el proceso de ensamble de los modelos de motocicleta de estudio se encuentra fuera de control, por lo cual es inevitable la toma de medidas para controlar el proceso, las medidas a tomarse se presentaran en el Capítulo 5 en la optimización de la línea de ensamble.

4.12 CAPACIDAD DEL PROCESO.

4.12.1 RAZÓN DE CAPACIDAD DEL PROCESO.

Para el cálculo de la razón de capacidad del proceso se empleó la ecuación 2.27.

$$C_P = \frac{Especificación\ Superior - Especificación\ Inferior}{6\sigma}$$

Para determinar la razón de capacidad del proceso se propone un límite de tolerancia de 5 minutos (establecidos por la empresa) para todos los modelos de motocicleta, por lo cual:

- Especificación Superior = Valor Nominal + 5 [min].
- Especificación Inferior = Valor Nominal - 5 [min].

4.12.1.1 Razón de capacidad del Proceso Motocicleta ICS 150S.

El valor nominal (Objetivo) es tomado como el menor tiempo de ensamble obtenido, éste valor y la desviación estándar necesaria para el cálculo se tiene en el numeral 4.11.1; por lo tanto:

- Valor Nominal: 1:02:16 [h:min:s]: 0,04324
- Especificación Superior = 1:07:16 [h:min:s]: **0,04671**

- Especificación Inferior =0:57:16 [h:min:s]: **0,03976**
- σ = **0,001979**

Por lo que:

$$C_P = \frac{0{,}04671 - 0{,}03976}{6(0{,}001979)}$$

$$\boldsymbol{C_P = 0{,}58310}$$

4.12.1.2 Razón de capacidad del Proceso Motocicleta GNS 150.

El valor nominal (Objetivo) es tomado como el menor tiempo de ensamble obtenido, éste valor y la desviación estándar necesaria para el cálculo se tiene en el numeral 4.11.2; por lo tanto:

- Valor Nominal: 1:07:36 [h:min:s]: 0,04694
- Especificación Superior = 1:12:36 [h:min:s]: **0,05041**
- Especificación Inferior = 1:02:36 [h:min:s]: **0,04347**
- σ = **0,00248**

Por lo que:

$$C_P = \frac{0{,}05041 - 0{,}04347}{6(0{,}00248)}$$

$$\boldsymbol{C_P = 0{,}46643}$$

4.12.1.3 Razón de capacidad del Proceso Motocicleta BROTHER 250.

El valor nominal (Objetivo), es tomado como el menor tiempo de ensamble obtenido, éste valor y la desviación estándar necesaria para el cálculo se tiene en el numeral 4.11.3; por lo tanto:

- Valor Nominal: 1:13:51 [h:min:s]: 0,05128
- Especificación Superior = 1:18:51 [h:min:s]: **0,05475**
- Especificación Inferior =1:08:51 [h:min:s]: **0,04781**
- σ = **0,00589**

Por lo que:

$$C_P = \frac{0{,}05475 - 0{,}04781}{6(0{,}00589)}$$

$$\boldsymbol{C_P = 0{,}19639}$$

4.12.1.4 Análisis de la razón de capacidad del proceso.

Para los tres modelos de motocicletas tenemos un valor de la razón de capacidad menor que 1, incluso menor que 0,67, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas.

Al tener una razón de capacidad menor que 0,67, se establece que el proceso no es adecuado para el trabajo y se requieren modificaciones inmediatas.

Por las razones expuestas se concluye que el proceso no tiene la razón de capacidad adecuada para el correcto funcionamiento del proceso, y se requiere de modificaciones para tener especificaciones mejores, o a la vez disminuir la variabilidad del proceso para tener una menor desviación estándar. Las medidas a tomarse se presentaran en el Capítulo 5 en la optimización de la línea de ensamble.

4.12.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO.

Para el cálculo del índice de capacidad del proceso se empleó la ecuación 2.28.

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [\frac{\bar{\bar{x}} - Especificación\ inferior}{3\sigma}, \frac{Especificación\ superior - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}]$$

Para determinar el índice de capacidad del proceso se propone un límite de tolerancia igual que en el numeral 4.12.1

4.12.2.1 Índice de capacidad del Proceso Motocicleta ICS 150S.

El valor nominal (Objetivo), la desviación estándar, las especificaciones superiores e inferiores son tomadas del numeral 4.12.1.1.

La media de la muestra ($\bar{\bar{x}}$), es tomada de los cálculos realizados en el numeral 4.11.1 por lo tanto:

- Especificación Superior = 1:07:16 [h:min:s]: **0,04671**
- Especificación Inferior =0:57:16 [h:min:s]: **0,03976**
- σ = **0,00197**
- $\bar{\bar{x}}$ = **0,04584**

Por lo que:

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [\frac{0{,}04584\ -\ 0{,}03976}{3(0{,}001979)}, \frac{0{,}04671\ -0{,}04584}{3(0{,}00197)}]$$

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [1{,}02042\ ;\ 0{,}14577]$$

$$\boldsymbol{C_{pk} = 0{,}14577}$$

4.12.2.2 Índice de capacidad del Proceso Motocicleta GNS 150.

El valor nominal (Objetivo), la desviación estándar, las especificaciones superiores e inferiores son tomadas del numeral 4.12.1.2.
La media de la muestra ($\bar{\bar{x}}$), es tomada de los cálculos realizados en el numeral 4.11.2 por lo tanto:

- Especificación Superior = 1:12:36 [h:min:s]: **0,05041**
- Especificación Inferior = 1:02:36 [h:min:s]: **0,04347**
- σ = **0,00248**
- $\bar{\bar{x}}$ = **0,05055**

Por lo que:

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [\frac{0{,}05055\ -\ 0{,}04347}{3(0{,}00248)}, \frac{0{,}05041\ -0{,}05055}{3(0{,}00248)}]$$

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [0{,}95130 : -0{,}01843]$$

$$\boldsymbol{C_{pk} = -0{,}01843}$$

4.12.2.3 Índice de capacidad del Proceso Motocicleta BROTHER 250.

El valor nominal (Objetivo), la desviación estándar, las especificaciones superiores e inferiores son tomadas del numeral 4.12.1.3.
La media de la muestra ($\bar{\bar{x}}$), es tomada de los cálculos realizados en el numeral 4.11.3 por lo tanto:

- Especificación Superior = 1:18:51 [h:min:s]: **0,05475**
- Especificación Inferior =1:08:51 [h:min:s]: **0,04781**
- σ = **0,00589**
- $\bar{\bar{x}}$ = **0,06044**

Por lo que:

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [\frac{0{,}06044 - \ 0{,}04781}{3(0{,}00589)}, \frac{0{,}05475\ - 0{,}06044}{3(0{,}00589)}]$$

$$C_{pk} = Mínimo\ de\ [0{,}71473\ ;\ -0{,}32194]$$

$$\boldsymbol{C_{pk} = -0{,}32194}$$

4.12.2.4 Análisis del índice de capacidad del proceso.

Para los tres modelos de motocicletas tenemos un valor del índice de capacidad menor que 1, incluso menor que 0, por lo cual el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas.

Para el modelo de motocicleta ICS 150-S tenemos un valor que se encuentra entre 0 y 1, lo que significa que el proceso no cumple con las especificaciones requeridas; Para las motocicletas GNS 150 y BROTHER 250, tenemos valores negativos lo que significa que de igual manera no se cumple con las especificaciones establecidas, para todos estos procesos es necesario mejorar la variabilidad del proceso para obtener valores que sean mayores a 1.

En la figura 2.23 se puede observar como es la influencia del índice de capacidad con los valores obtenidos, verificándose que no se está cumpliendo con las especificaciones establecidas, incluso con los valores menores a cero teniéndose un caso crítico ya que la media se encuentra fuera de las especificaciones establecidas.

Por las razones expuestas se concluye que el proceso no tiene el índice de capacidad adecuada para el correcto funcionamiento del proceso, las medidas a tomarse se presentaran en el Capítulo 5 en la optimización de la línea de ensamble.

4.13 PROBLEMAS ENCONTRADOS.

En la figura 4.30, tenemos un diagrama de Ishikawa Causa - Efecto en el cual se describen las principales causas que generan problemas en la línea de ensamble.

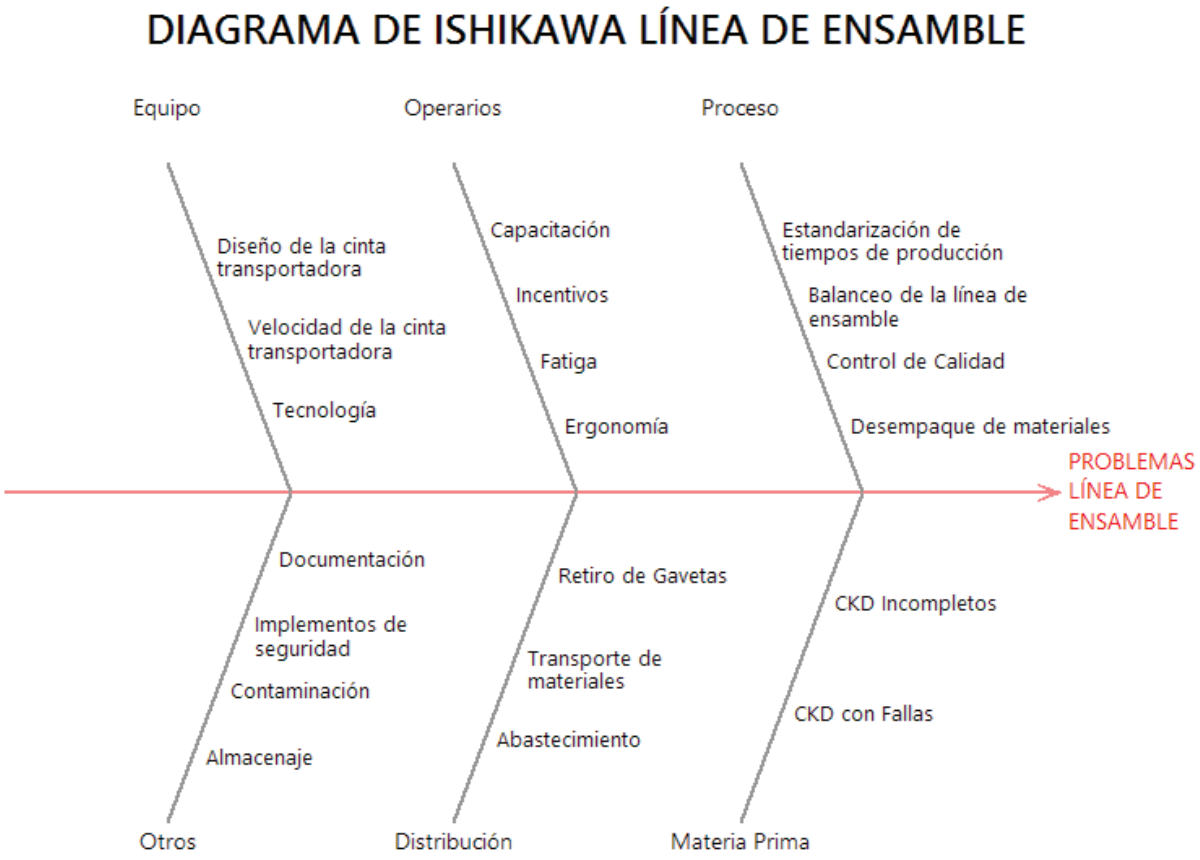


Figura 4.30: Diagrama de Ishihawa de la línea de ensamblaje de la empresa Motoensab S. A. (fuente: propia).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA

5.1 PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE MOTOCICLETAS.

En la tabla 5.1, se plantean los problemas encontrados en todo el proceso de ensamble de motocicletas, estos problemas crean cuellos de botella generando atrasos en todo el proceso, por lo cual se indica una propuesta tentativa para eliminar o mejorar los mismos reduciendo atrasos y mejorando el proceso.

Tabla 5.1. Problemas, efectos y propuestas de mejora para las distintas zonas de la línea de ensamble.

ENSAMBLE DE MOTOCICLETAS			
ZONA	**PROBLEMA ENCONTRADO**	**EFECTO**	**PROPUESTA TENTATIVA**
Almacenamiento CKD	Cajas de CKD en mal estado con golpes, mala manipulación.	Generación de defectos en partes y piezas, problemas de salud en operarios.	Verificación del cumplimiento del procedimiento para el almacenamiento del CKD, sugerir máquinas o herramientas que ayuden al operario a realizar sus tareas.
Desempaque CKD	No se realiza un correcto control de calidad en partes y piezas, falta de ergonomía en el desarrollo de las tareas.	Partes y Piezas con defectos en la línea de ensamble (demoras al operario de ensamble), problemas de salud en operarios.	Verificación del cumplimiento del procedimiento para el desempaque del CKD, sugerir máquinas o herramientas que ayuden al operario a realizar sus tareas.

Distribución Partes y Piezas	Estaciones de ensamble desabastecida de partes y piezas, mala recolección de gavetas, falta de ergonomía en el desarrollo de las tareas.	Demoras a los operarios de la línea de ensamble, falta de comodidad para realizar las actividades (operario de ensamble), problemas de salud en operarios.	Verificación del cumplimiento del procedimiento de distribución de partes y piezas, sugerir máquinas o herramientas que ayuden al operario a realizar sus tareas.
Estaciones de Ensamble	Desbalanceo de operaciones en la línea de ensamble, proceso fuera de control con alta inestabilidad, proceso fuera de las especificaciones requeridas, demoras, falta de trabajo de operadores, contaminación ambiental.	Demoras en las estaciones de trabajo, mayor tiempo de ensamble en las motocicletas, problemas de salud en operarios.	Realizar un nuevo balanceo de la línea de ensamble, estandarizar el proceso, realizar pruebas de aprendizaje para los operadores, sugerir máquinas o herramientas que ayuden al operario a realizar sus tareas.
Control de Calidad	Motocicletas con defectos encontrados, prueba de motocicletas con combustible en el tanque.	Demoras en el proceso, falta de calidad en el producto.	Sugerir máquinas o herramientas que ayuden al operario a realizar sus tareas, proponer un método para no poner directamente el combustible en el tanque.
Almacenaje	Motocicletas almacenadas en lugares lejanos, mala distribución física de la planta.	Demoras en el proceso por el transporte.	Re-diseño de la distribución física de la planta.

(Fuente: Propia)

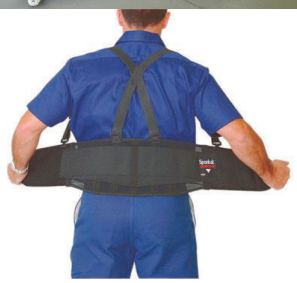
5.2 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE.

En este punto se presentan maneras de optimizar los problemas encontrados descritos en el punto 5.1 para todo el proceso de ensamble de las motocicletas, mejorando la manera de realizar las diferentes actividades para tener la mejor eficiencia posible.

Se presentarán propuestas de mejora del trabajo de los operadores, ya que los empleadores están en la obligación de: "*adoptar medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad*" (Decreto 2393 art. 11 literal 2).

5.2.1 OPTIMIZACIÓN - ALMACENAMIENTO CKD.

ALMACENAMIENTO CKD	
PROBLEMA ENCONTRADO	**PROPUESTA DE MEJORA**
En el momento del almacenaje del CKD se encuentran cajas con golpes, generando defectos en las partes y piezas, se tiene este tipo de problemas producto de la mala manipulación de las cajas del CKD.	Se debe concientizar al operador sobre las tareas que realiza para tener una manipulación adecuada de la caja de CKD; cumplir con el procedimiento de trabajo descrito en el Anexo 18.

<table>
<tr><td colspan="2">No se tiene las medidas adecuadas de prevención de riesgos de la salud del operador, ya que el mismo baja las cajas del CKD de forma manual con pesos de 82kg a 107 kg (Tabla 4.13), de acuerdo al decreto ejecutivo 2393, en su artículo 128 - sección 4 (Manipulación de Materiales), establece que para varones mayores de 18 años el peso máximo de carga es de 175 libras (79,4 kg), además se indica que se deben proveer del equipo de protección personal apropiada.
Se puede realizar esta tarea con dos operadores, o a la vez se puede implementar el uso de un Montacargas Manual - Semiautomático el cual permite bajar y trasladar las cajas de CKD sin ningún problema; se debe obligar el uso de los equipos de protección personal (EPP's) como: fajas de fuerza, protección visual y auditiva, guantes, etc.</td></tr>
<tr><td> </td><td>
  </td></tr>
<tr><td>Las cajas de CKD se encuentran apiladas de una forma inadecuada (sin espacios entre sí), por lo cual el operador no tiene las condiciones necesarias para tomar las cajas, demorándose más tiempo en realizar la tarea.</td><td>Se puede implementar un modelo para que todas las cajas del CKD sean paletizadas, con lo cual se facilitaría la manipulación, se reducirían los daños al producto por el transporte, y se mejoraría es espacio físico del almacenamiento.</td></tr>
</table>

(Fuente: Propia)

5.2.2 OPTIMIZACIÓN - DESEMPAQUE CKD.

DESEMPAQUE CKD	
PROBLEMA ENCONTRADO	**PROPUESTA DE MEJORA**
No se realiza un correcto Control de Calidad de las partes y piezas que pasan a la línea de ensamble, generando demoras a los operadores, ya que los mismos deben pedir una nueva pieza, o a su vez no observan la falla y se ensambla la motocicleta con ésta pieza defectuosa; llegando así hasta el control de calidad de toda la motocicleta.	Se debe concientizar al operador sobre las tareas que realiza para tener un correcto control de calidad de todas las partes y piezas para el ensamble; cumplir con el procedimiento de trabajo descrito en el Anexo 18.

No se tiene las medidas adecuadas de prevención de riesgos de la salud del operador, ya que se procede a abrir las cajas del CKD en una posición que se torna incómoda para el operador, generando malestar para realizar sus tareas.	Se puede implementar mesas de trabajo diseñadas para realizar estas tareas, con lo cual los operadores no tendrán que inclinarse para realizarlas; haciendo más cómodo su trabajo y disminuyendo los tiempos.

(Fuente: Propia)

5.2.3 OPTIMIZACIÓN - DISTRIBUCIÓN DE PARTES Y PIEZAS.

DISTRIBUCIÓN DE PARTES Y PIEZAS	
PROBLEMA ENCONTRADO	**PROPUESTA DE MEJORA**
Existen periodos en los cuales las estaciones de ensamble se encuentran desabastecidas de partes y piezas, generando demoras a los operadores de la línea de ensamble, ya que deben pedir que se realice un nuevo abastecimiento de las mismas.	Se debe concientizar al operador sobre las tareas que realiza para que la línea de ensamble no se quede desabastecida en ningún momento; cumplir con el procedimiento de trabajo descrito en el Anexo 18.

Existen momentos en los cuales no se realiza la recolección de las gavetas vacías de la línea de ensamble, generando incomodidad ya que el operador de la línea de ensamble no puede realizar todas sus actividades de una manera eficiente.	Se debe concientizar al operador sobre las tareas que realiza para que no existan gavetas vacías que incomoden al operador de la línea de ensamble; cumplir con el procedimiento de trabajo descrito en el Anexo 18.

No se tiene las medidas adecuadas de prevención de riesgos de la salud del operador, ya que se procede a transportar las gavetas de una forma inadecuada (arrastrar-empujar), tornándose incómodo para el operador, generando malestar para realizar sus tareas.	Se puede implementar coches diseñados para el transporte de materiales (gavetas), los cuales permitan el transporte de las mismas de una manera más fácil y eficiente sin tener que arrastrar o empujar las mimas.

(Fuente: Propia)

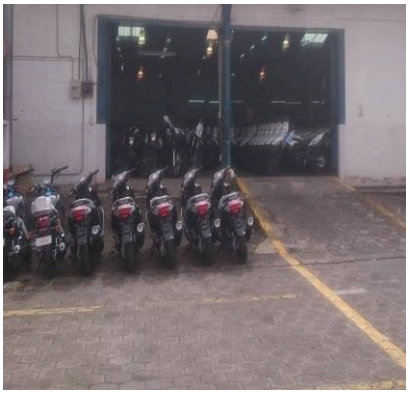
5.2.4 OPTIMIZACIÓN - CONTROL DE CALIDAD.

CONTROL DE CALIDAD	
PROBLEMA ENCONTRADO	**PROPUESTA DE MEJORA**
Se encuentran motocicletas fuera de la línea de ensamble con fallas (componentes sin el ajuste apropiado, fallas de pintura, fallas en partes y piezas), generando demoras para la compostura de los mismos, razón por la	Se debe concientizar con todos los operadores del proceso sobre las tareas que realizan, para no tener defectos contundentes en el ensamble final de la motocicleta, con lo cual los operadores de Control de Calidad pueden realizar su trabajo de una manera más eficiente

cual se dan acumulaciones de motocicletas en esta zona.	garantizando motocicletas de óptima calidad; cumplir con el procedimiento de trabajo descrito en el Anexo 17.
Se realiza las pruebas a la motocicleta con combustible en el tanque, lo que se torna peligroso y no técnico, generando eventos peligrosos en el momento de almacenaje y transporte de las mismas.	Se puede implementar un diseño de alimentación directa de combustible a la motocicleta, con lo cual no se coloca combustible en el tanque, además se ahorrará el mismo ya que solo se usará lo estrictamente necesario para las pruebas.
No se tiene las medidas adecuadas de prevención de riesgos de la salud del operador, ya que la planta no cuenta con extractores de gases de escape, y estos se quedan inmersos, generando incomodidad a todos los operadores.	Se puede implementar un sistema de extracción de gases de escape de la motocicleta, el cual iría acoplado al tubo de escape en los lugares donde se realiza las pruebas.

(Fuente: Propia)

5.2.5 OPTIMIZACIÓN - ALMACENAJE.

ALMACENAJE	
PROBLEMA ENCONTRADO	**PROPUESTA DE MEJORA**
Se encuentra muy distante de las demás zonas de trabajo, no se encuentra cubierto por lo cual las motocicletas pasan a la intemperie hasta ser trasladadas a las bodegas, existiendo demoras en el transporte.	Se puede realizar una nueva distribución física de la planta (Re- diseño), no solo en esta área, si no de todo el proceso con lo cual se optimizará todos los movimientos reduciendo distancias, tiempos y transportes.
	

(Fuente: Propia)

5.2.6 OPTIMIZACIÓN - ESTACIONES DE ENSAMBLE.

5.2.6.1 Propuesta de trabajo estandarizado.

Realizado el estudio del proceso de ensamble de la motocicleta, se procede al planteamiento de la propuesta de trabajo estandarizado.
Para desarrollar un trabajo estandarizado se procederá con el balanceo de la línea.

5.2.6.2 Balanceo de la línea de ensamble.

Para realizar el balanceo de la línea de ensamble se deben realizar los pasos explicados en el punto *2.7.1.2.2* por lo cual tenemos:

5.2.6.2.1 Diagrama de precedencia.

En el Anexo 44 se tiene las diferentes tareas, con sus respectivos tiempos y tareas predecesoras para el ensamble de las motocicletas; de aquí se obtiene el diagrama de precedencia el cual se indica en el Anexo 45.

5.2.6.2.2 Cálculo del tiempo de Ciclo.

El cálculo del tiempo de ciclo se encuentra en las tablas 4.33, 4.35 y 4.37 respectivamente para los modelos ICS-150S, GNS-150 y BROTHER 250.
En la tabla 5.2 se tiene un resumen de los tiempos de ciclo para los diferentes modelos de motocicletas.

Tabla 5.2. Tiempos de ciclo.

MODELO DE MOTOCICLETA	TIEMPO DE CICLO [h:min:seg]	EQUIVALENTE
ICS - 150S	0:09:36	0,0066
GNS - 150	0:09:36	0,0066
BROTHER - 250	0:13:43	0,0095

(Fuente: Propia)

5.2.6.2.3 Cantidad teórica de estaciones de trabajo (N_t).

Para el cálculo de la cantidad teórica de estaciones de trabajo se emplea la ecuación 2.12.

$$N_t = \frac{Suma\ de\ los\ tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{Tiempo\ de\ ciclo\ (C)}$$

La suma de los tiempos de las tareas se obtiene del Anexo 44, en la tabla 5.3 se presenta un resumen de los mismos.

Tabla 5.3. Resumen del tiempo de tareas.

MODELO DE MOTOCICLETA	TIEMPO DE TAREAS [s]	EQUIVALENTE
ICS - 150S	2429	0,0281
GNS - 150	2697	0,0312
BROTHER - 250	3762	0,0435

(Fuente: Propia)

A continuación se procede al cálculo de la cantidad teórica de estaciones de trabajo:

- **MOTOCICLETA ICS-150S.**

$$N_t = \frac{0{,}0281}{0{,}0066}$$

$$\boldsymbol{N_t = 4{,}26 \approx 5}$$

- **MOTOCICLETA GNS-150.**

$$N_t = \frac{0{,}0312}{0{,}0066}$$

$$\boldsymbol{N_t = 4{,}72 \approx 5}$$

- **ENSAMBLE MOTOCICLETA BROTHER-250.**

$$N_t = \frac{0{,}0435}{0{,}0095}$$

$$\boldsymbol{N_t = 4{,}58 \approx 5}$$

5.2.6.2.4 Regla Principal y de desempate.

- *Regla principal:* Mantener en lo posible las actividades en cada estación de trabajo como se tiene actualmente en la línea de ensamble.
- *Regla de desempate:* Escoger actividades que tengan más tareas predecesoras.

5.2.6.2.5 Asignación de Tareas a Estaciones de Trabajo.

- **MOTOCICLETA ICS-150S.**

  Ver Anexo 46.

- **MOTOCICLETA GNS-150.**

  Ver Anexo 47.

- **ENSAMBLE MOTOCICLETA BROTHER-250.**

  Ver Anexo 48.

5.2.6.2.6 Eficiencia de balanceo de la línea.

Para el cálculo de la eficiencia de balanceo de la línea se emplea la ecuación 2.13.

$$Eficiencia = \frac{Suma\ de\ los\ tiempos\ de\ las\ tareas\ (T)}{(N\acute{u}mero\ real\ de\ estaciones\ de\ trabajo\ N_t\ x\ Tiempo\ de\ ciclo\ de\ la\ estacion\ de\ trabajo\ (C))}$$

La suma de los tiempos de las tareas se encuentra en la tabla 5.3, el número de estaciones reales de trabajo para todos los modelos de motocicleta son 5, y el tiempo de ciclo de la estación de trabajo se encuentra en la tabla 5.2.

- **MOTOCICLETA ICS-150S.**

$$Eficiencia = \frac{2429\ [\mathrm{s}]}{(5\ x\ 576)[s]}\ x\ 100$$

$$\boldsymbol{Eficiencia = 84,34\ \%}$$

- **MOTOCICLETA GNS-150.**

$$Eficiencia = \frac{2697\ [\mathrm{s}]}{(5\ x\ 576)[s]}\ x\ 100$$

$$\boldsymbol{Eficiencia = 93,65\ \%}$$

- **MOTOCICLETA BROTHER-250.**

$$Eficiencia = \frac{3762\ [\mathrm{s}]}{(5\ x\ 823)[s]}\ x\ 100$$

$$\boldsymbol{Eficiencia = 91,42\%}$$

5.2.6.2.7 Gráficas de Balanceo de línea.

- **MOTOCICLETA ICS-150S.**

Tabla 5.4. Balanceo de la línea – motocicleta ICS 150S.

MOTOCICLETA ICS - 150S		
	Tiempo de Ensamble [s]	
Estación	Actual	Propuesta
1	411	571
2	300	574
3	434	573
4	706	551
5	578	160
TOTAL	2429	2429

(Fuente: Propia)

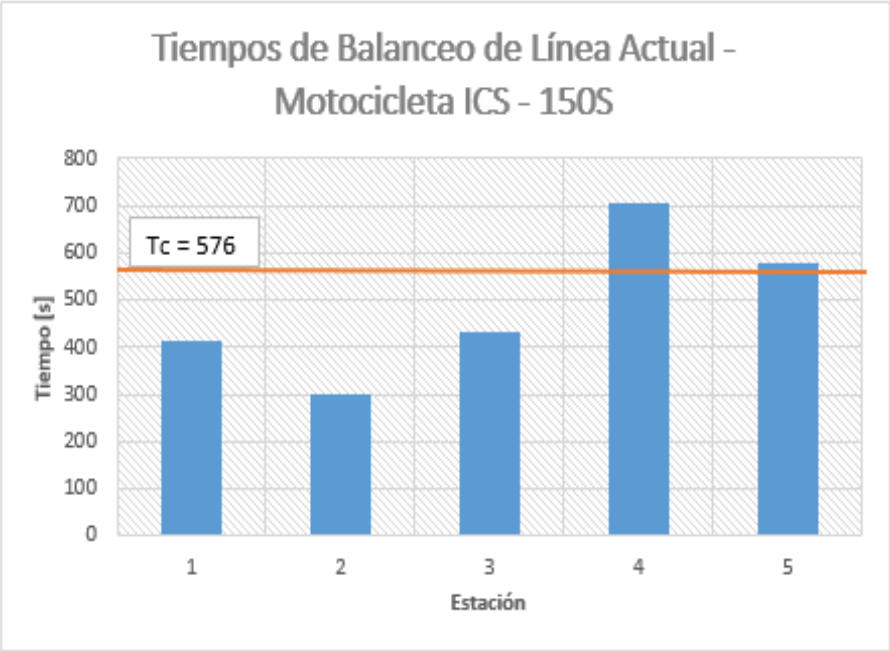


Figura 5.1: Tiempos de balanceo de la línea - Estado actual de la motocicleta ICS 150S (fuente: propia).

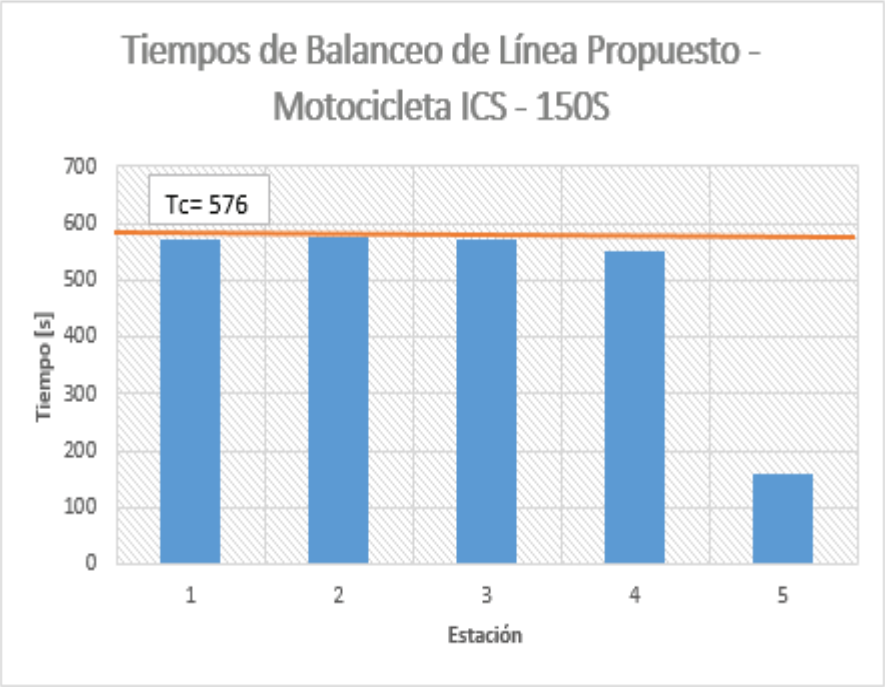


Figura 5.2: Tiempos de balanceo de la línea – Estado propuesto de la motocicleta ICS 150S (fuente: propia).

- **MOTOCICLETA GNS-150.**

Tabla 5.5. Balanceo de la línea – motocicleta GNS 150.

MOTOCICLETA GNS – 150		
	Tiempo de Ensamble [s]	
Estación	Actual	Propuesta
1	531	567
2	452	572
3	496	570
4	498	569
5	720	419
TOTAL	2697	2697

(Fuente: Propia)

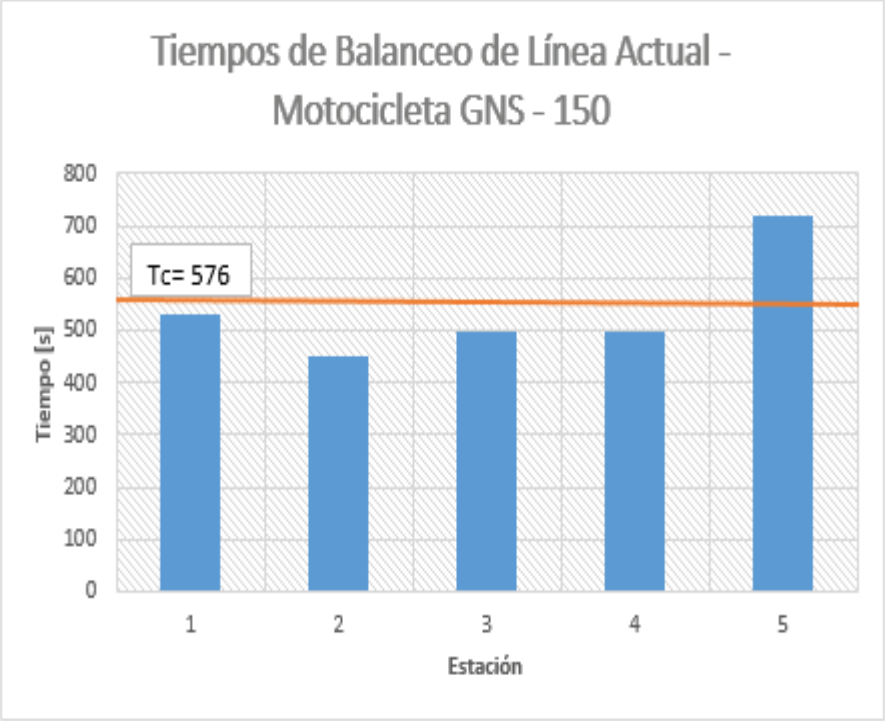


Figura 5.3: Tiempos de balanceo de la línea – Estado actual de la motocicleta GNS 150 (fuente: propia).

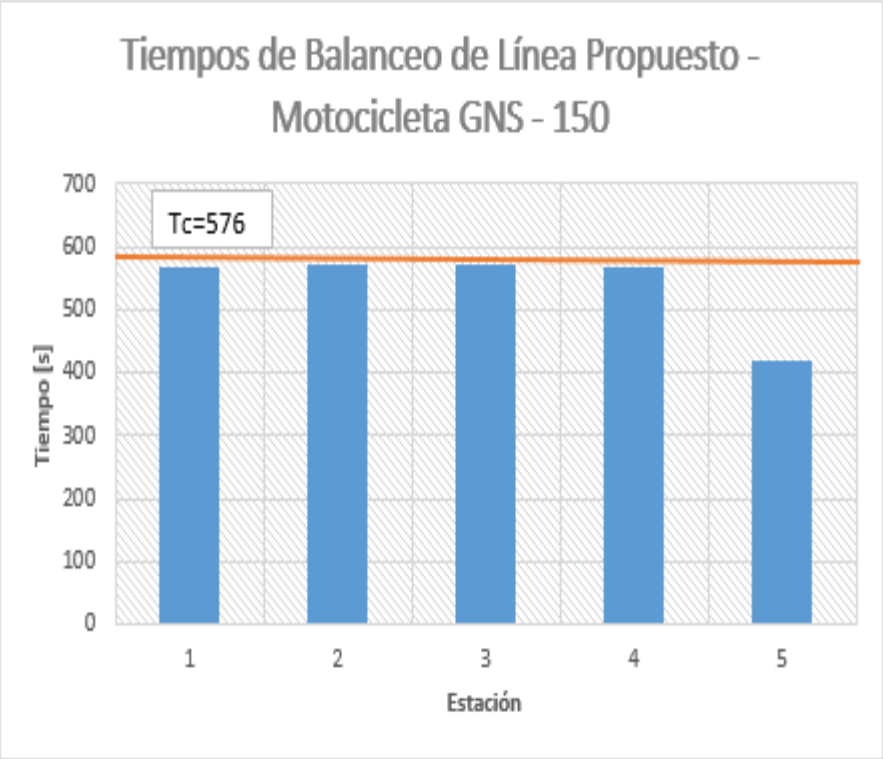


Figura 5.4: Tiempos de balanceo de la línea – Estado propuesto de la motocicleta GNS 150 (fuente: propia).

- **MOTOCICLETA BROTHER-250.**

Tabla 5.6. Balanceo de la línea – motocicleta GNS 150.

MOTOCICLETA BROTHER 250		
	Tiempo de Ensamble [s]	
Estación	Actual	Propuesta
1	678	822
2	613	821
3	743	810
4	765	823
5	963	486
TOTAL	3762	3762

(Fuente: Propia)

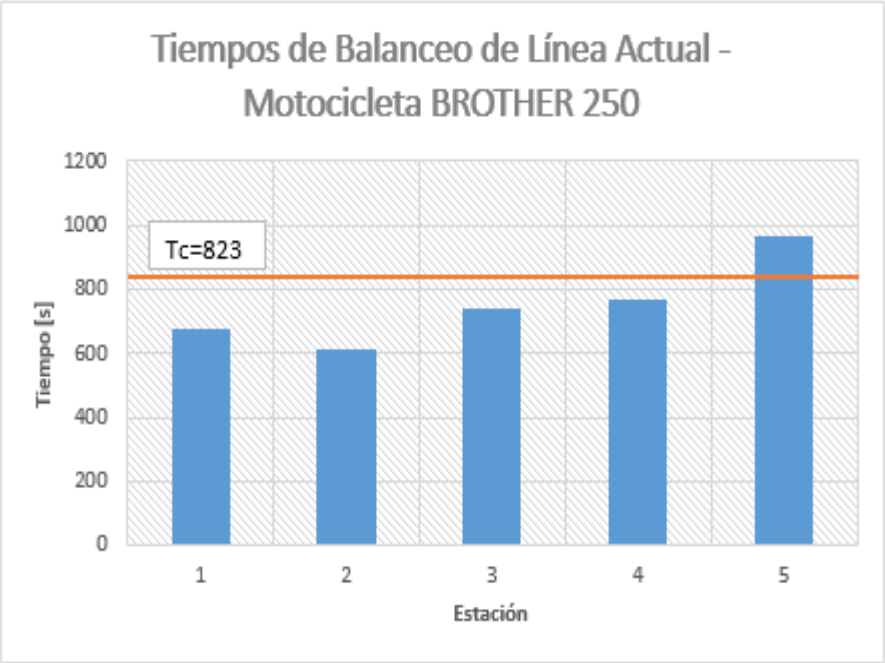


Figura 5.5: Tiempos de balanceo de la línea – Estado actual de la motocicleta BROTHER 250 (fuente: propia).

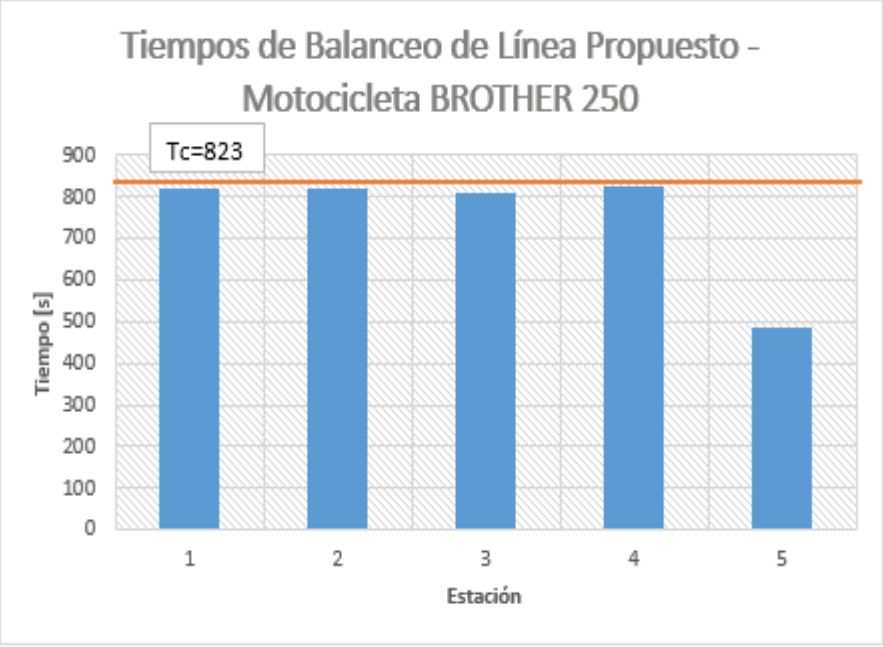


Figura 5.6: Tiempos de balanceo de la línea - Estado propuesto de la motocicleta BROTHER 250 (fuente: propia).

5.2.6.2.8 Análisis del Balanceo de Línea.

Se considerará un 10% de tolerancia dado por la empresa, en los tiempos de ensamble por estación de trabajo para todos los modelos de motocicleta. Aquí se encuentra los tiempos de preparación, de calibración de las máquinas, el tiempo necesario para las necesidades básicas de los operadores entre otros.

En las tablas 5.7, 5.8 Y 5.9, se observa los tiempos de ensamble de motocicletas según el nuevo balanceo de la línea considerando las tolerancias.

En el estudio realizado se puede observar que en las estaciones 1, 2, 3 y 4 se tienen tiempos de ensamble equivalentes, por lo cual en estas estaciones se estaría cumpliendo aproximadamente con el tiempo de ciclo establecido (con la tolerancia del 10%). En la estación 5 se observa un tiempo menor en comparación con el tiempo de ciclo establecido, razón por la cual en esta estación podría ser factible que solo se trabaje con un operador, no existiría la presencia de un cuello de botella ya que es la última estación de la línea de ensamble y no genera retraso al siguiente proceso; el tiempo sobrante para cumplir con el tiempo de ciclo, el operario de esta estación puede realizar otro tipo de tareas complementarias en la línea de ensamblaje.

- **MOTOCICLETA ICS-150S.**

Tabla 5.7. Tiempos de ensamble – Modelo ICS 150S.

Tiempos de Ensamble de Motocicleta ICS - 150S			
Estación	Sin Tolerancia	Con tolerancia 10%	Con tolerancia 10%
	[s]	[s]	[h:min:seg]
1	571	628	0:10:28
2	574	631	0:10:31
3	573	630	0:10:30
4	551	606	0:10:06
5	160	176	0:02:56
TOTAL	2429	2671	0:44:31

(Fuente: Propia)

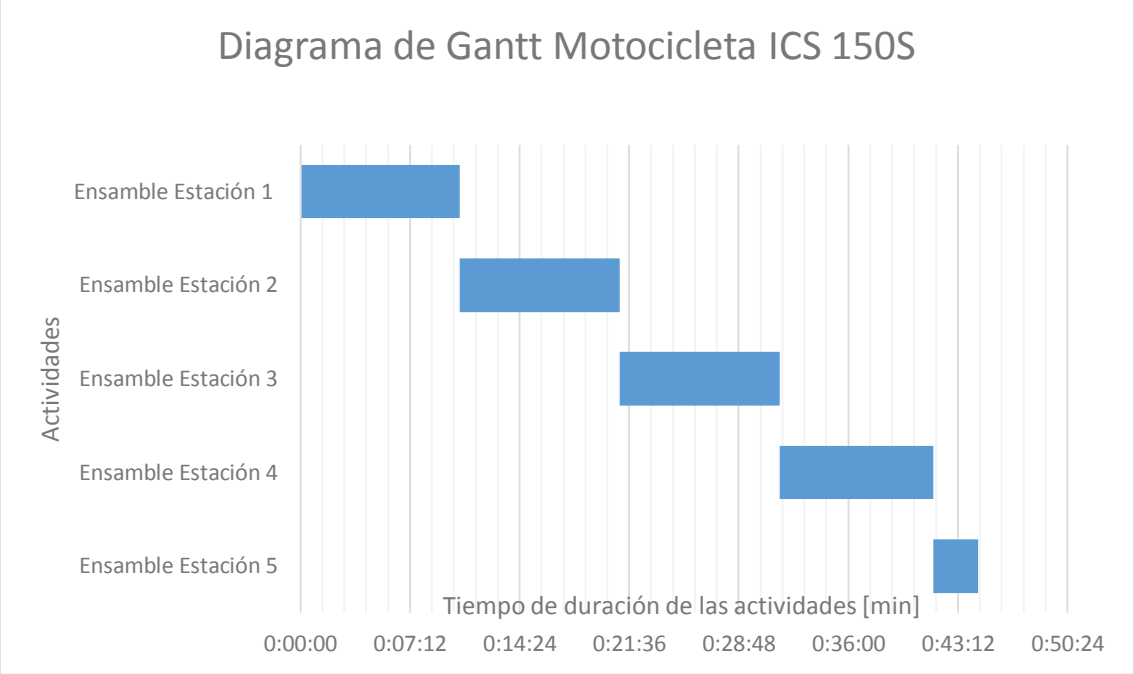


Figura 5.7: Diagrama de Gantt –Motocicleta ICS 150S (fuente: propia).

- **MOTOCICLETA GNS-150.**

Tabla 5.8. Tiempos de ensamble – Modelo GNS 150.

Tiempos de Ensamble de Motocicleta GNS - 150			
Estación	**Sin Tolerancia**	**Con tolerancia 10%**	**Con tolerancia 10%**
	[s]	**[s]**	**[h:min:seg]**
1	567	624	0:10:24
2	572	629	0:10:29
3	570	627	0:10:27
4	569	626	0:10:26
5	419	461	0:07:41
TOTAL	**2697**	**2967**	**0:49:27**

(Fuente: Propia)

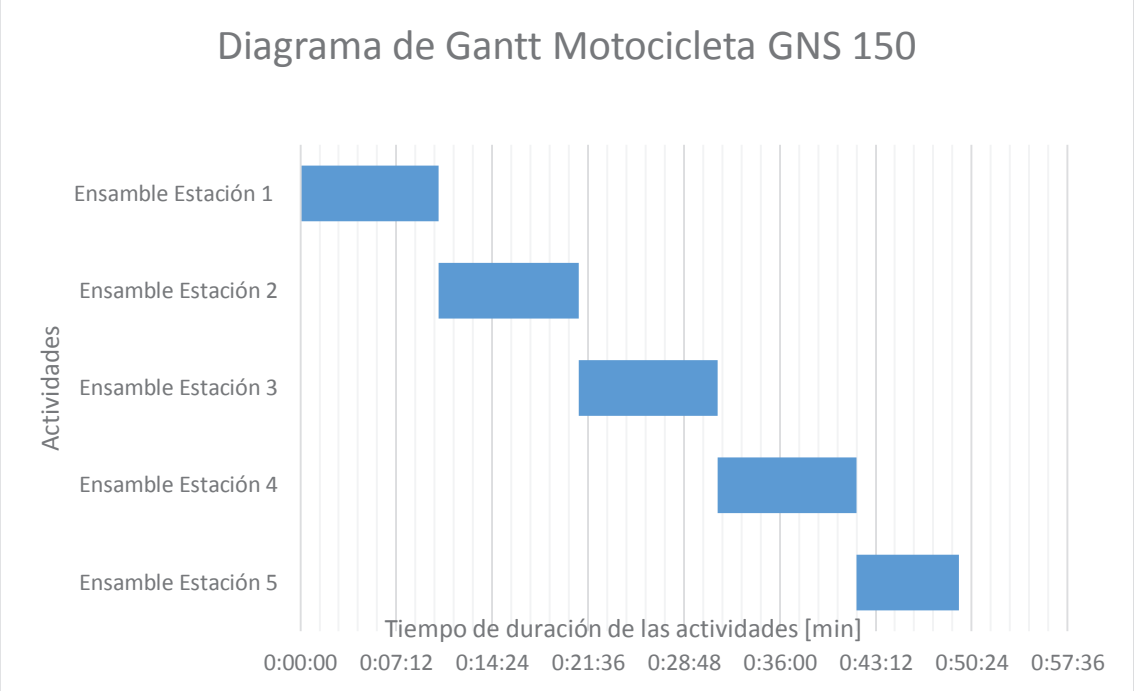


Figura 5.8: Diagrama de Gantt –Motocicleta GNS 150 (fuente: propia).

- **MOTOCICLETA BROTHER-250.**

Tabla 5.9. Tiempos de ensamble – Modelo BROTHER 250.

Tiempos de Ensamble de Motocicleta BROTHER 250			
Estación	**Sin Tolerancia**	**Con tolerancia 10%**	**Con tolerancia 10%**
	[s]	**[s]**	**[h:min:seg]**
1	822	904	0:15:04
2	821	903	0:15:03
3	810	891	0:14:51
4	823	905	0:15:05
5	486	535	0:08:55
TOTAL	**3762**	**4138**	**1:08:58**

(Fuente: Propia)

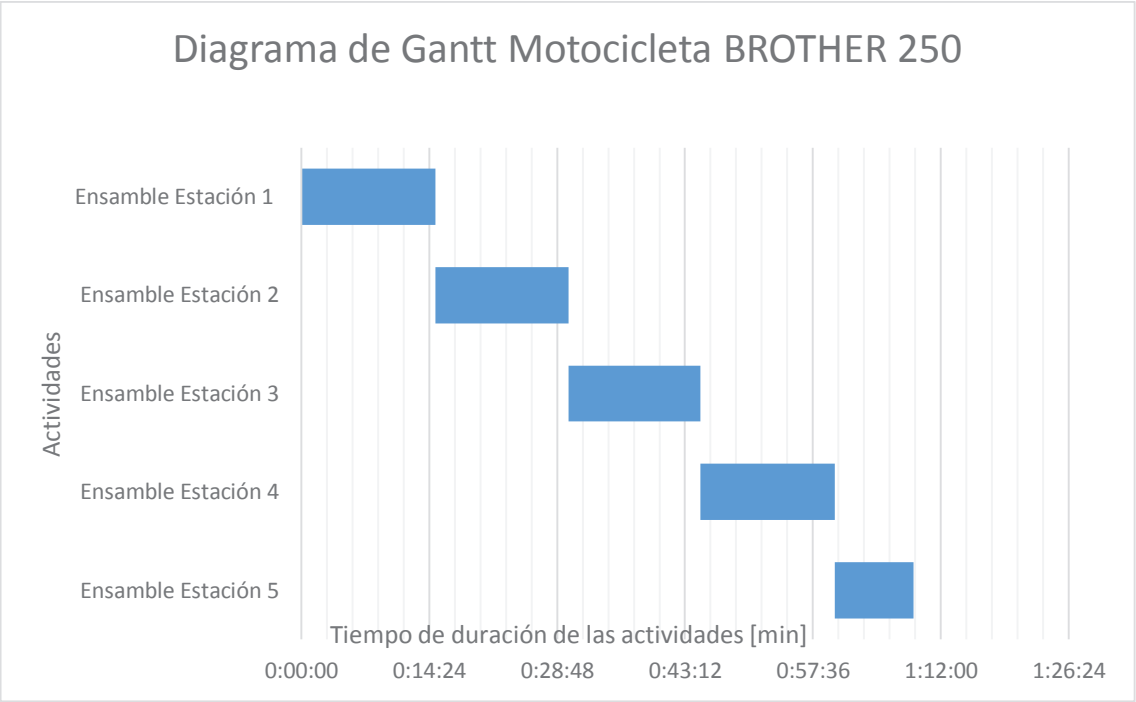


Figura 5.9: Diagrama de Gantt –Motocicleta BROTHER 250 (fuente: propia).

5.2.6.3 Cálculo de la productividad.

Para la determinación de la nueva productividad, se procederá a tomar los tiempos utilizados en el punto 4.5.1. En la tabla 5.10 se presenta un resumen de los datos necesarios para su cálculo.

Tabla 5.10.Tiempos requeridos para la determinación de la productividad.

Modelo	Tiempo de ensamble actual promedio [h:min:seg]	Tiempo de ensamble Propuesto [h:min:seg]	Total Horas - Hombre Involucradas [h:min:seg]	Total Producido Actual [u]	Total Producido Propuesto [u]
ICS - 150S	1:06:01	0:44:31	3:51:22	20	30,00
GNS - 150	1:12:48	0:49:27	3:55:08	16	24,00
BROTHER 250	1:27:03	1:08:58	3:51:07	10	13,00

(Fuente: Propia)

5.2.6.3.1 Productividad Laboral.

Para el cálculo de la productividad laboral tenemos:

$$P = \frac{Total\ Producido}{Total\ Horas - Hombre\ Involucradas}$$

Para los modelos de estudio tenemos:

- Motocicleta ICS 150S.

$$P = \frac{29{,}66\ Motocicletas}{3{:}51{:}22\ h - h}$$

$$\boldsymbol{P = 8{,}44\ \frac{Motocicletas}{h - h}}$$

- Motocicleta GNS 150.

$$P = \frac{23{,}55\ Motocicletas}{3{:}55{:}08\ h - h}$$

$$\boldsymbol{P = 6{,}63\ \frac{Motocicletas}{h - h}}$$

- Motocicleta BROTHER 250.

$$P = \frac{12{,}62\ Motocicletas}{3{:}51{:}07\ h - h}$$

$$\boldsymbol{P = 3{,}59\ \frac{Motocicletas}{h - h}}$$

5.2.6.3.2 Unidad Física del Trabajo.

Para el cálculo de la productividad por la unidad física del trabajo tenemos:

$$P = \frac{Total\ Horas - Hombre\ Involucradas}{Total\ Producido}$$

Para los modelos de estudio tenemos:

- Motocicleta ICS 150S.

$$P = \frac{3{:}51{:}22\ h - h}{29{,}66\ Motocicletas}$$

$$\boldsymbol{P = 0{,}118\ \frac{h - h}{Motocicletas}}$$

- Motocicleta GNS 150.

$$P = \frac{3{:}55{:}08\ h - h}{23{,}55\ Motocicletas}$$

$$\boldsymbol{P = 0{,}150\ \frac{h - h}{Motocicletas}}$$

- Motocicleta BROTHER 250.

$$P = \frac{3{:}51{:}07\ h - h}{12{,}62\ Motocicletas}$$

$$\boldsymbol{P = 0{,}278\ \frac{h - h}{Motocicletas}}$$

5.2.6.4 Pruebas de aprendizaje de los operarios de la línea de ensamble.

Para realizar las actividades en la línea de ensamble, los operarios deben cumplir con ciertas pruebas para verificar que su trabajo se cumpla en los tiempos programados.
Se establece que el operario llegará a un estado estable después de realizar las actividades de ensamble en aproximadamente la décima unidad.
En la tabla 2.8 se tiene varios índices de aprendizaje, de los cuales se ha escogido el de 85%, ya que el ensamble de la motocicleta se está realizando aproximadamente un 50% armado a mano y un 50% empleando maquinaria.

- **Motocicleta ICS 150S - Motocicleta GNS 150.**

Para el desempeño de las tareas de las estaciones de ensamble se espera que los operarios cumplan con el tiempo de ciclo 0:09:36 [h:min:seg], para los dos modelos de motocicleta se realiza el mismo análisis ya que cuentan con el mismo tiempo de ciclo.

Análisis:

A partir del Anexo 4 (tabla de factor de mejora de unidades), con un 85% de aprendizaje, obtenemos un factor de 0,5828; se esperaría que el tiempo al ensamblar la unidad número 10 sea igual o menor que el tiempo de ciclo por lo cual el operador puede realizar la primera operación de prueba en:

$$Tiempo\ de\ la\ primera\ Operación\ de\ Prueba = \frac{0{:}\,09{:}\,36\ [h{:}\,min{:}\,seg]}{0{,}5828}$$

$$Tiempo\ de\ la\ primera\ Operación\ de\ Prueba = \mathbf{0{:}\,16{:}\,28}\ [\boldsymbol{h{:}\,min{:}\,seg}]$$

Para elegir un operador adecuado para las estaciones de ensamble de estos modelos de motocicleta, se necesita que tenga un tiempo de la primera operación de prueba (ensamble) de **0:16:28 [h:min:seg]** o menos, para garantizar que la unidad ensamblada número 10 cumpla con el tiempo de ciclo, de esta manera se asegura que el operario que trabaje en cada estación cumpla con sus tareas asignadas en el tiempo programado.

- **Motocicleta BROTHER 250.**

Para el desempeño de las tareas de las estaciones de ensamble se espera que los operarios cumplan con el tiempo de ciclo 0:13:43 [h:min:seg].

Análisis:

Igual que en el caso de los modelos ICS – 150S y GNS 150 obtenemos:

$$Tiempo\ de\ la\ primera\ Operación\ de\ Prueba = \frac{0{:}\,13{:}\,43\ [h{:}\,min{:}\,seg]}{0{,}5828}$$

$$Tiempo\ de\ la\ primera\ Operación\ de\ Prueba = \mathbf{0}:\mathbf{23}:\mathbf{32}\ [\boldsymbol{h}:\boldsymbol{min}:\boldsymbol{seg}]$$

Para elegir un operador adecuado para las estaciones de ensamble de este modelo de motocicleta, se necesita que tenga un tiempo de la primera operación de prueba (ensamble) de **0:23:32 [h:min:seg]** o menos, para garantizar que la unidad ensamblada número 10 cumpla con el tiempo de ciclo, de esta manera se asegura que el operario que trabaje en cada estación cumpla con sus tareas asignadas en el tiempo programado.

5.3 REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA.

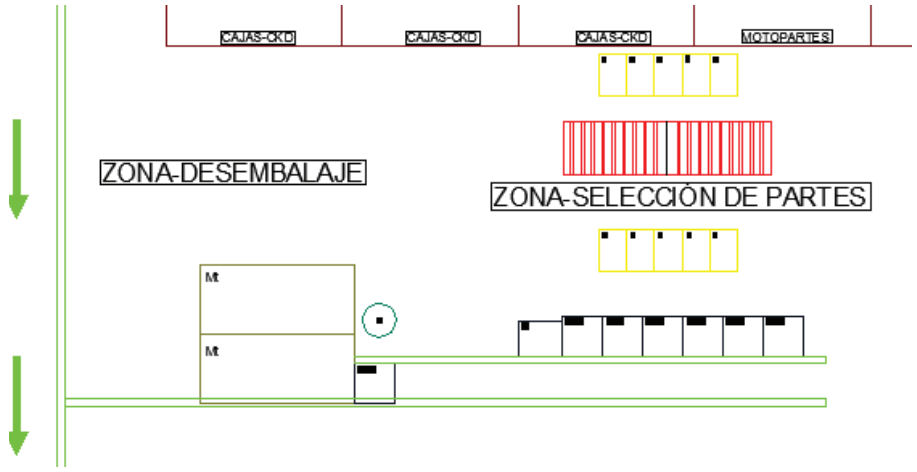
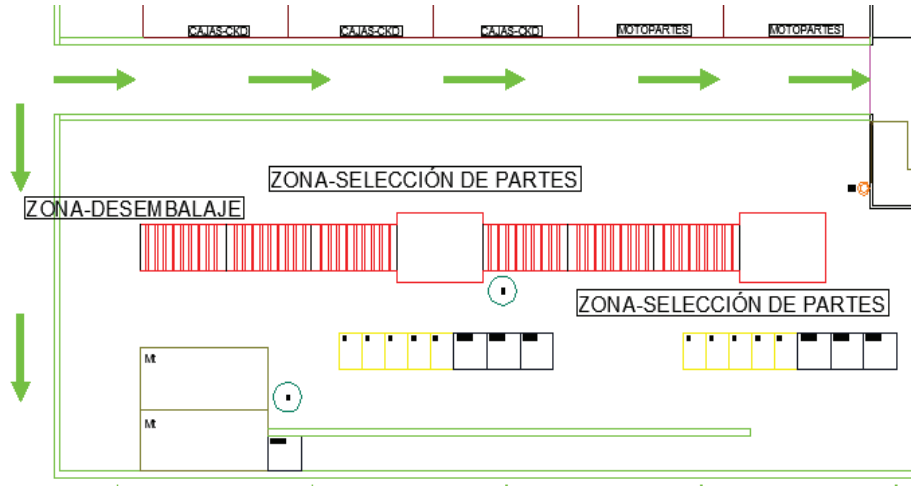
El rediseño de la distribución física de la planta es proyectado de acuerdo a las necesidades que se tiene actualmente; se modificó varias zonas considerando los menores cambios posibles, obteniendo el mayor provecho posible. La nueva distribución queda como se observa en el Layout expuesto en el Anexo 49.

Los principales cambios son los siguientes:

- **Zona de Desembalaje - Zona de Selección de Partes y Piezas.**

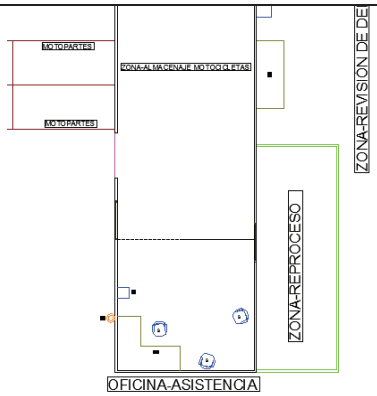
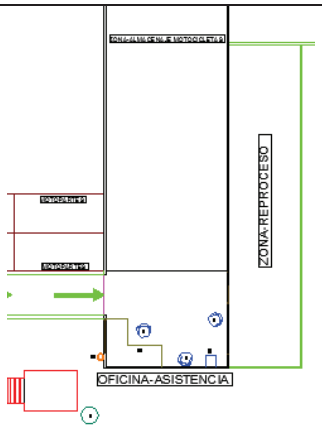
Estas dos zonas se han unido en el nuevo diseño de la planta, con esta modificación se mejorará el proceso en esta área, ya que en el diseño se provee de mesas de trabajo transportadoras con la capacidad de 3 cajas del CKD, acopladas a 1 mesa de selección de partes y piezas en la cual se seleccionará los materiales para las estaciones 1, 2, 3 , acoplada a ésta van 3 mesas de trabajo adicionales con 1 mesa más de selección de partes y piezas, en ésta se seleccionará los materiales para las estaciones 4, 5.

Con estas modificaciones el operario que transporta las cajas del CKD de la zona de Almacenaje, pondrá directamente las cajas sobre las mesas en las cuales se realizará el desempaque, realizándose de mejor manera ya que el operario encargado de realizar esta actividad no tendrá que estar sobre las cajas en posiciones inadecuadas; además se minimizará el tiempo que se tarda en realizar estas actividades.

Distribución Actual	
Distribución Modificada	

- **Oficina - Asistencia.**

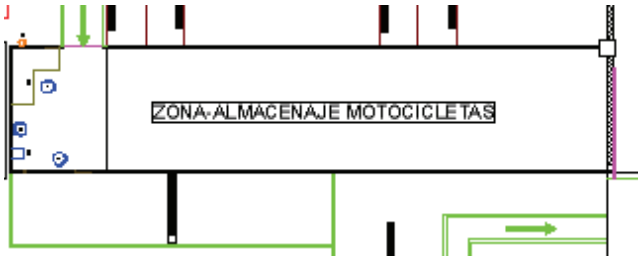
Esta zona ha sido trasladada hacia atrás (zona de almacenaje), lográndose un mayor espacio para realizar los movimientos de las zonas de selección de partes y piezas mejorando el transporte de los materiales, cumpliendo con las mismas funciones para las cuales fue diseñada.

Distribución Actual	
Distribución Modificada	

- **Zona de Almacenaje Motocicletas.**

Esta zona se ha reducido de 60,65 [m^2] a 49,37 [m^2], para poder situar la zona de oficinas - asistencia, con el nuevo espacio disponible se puede cumplir con las mismas funciones para las cuales fue diseñada.

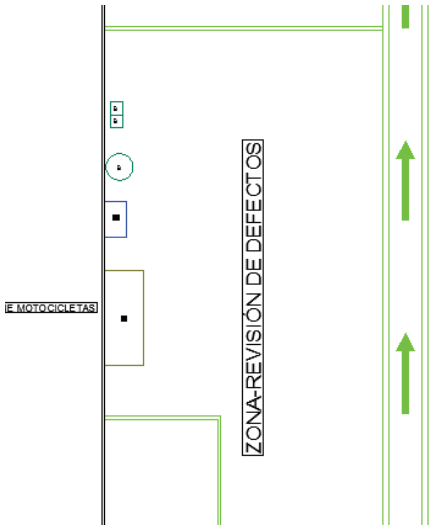
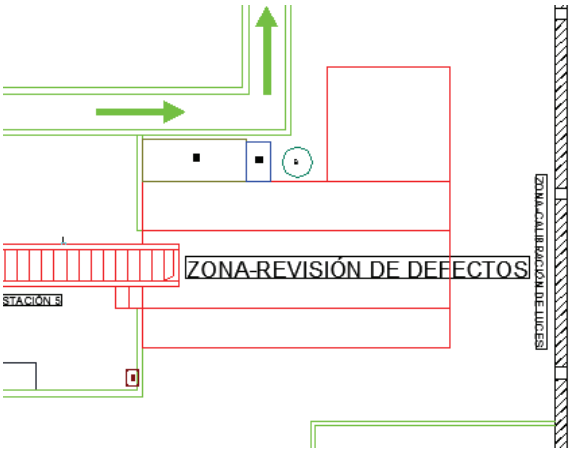
Distribución Actual	

Distribución Modificada	

- **Zona de revisión de Defectos (Control de Calidad).**

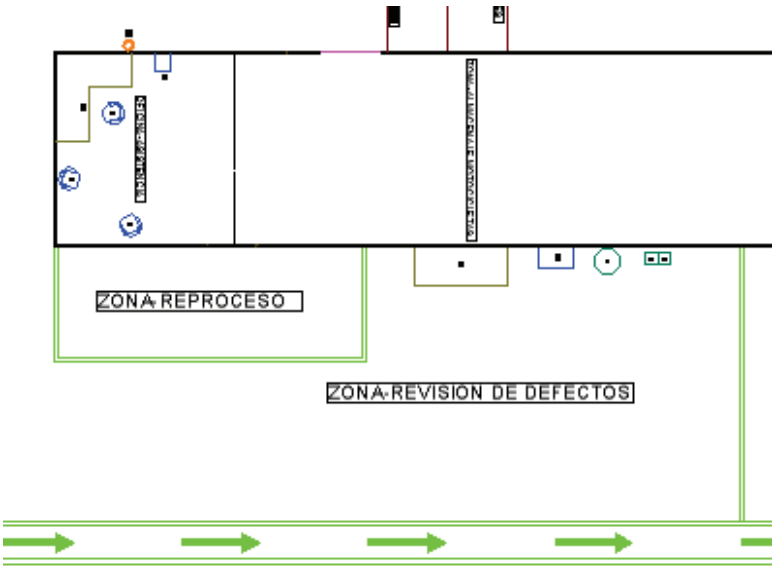
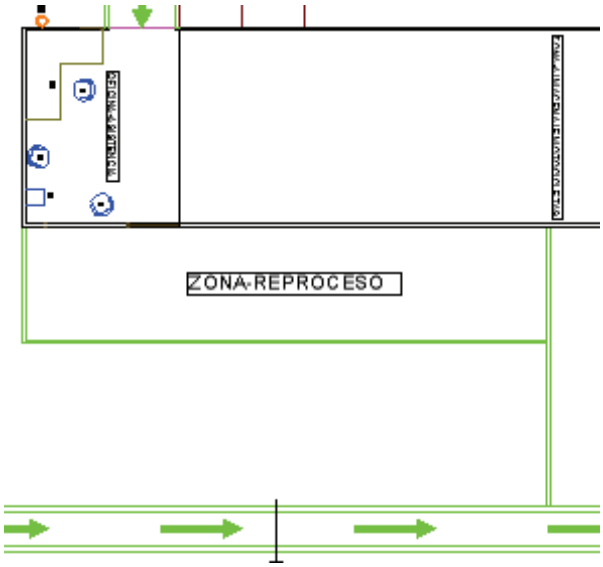
Esta zona ha sido reubicada al final de la línea de ensamble, para reducir los tiempos en el transporte de las motocicletas desde la estación 5 hasta ésta área. Es factible colocar aquí ya que el espacio disponible es suficiente para realizar las operaciones necesarias; además el diseño de esta zona es realizado sobre una estructura que estará a la misma altura de la línea de ensamble como se indica en la figura 5.10. Con el cambio se facilita las actividades y se logra un proceso continuo, realizándose el control de calidad, seguidamente la prueba de ruta y almacenamiento, con esta modificación se eliminará la acumulación de motocicletas en esta zona ya que el control de calidad se realizará a cada motocicleta inmediatamente a salida de la línea de ensamble. Se tiene esta posibilidad ya que el tiempo necesario para realizar el control de calidad es inferior al tiempo de ciclo de la línea de ensamble, esto no generaría retraso a la misma.

Figura 5.10: Propuesta para el Re-diseño – Control de Calidad
(fuente: Ensambladora AKT).

Distribución Actual	
Distribución Modificada	

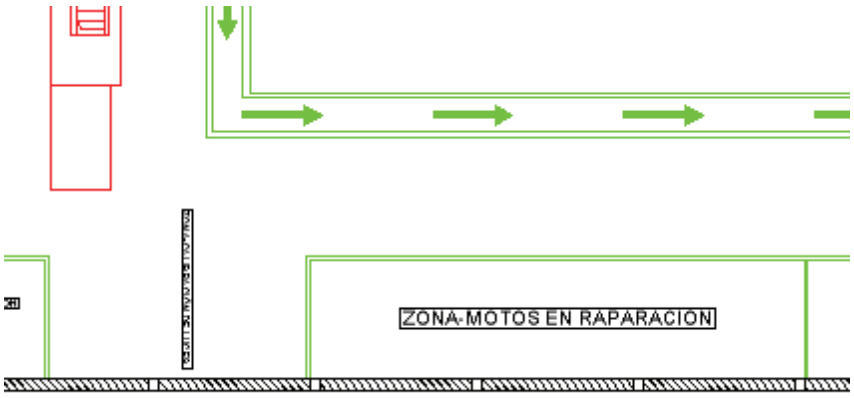
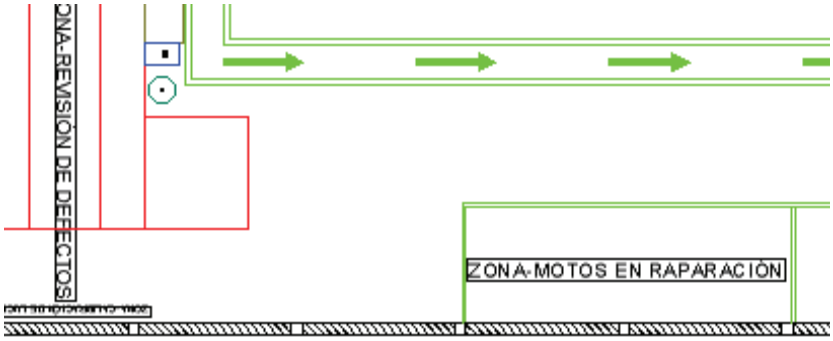
- **Zona de Reprocesos.**

Esta zona es prolongada de un área de 11,83 [m^2] a 18,52 [m^2], para utilizar el espacio que se tiene por la salida de la zona de control de calidad, esta área puede servir como apoyo cuando exista falta de capacidad en la zona de reparación de motocicletas, ya que este espacio sirve para realizar las funciones de las dos áreas.

Distribución Actual	
Distribución Modificada	

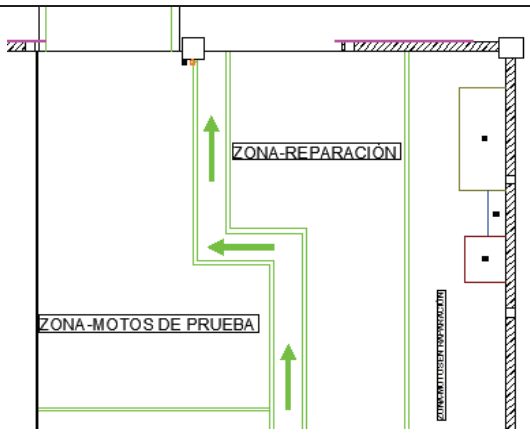
- **Zona de Motos en Reparación.**

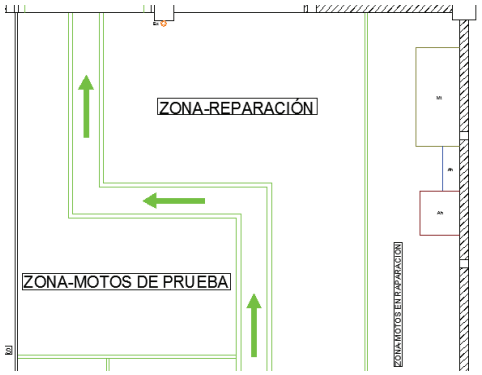
Esta zona es reducida de un área de 42,68 [m^2] a 36,16 [m^2], para dar mayor maniobrabilidad a la salida de la motocicleta de la zona de control de calidad, si existe falta de capacidad en esta área se puede usar parte de la zona de reprocesos, ya que aquí se amplió su capacidad y este espacio sirve para realizar las dos funciones.

Distribución Actual	
Distribución Modificada	

- **Motos de Prueba - Reparación Taller.**

En estas dos zonas se cambió la ruta de evacuación ya que en la distribución actual de la planta se tiene una grada a la salida de la misma, con este nuevo diseño, esta llega hacia la rampa de prueba de ruta, con lo cual no se tiene obstáculos a su salida.

Distribución Actual	

Distribución Modificada	

5.3.1 DETERMINACION DE LOS INTERVALOS DE CLASE CON LA RESPECTIVA PONDERACIÓN.

Para la determinación de los intervalos se establece el plano de bloques propuesto para la distribucion fisica de la planta como muestra la figura 5.11 y se relaciona cada zona motivo de estudio, con el fin de obtener la distancia existente entre los centroides de cada área o sección de trabajo. Esto se puede observar en la tabla 5.11.

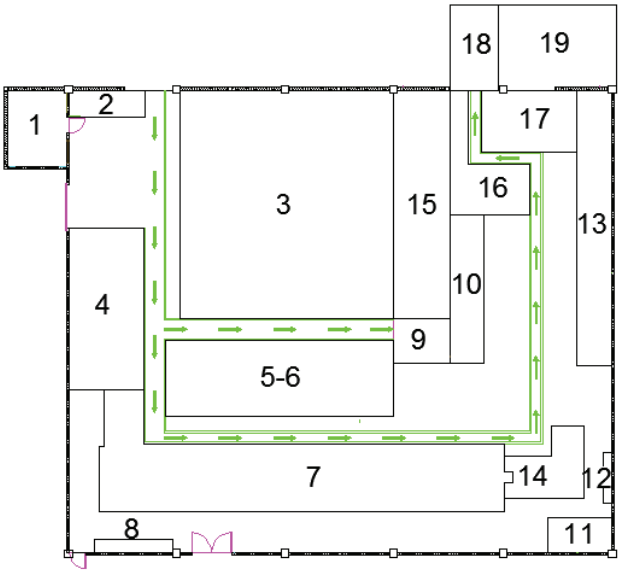


Figura 5.11: Plano de bloques propuesto - Ensambladora Motoensab S. A. (fuente: propia).

Tabla 5.11. Distancia existente entre cada zona motivo de estudio.

No.	Zona		Zona	Distancia [m]
1	4	A	5	11,22
2	5		6	0
3	5		7	7,53
4	5		14	16,9
5	6		7	7,53
6	7		9	8,73
7	7		10	12,96
8	7		14	0
9	9		14	10,78
10	10		14	12,13

(Fuente: Propia)

Establecidas las distancias, se obtiene el valor mínimo (0 m) y máximo (16,9 m) que existe entre estos valores, con lo cual se procede a realizar los siguientes cálculos:

Determinación del Rango:

$$R = 16{,}9 - 0 = \mathbf{16,9}$$

Determinación del número de clase (intervalos) de acuerdo a la regla de Sturges:

$$\#i = 1 + 3{,}322 * Log\ (n)$$

Dónde:

n : número de observaciones.

$$\#i = 1 + 3{,}322 * Log\ (10)$$

$$\#i = 4{,}32\ \approx \mathbf{4}$$

Determinación del Ancho de clase (A):

$$A = \frac{R}{\#i}$$

Por lo tanto:

$$A = \frac{16{,}9}{4} = \mathbf{4,22}$$

Posteriormente, se obtiene los diferentes intervalos con su respectivo límite inferior de clase (LIC) y límite superior de clase (LSC). Esto se puede observar en la tabla 5.12.

Tabla 5.12. Límites de clase - inferior (LIC) y superior (LSC).

LIC	LSC
0	4,22
4,23	8,45
8,46	12,68
12,69	16,9

(Fuente: Propia)

Establecidos los intervalos en los cuales van a estar nuestras distancias, se procede a la asignación de los diferentes coeficientes de ponderación como muestra la tabla 5.13.

Tabla 5.13. Asignación del coeficiente de ponderación.

LIC	LSC	Coeficiente de Ponderación [k]
0	4,22	2,5
4,23	8,45	5
8,46	12,68	7,5
12,69	16,9	10

(Fuente: Propia)

El coeficiente de ponderación es asignado con mayor importancia a las zonas que presentan mayores distancias entre sí, ya que para el respectivo análisis será más importan modificar aquellas que tengan la mayor distancia, es decir, aquellas que tengan un mayor coeficiente de ponderación.

5.3.1.1 Análisis de la nueva distribución física de las instalaciones.

Para analizar la nueva distribución física de la planta, se deberá tomar en cuenta los siguientes pasos:

a) Determinación de la Matriz de cercanía empleando los coeficientes de ponderación.

   Se emplea las distancias establecidas en la tabla 5.11, tomando en cuenta los límites de clase y el respectivo valor de ponderación descrito en la tabla 5.13. Finamente se obtiene la matriz de cercanía como muestra la tabla 5.14.

   Tabla 5.14. Matriz de cercanía – modelo propuesto.

FACTORES DE CERCANÍA								
ZONA		4	5	6	7	9	10	14
4	Almacenaje CKD	X	7,5	0	0	0	0	0
5	Desembalaje - CKD		X	2,5	5	0	0	10
6	Selección de Partes			X	5	0	0	0
7	Línea de Ensamble				X	7,5	10	2,5
9	Oficina - Asistencia					X	0	7,5
10	Reprocesos						X	7,5
14	Control de Calidad							X

(Fuente: Propia)

b) Cálculos de las distancias ponderadas.

Conocidas las distancias entre las zonas y el coeficiente de ponderación se procede a obtener la distancia ponderada con la multiplicación de éstos dos factores como se puede observar en la tabla 5.15, hay que tomar en cuenta que solo se debe presentar la lista de los pares de zonas que tienen un factor de cercanía distinto de cero.

Tabla 5.15. Distancias ponderadas – modelo propuesto.

Zona		Zona	Coeficiente de Ponderación [k]	Distancia [m]	Distancia Ponderada
4	A	5	7,5	11,22	84,15
5		6	2,5	0	0,00
5		7	5	7,53	37,65
5		14	10	16,9	169,00
6		7	5	7,53	37,65
7		9	7,5	8,73	65,48
7		10	10	12,96	129,60
7		14	2,5	0	0,00
9		14	7,5	10,78	80,85
10		14	7,5	12,13	90,98
		TOTAL		87,78	**695,35**

(Fuente: Propia)

Con el rediseño de la distribución física de la planta se obtiene una distancia ponderada total de **695,35 [m].**

5.4 GRÁFICAS DE FLUJO REDISEÑADAS.

Para la elaboración de las nuevas gráficas de flujo se tomará como base lo expuesto en los Anexos 30, 31 y 32. En éstas se modificará las operaciones necesarias, quedando corregidas para la nueva propuesta del proceso.

Cambios realizados en las nuevas gráficas de flujo:

- En las nuevas gráficas de flujo se eliminará la operación de pasar la caja de CKD a la zona de desempaque, ya que en el rediseño de la distribución física de la planta se tiene la zona de desembalaje y la zona de selección de partes y piezas unidas, por lo cual esta operación no existe en el nuevo proceso propuesto.
- En las nuevas gráficas de flujo se eliminará la inspección visual y el transporte de pasar las motocicletas a control de calidad, ya que en el nuevo proceso propuesto el control de calidad se realiza inmediatamente después de acabar el ensamble de la estación 5, por lo cual estas operaciones se pueden ejecutar directamente con las operaciones de control de calidad.
- Debido a la modificación en la zona de desembalaje y en la zona de selección de partes y piezas; se deberá aumentar una operación que cumpla con la selección de partes y piezas para las estaciones 1-2-3 y una operación para las estaciones 4-5, por estas modificaciones consecuentemente se deberá añadir de la misma manera una operación de distribución de partes y piezas en la línea de ensamble.

5.4.1 Gráfica de Flujo Rediseñada Motocicleta ICS – 150S.

Ver Anexo 50.

5.4.2 Gráfica de Flujo Rediseñada Motocicleta GNS - 150.

Ver Anexo 51.

5.4.3 Gráfica de Flujo Rediseñada Motocicleta BROTHER 250.

Ver Anexo 52.

5.5 BENEFICIOS ALCANZABLES CON EL USO DE LA PROPUESTAS DE MEJORA.

Para conocer los beneficios que se obtiene con la nueva propuesta, se calcula la mejora que se prevé, empleando la siguiente ecuación:

$$Mejora = \left| \frac{(Ritmo\ de\ Trabajo\ Actual\ - Ritmo\ de\ Trabajo\ Propuesto)}{Ritmo\ de\ Trabajo\ Actual} \right| x\ 100$$

5.5.1 BENEFICIOS - TIEMPOS DE ENSAMBLE POR ESTACIÓN.

En la tabla 5.16 se presentan para los diferentes modelos de motocicletas los valores actuales de tiempos de ensamble por estación, así como el tiempo total de ensamble, estos valores son tomados de la tabla 4.19.

Tabla 5.16. Resumen de tiempos de ensamble actuales.

Resumen tiempos de ensamble Actuales			
Motocicleta Modelo:	ICS 150S	GNS 150S	BROTHER 250
ESTACIÓN	**DURACIÓN [h:min:seg]**		
Estación 1	0:08:11	0:11:15	0:15:31
Estación 2	0:06:41	0:08:37	0:11:44
Estación 3	0:11:11	0:11:25	0:15:12
Estación 4	0:14:58	0:09:17	0:15:15
Estación 5	0:22:18	0:31:43	0:28:13
Total	**1:03:20**	**1:12:16**	**1:25:55**

(Fuente: Propia)

En la tabla 5.17 se presentan para los diferentes modelos de motocicletas los valores propuestos de tiempos de ensamble por estación, así como el tiempo total de ensamble, estos valores son tomados de las tablas 5.7, 5.8 y 5.9.

Tabla 5.17. Resumen de tiempos de ensamble propuestos.

Resumen tiempos de ensamble Propuestos			
Motocicleta Modelo:	ICS 150S	GNS 150S	BROTHER 250
ESTACIÓN	**DURACIÓN [h:min:seg]**		
Estación 1	0:10:28	0:10:24	0:15:04
Estación 2	0:10:31	0:10:29	0:15:03
Estación 3	0:10:30	0:10:27	0:14:51
Estación 4	0:10:06	0:10:26	0:15:05
Estación 5	0:02:56	0:07:41	0:08:55
Total	**0:44:31**	**0:49:27**	**1:08:58**

(Fuente: Propia)

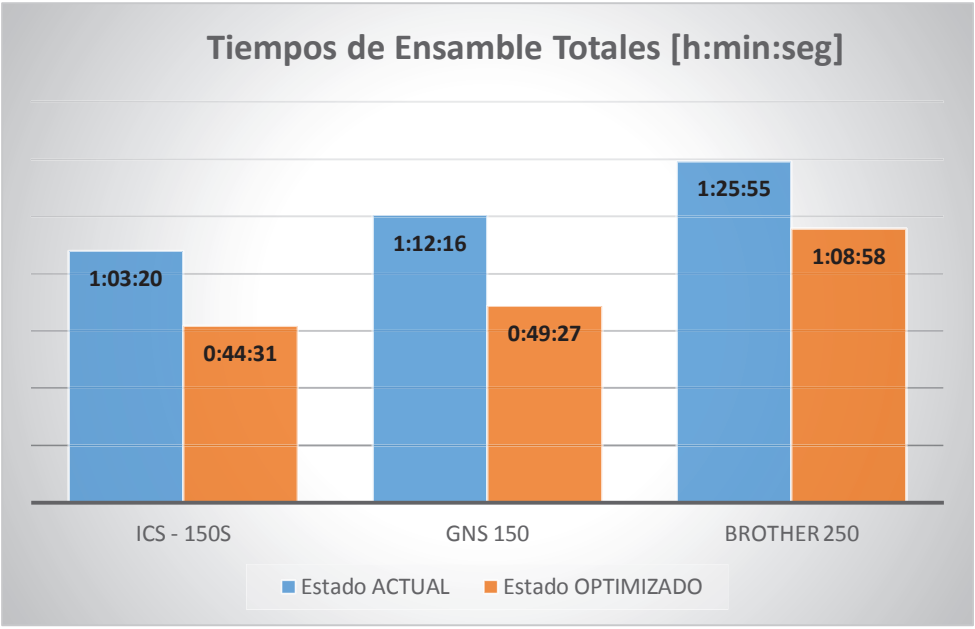


Figura 5.12: Tiempos totales de ensamble por modelo – Estado actual y optimizado (fuente: propia).

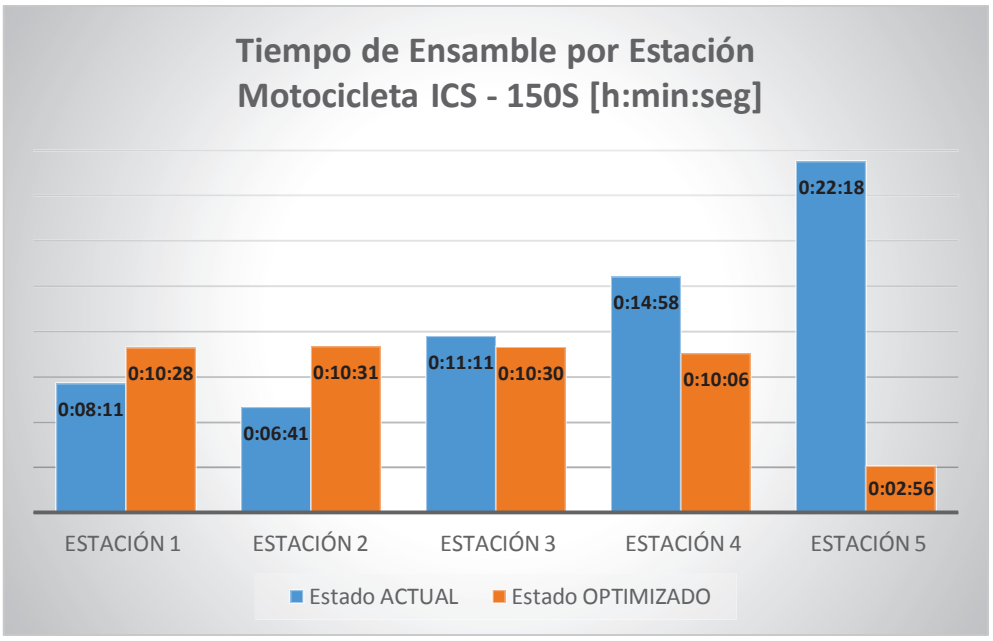


Figura 5.13: Tiempos de ensamble por estación de la Motocicleta ICS 150S - Estado actual y optimizado (fuente: propia).

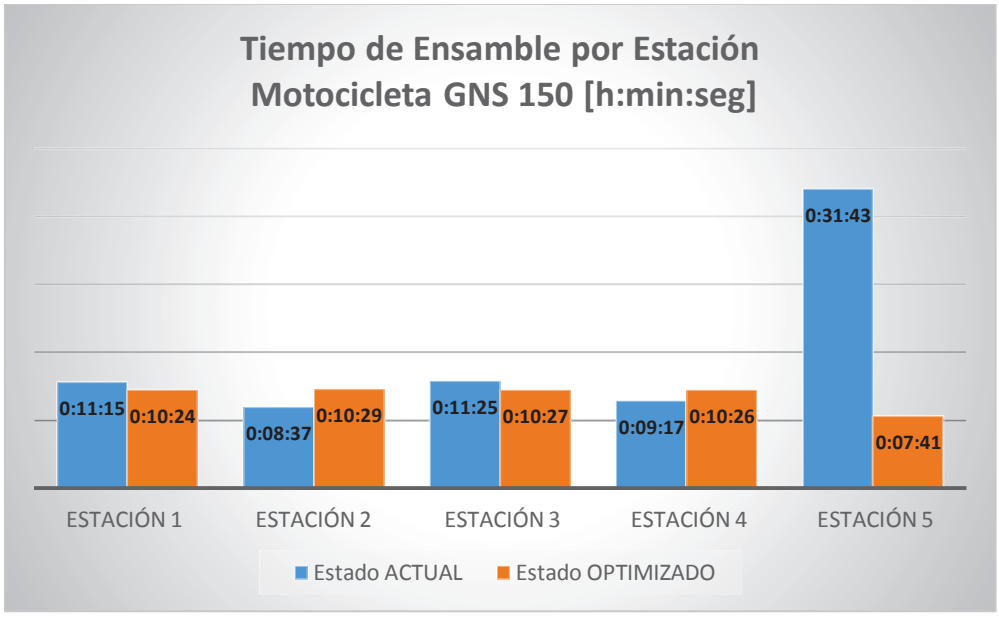


Figura 5.14: Tiempos de ensamble por estación de la Motocicleta GNS 150 - Estado actual y optimizado (fuente: propia).

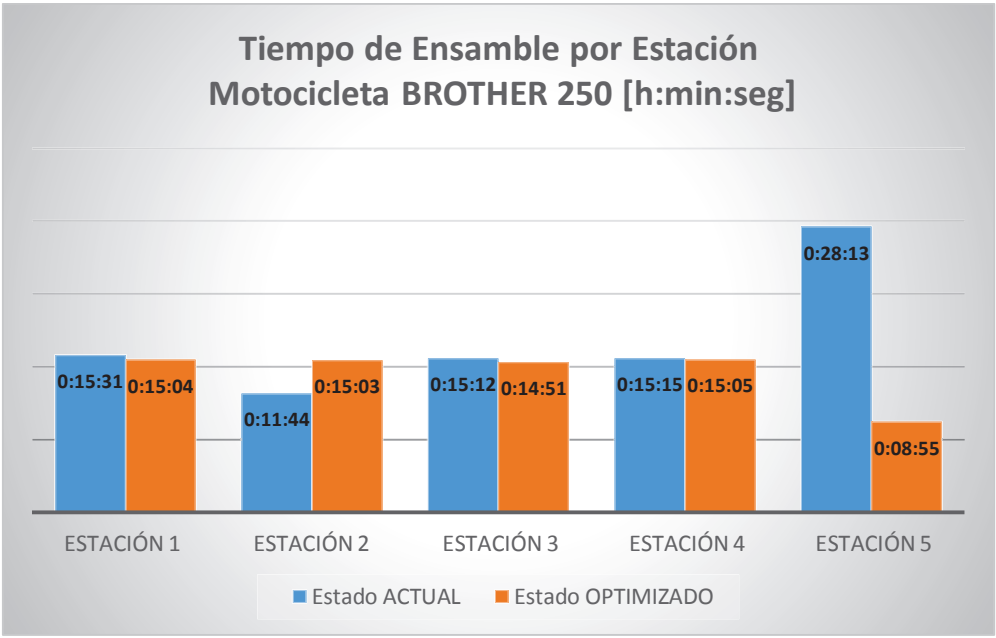


Figura 5.15: Tiempos de ensamble por estación de la Motocicleta BROTHER 250- Estado actual y optimizado (fuente: propia).

5.5.1.1 Mejora en los tiempos de ensamble totales.

- ***Mejora Motocicleta ICS – 150S.***

$$Mejora = \left|\frac{(1:03:20 - 0:44:31)}{1:03:20}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{29,71}\ \%$$

- ***Mejora Motocicleta GNS 150.***

$$Mejora = \left|\frac{(1:12:16 - 0:49:27)}{1:12:16}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{31,58}\ \%$$

- ***Mejora Motocicleta BROTHER 250.***

$$Mejora = \left|\frac{(1:25:55 - 1:08:58)}{1:25:55}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{19,73}\ \%$$

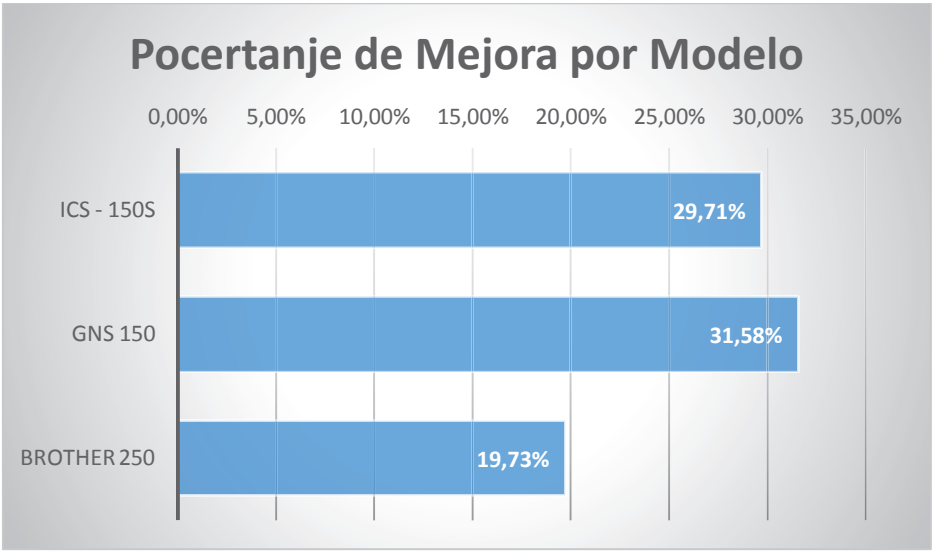


Figura 5.16: Porcentaje de mejora por modelo (fuente: propia).

5.5.1.2 Mejora por cada estación de trabajo.

En la tabla 5.18 se presentan los porcentajes de mejoras por estación, los valores negativos representan que no hubo mejora, esto se da por el nuevo balanceo de la línea de ensamble; es decir, que en estas estaciones se trabajaba por debajo del tiempo de ciclo. La mejora se puede observar en las demás estaciones en las que se tiene valores muy representativos compensando a estos, por lo que se tiene una mejora general del tiempo total de ensamble de la motocicleta.

Tabla 5.18. Mejoras por estación de ensamble.

Mejoras Por Estaciones			
ESTACIÓN	**ICS 150S**	**GNS 150S**	**BROTHER 250**
Estación 1	-27,77%	7,56%	2,91%
Estación 2	-57,45%	-21,68%	-28,27%
Estación 3	6,08%	8,41%	2,30%
Estación 4	32,54%	-12,45%	1,05%
Estación 5	86,85%	75,78%	68,41%

(Fuente: Propia)

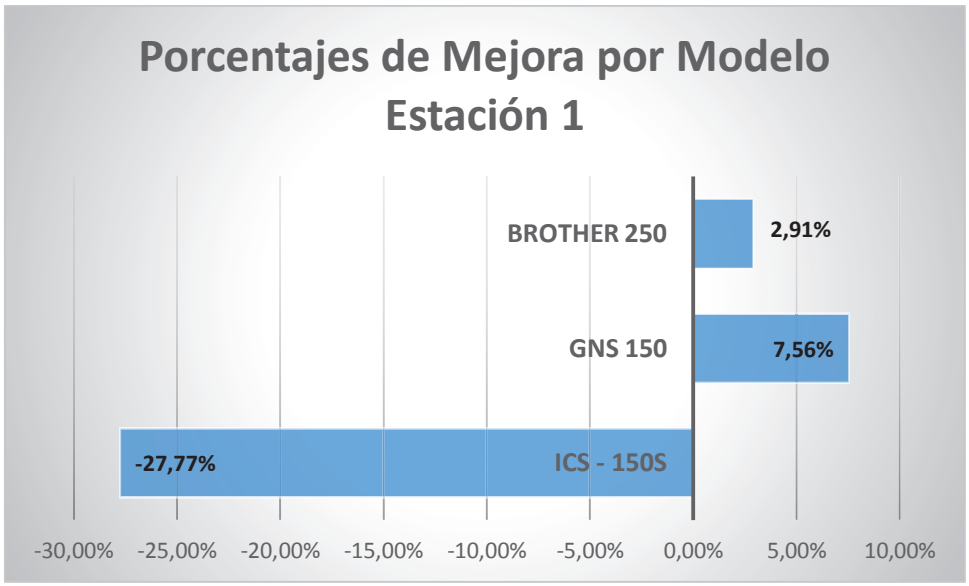


Figura 5.17: Porcentaje de mejora por modelo – Estación 1 (fuente: propia).

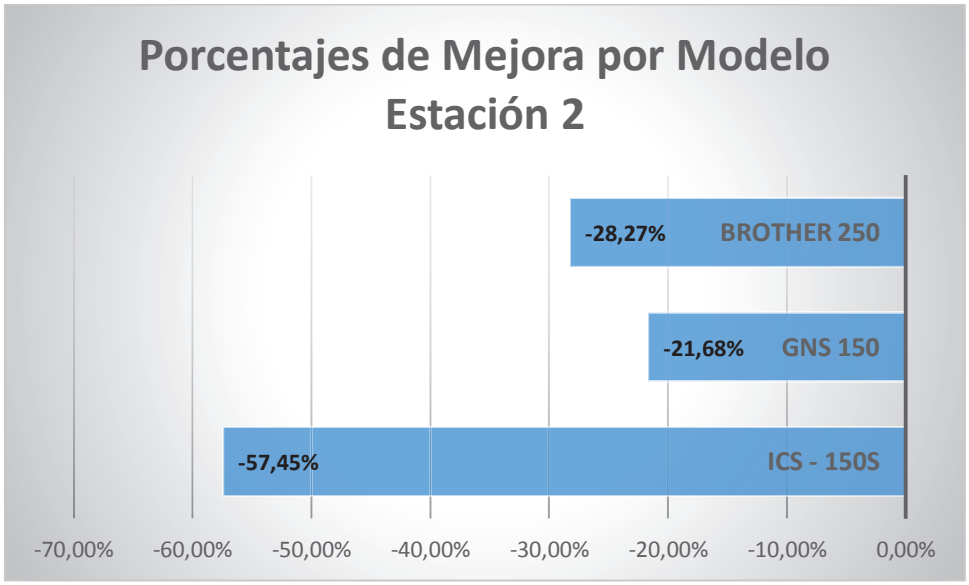


Figura 5.18: Porcentaje de mejora por modelo – Estación 2 (fuente: propia).

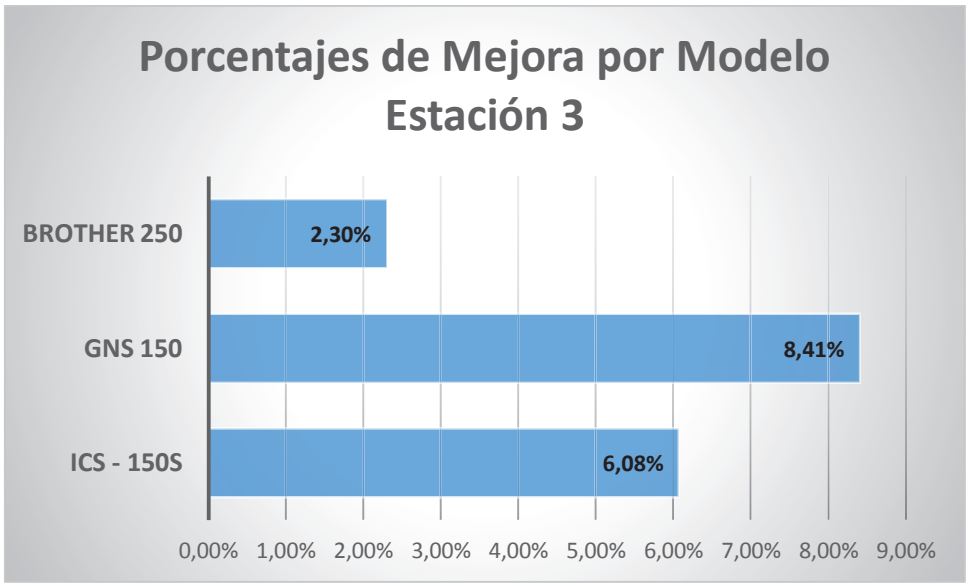


Figura 5.19: Porcentaje de mejora por modelo – Estación 3 (fuente: propia).

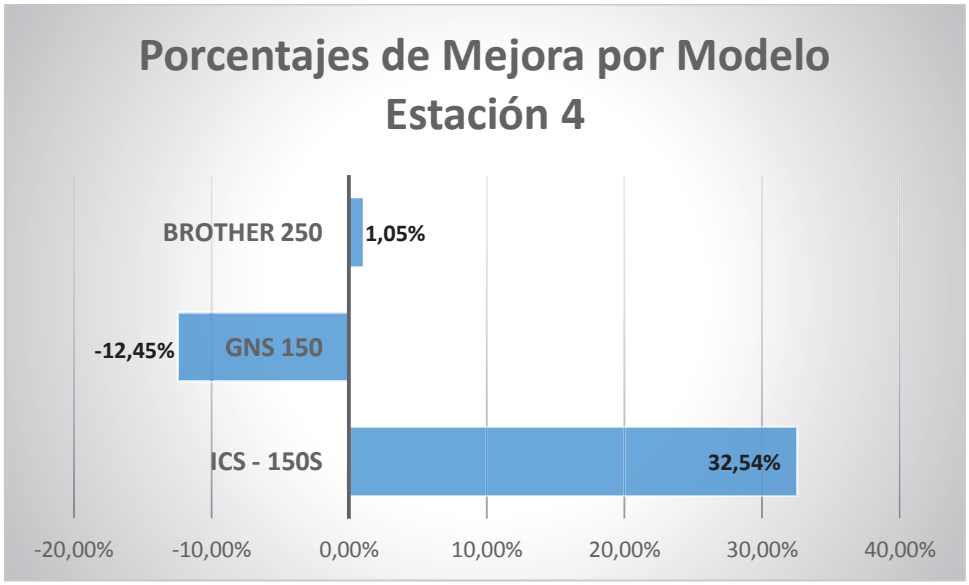


Figura 5.20: Porcentaje de mejora por modelo – Estación 4 (fuente: propia).

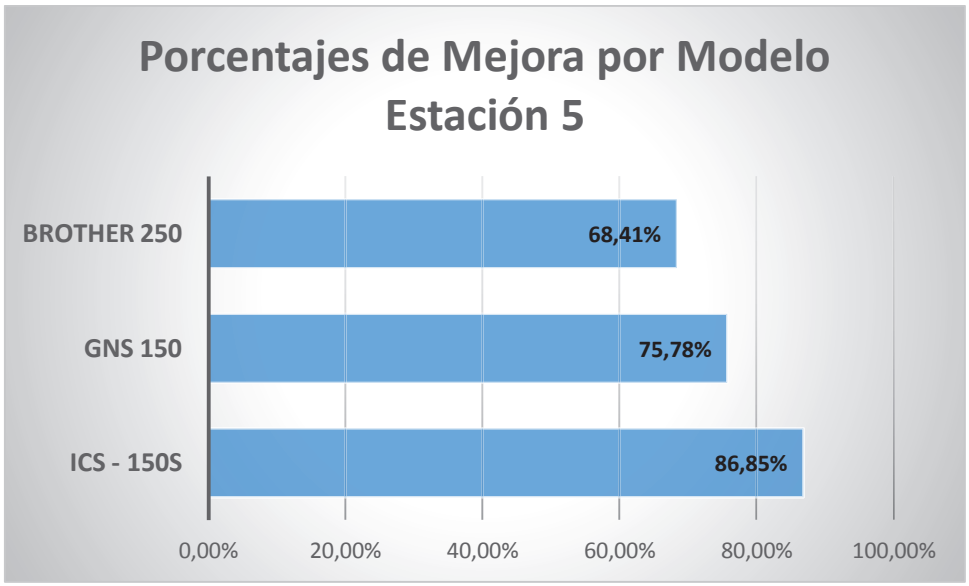


Figura 5.21: Porcentaje de mejora por modelo – Estación 5 (fuente: propia).

5.5.2 BENEFICIOS - PRODUCTIVIDAD.

5.5.2.1 Productividad Laboral.

En la tabla 5.19, se presenta un resumen de los valores obtenidos de productividad laboral para el proceso actual como para el proceso optimizado.

Tabla 5.19. Resumen de la productividad laboral.

PRODUCTIVIDAD LABORAL [Motocicletas / h - h]		
Modelo	**Estado ACTUAL**	**Estado OPTIMIZADO**
ICS - 150S	5,7	8,44
GNS 150	4,51	6,63
BROTHER 250	2,85	3,59

(Fuente: Propia)

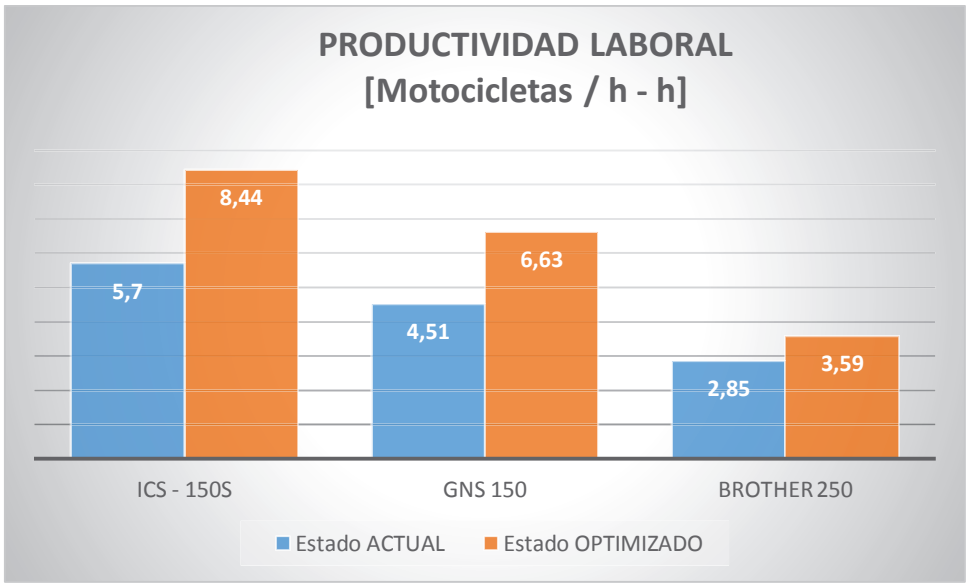


Figura 5.22: Productividad Laboral - Estado actual y optimizado (fuente: propia).

- ***Mejora Motocicleta ICS – 150S.***

$$Mejora = \left|\frac{(5{,}7 - 8{,}44)}{5{,}7}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{48{,}07}\ \%$$

- ***Mejora Motocicleta GNS 150.***

$$Mejora = \left|\frac{(4{,}51 - 6{,}63)}{4{,}51}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{47}\ \%$$

- ***Mejora Motocicleta BROTHER 250.***

$$Mejora = \left|\frac{(2{,}85 - 3{,}59)}{2{,}85}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{25{,}96}\ \%$$

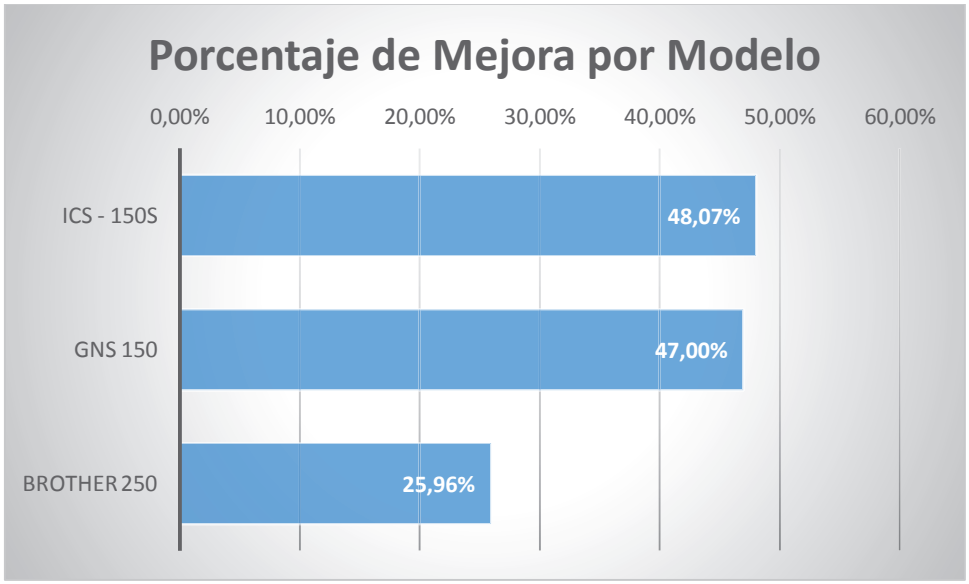


Figura 5.23: Porcentaje de mejora por modelo – Productivad laboral (fuente: propia).

5.5.2.2 Unidad física del Trabajo.

En la Tabla 5.20, se presenta un resumen de los valores obtenidos de la Unidad Física del Trabajo para el proceso actual como para el proceso optimizado.

Tabla 5.20. Resumen de la unidad física del trabajo.

UNIDAD FÍSICA DEL TRABAJO [h - h / Motocicletas]		
Modelo	**Estado ACTUAL**	**Estado OPTIMIZADO**
ICS - 150S	0,176	0,118
GNS 150	0,222	0,150
BROTHER 250	0,351	0,278

(Fuente: Propia)

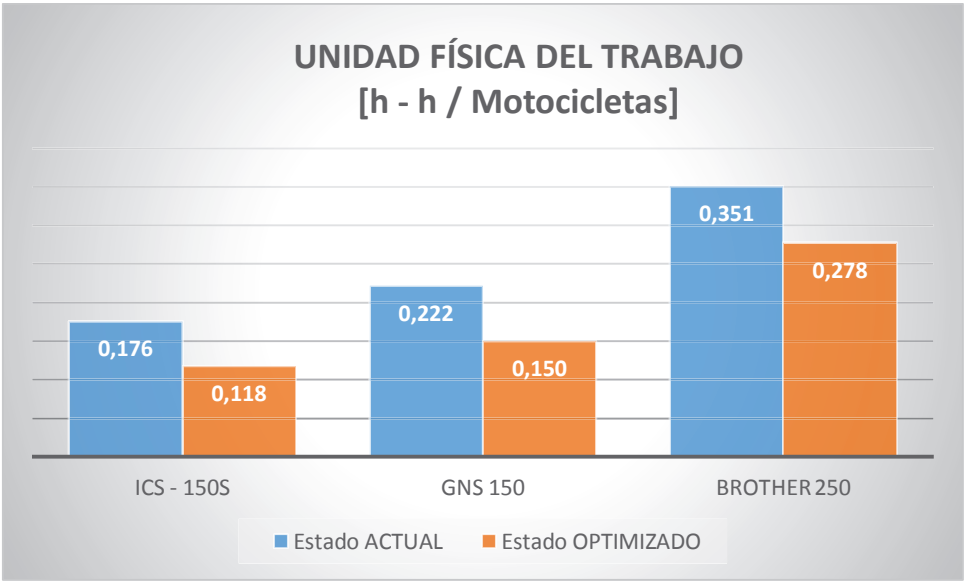


Figura 5.24: Unidad física del trabajo - Estado actual y optimizado (fuente: propia).

- ***Mejora Motocicleta ICS – 150S.***

$$Mejora = \left|\frac{(0{,}176 - 0{,}118)}{0{,}176}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{32{,}95}\ \%$$

- ***Mejora Motocicleta GNS 150.***

$$Mejora = \left|\frac{(0{,}222 - 0{,}150)}{0{,}222}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{32{,}43}\%$$

- ***Mejora Motocicleta BROTHER 250.***

$$Mejora = \left|\frac{(0{,}351 - 0{,}278)}{0{,}351}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{20{,}80}\ \%$$

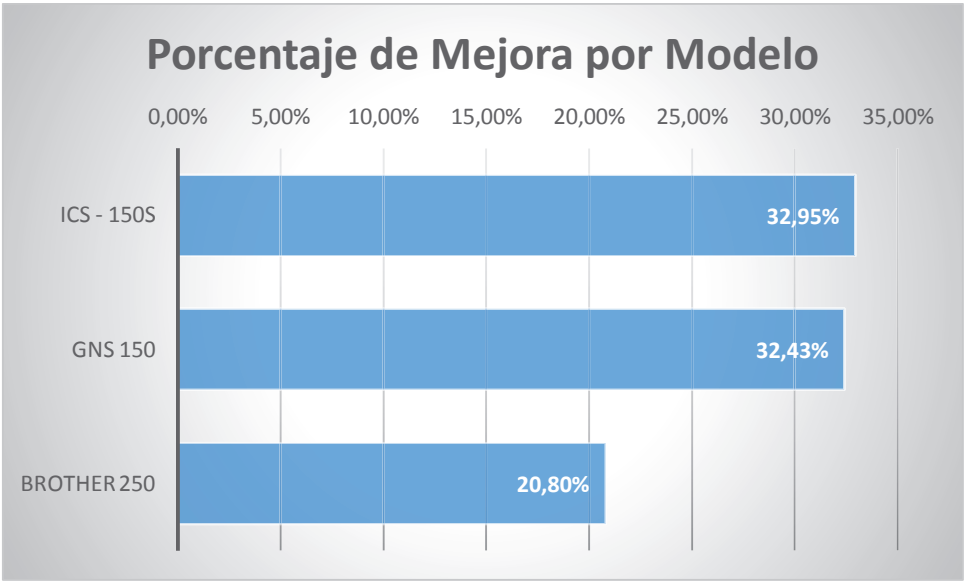


Figura 5.25: Porcentaje de mejora por modelo – Unidad física de trabajo (fuente: propia).

5.5.3 BENEFICIOS - DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA.

En la tabla 5.21, se presentan las distancias ponderadas de la situación actual y la alternativa de mejora (propuesta) de la distribución física de la planta. Estos valores son tomados de la tabla 4.44 (estado actual) y tabla 5.15 (propuesta de mejora).

Tabla 5.21.Distancias ponderadas – Estado actual y alternativa de mejora.

Distancias Ponderadas [m]					
No	Zona		Zona	ACTUAL	PROPUESTA
1	4	A	5	18,83	84,15
2	5		6	16,58	0
3	5		7	56,10	37,65
4	5		14	180,00	169
5	6		7	17,68	37,65
6	7		9	15,43	65,48
7	7		10	22,23	129,6
8	7		14	110,70	0
9	9		14	21,48	80,85
10	10		14	16,13	90,98
TOTAL				475,13	695,35

(Fuente: Propia)

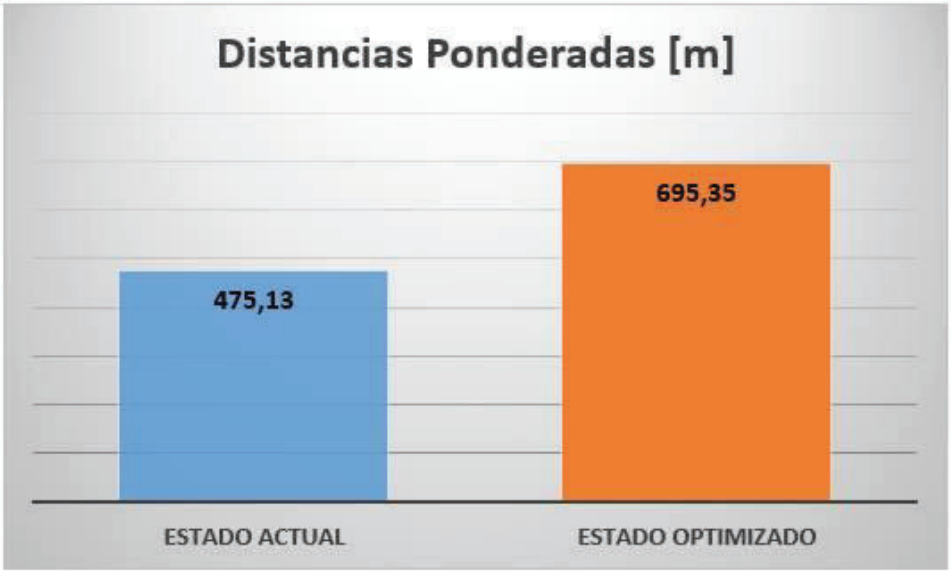


Figura 5.26: Distancias ponderadas – Estado actual y optimizado (fuente: propia).

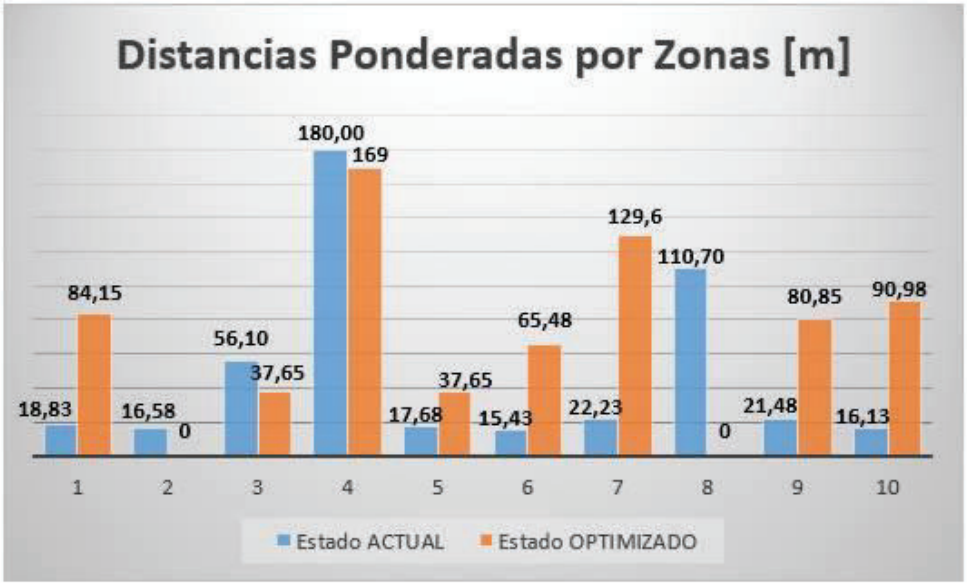


Figura 5.27: Distancias ponderadas por zona de trabajo - Estado actual y optimizado (fuente: propia).

- ***Mejora de la distribución Física de la Planta.***

$$Mejora = \left|\frac{(475{,}13 - 695{,}35)}{475{,}13}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{46{,}35}\ \%$$

5.5.4 BENEFICIOS - GRÁFICAS DE FLUJO.

En la tabla 5.22 se presenta el extracto del estado actual de las Gráficas de Flujo, estos valores son tomados de los resúmenes de estas gráficas, que se encuentran en los Anexos 30, 31 y 32.

Tabla 5.22. Extracto del estado actual de las gráficas de flujo.

ESTADO ACTUAL				Tiempo [h:min:seg]		
Actividad		Núm. De pasos	Distancia [m]	MODELO ICS - 150S	MODELO GNS 150	MODELO BROTHER 250
	Operación	11	NA	1:11:37	1:20:36	1:34:26
	Transporte	3	101	0:15:24	0:15:24	0:15:24
	Inspección	2	NA	0:06:19	0:06:31	0:06:27
	Retraso	NA	NA	NA	NA	NA
	Almacenamiento	2	NA	0:01:15	0:01:14	0:01:14

(Fuente: Propia)

En la tabla 5.23 se presenta el extracto del estado propuesto de las Gráficas de Flujo, estos valores son tomados de los resúmenes de estas gráficas, que se encuentran en los Anexos 50, 51 y 52.

Tabla 5.23. Extracto del estado propuesto de las gráficas de flujo.

ESTADO PROPUESTO				Tiempo [h:min:seg]		
Actividad		Núm. De pasos	Distancia [m]	MODELO ICS - 150S	MODELO GNS 150	MODELO BROTHER 250
	Operación	11	NA	0:52:49	0:57:48	1:17:29
	Transporte	3	79,7	0:13:53	0:13:53	0:13:53
	Inspección	1	NA	0:06:24	0:06:37	0:06:33
	Retraso	NA	NA	NA	NA	NA
	Almacenamiento	2	NA	0:01:15	0:01:14	0:01:14

(Fuente: Propia)

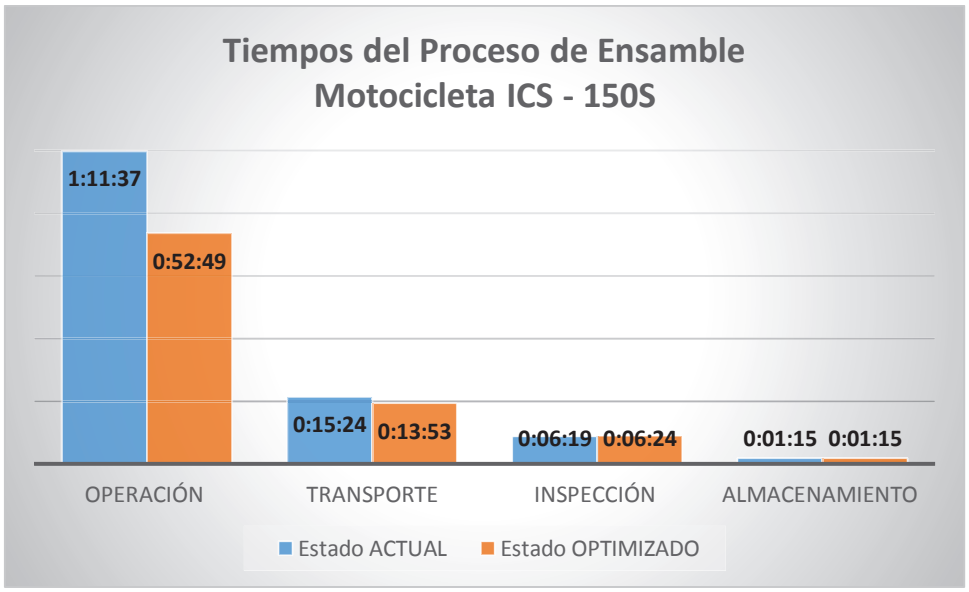


Figura 5.28: Tiempos del proceso de ensamble en el estado actual y optimizado – Motocicleta ICS 150S (fuente: propia).

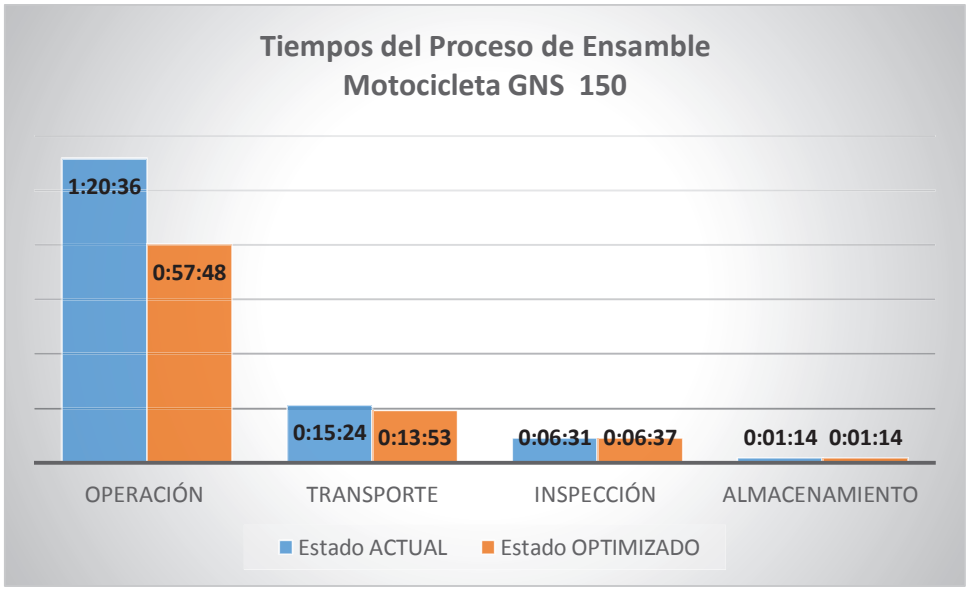


Figura 5.29: Tiempos del proceso de ensamble en el estado actual y optimizado – Motocicleta GNS 150 (fuente: propia).

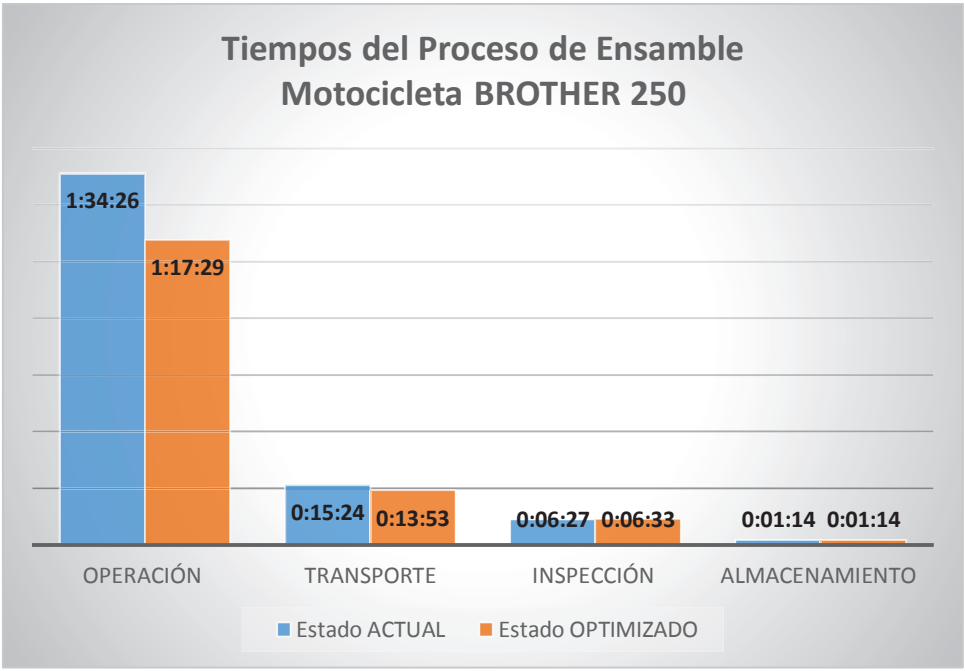


Figura 5.30: Tiempos del proceso de ensamble en el estado actual y optimizado – Motocicleta BROTHER 250 (fuente: propia).

5.5.4.1 Mejoras obtenidas en las gráficas de flujo.

Se presentará únicamente las mejoras de operaciones y transporte ya que se tiene tiempos considerables, para la inspección y almacenamiento no se tiene grandes variaciones de tiempos debido a que su mejora será mínima o incluso nula, por lo cual no será calculadas.

Para el cálculo de la mejora de transporte solo se presentan un valor ya que estos tiempos son los mismos para todos los modelos de motocicletas.

- **Mejora en el Transporte (Tiempo).**

$$Mejora = \left|\frac{(0:15:24 - 0:13:53)}{0:15:24}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{9,8}\ \%$$

- **Mejora en las Operaciones.**

  - **Motocicleta ICS – 150S.**

$$Mejora = \left|\frac{(1:11:37 - 0:52:49)}{1:11:37}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{26,3}\ \%$$

  - **Motocicleta GNS 150**

$$Mejora = \left|\frac{(1:20:36 - 0:57:48)}{1:20:36}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{28,3}\ \%$$

  - ***Motocicleta BROTHER 250.***

$$Mejora = \left|\frac{(1:34:26 - 1:17:29)}{1:34:26}\right| x\ 100$$

$$Mejora = \mathbf{17,9}\ \%$$

CAPÍTULO VI

SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENSAMBLE DE LA MOTOCICLETA

6.1 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN.

La simulación es la recreación de uno o varios procesos mediante la elaboración de modelos que trascienden de un desarrollo, permitiendo realizar una representación para analizar y estudiar situaciones que se asemejen a las reales, y posteriormente obtener información acerca del comportamiento del sistema.

Se modela y se simula un sistema para visualizar la estructura y la interacción de sus elementos; con el fin de crear, planificar, controlar y predecir el comportamiento de varios escenarios con la finalidad de obtener soluciones alternativas para un futuro más sustentable.[89]

6.2 SELECCIÓN DEL PROGRAMA.[90]

Existen diversos tipos de paquetes computacionales para la simulación de procesos industriales, de los cuales se puede citar los siguientes: BPM (Gestor de procesos de negocios) es una herramienta tecnológica utilizada para el diseño, representación, control y análisis de procesos operacionales. SIMULIA®, realiza un cálculo mediante elementos finitos para posteriormente determinar el ciclo de vida que tendrá el producto o proceso. SIMIO, crea simulaciones mediante eventos discretos basándose en objetos y procesos. FLEXSIM, permite realizar un modelado virtual de todo un proceso de producción, obtenido excelentes resultados.

Es por ello que se escogió el programa FLEXSIM debido a la versatilidad y sencillez que comprende su aplicación.

---

[89] *"La simulación con Flexsim"* (2013) [versión electrónica]. Recuperado el 26 de Octubre de 2015, de: http://www.redalyc.org/pdf/614/61428315005.pdf

[90] *"Análisis y simulación en ingeniería"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 30 de Octubre de 2015, de: http://www.3dcadportal.com/3d-software/cae/

6.3 INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM.[91]

FLEXSIM, a diferencia del resto de programas, permite simular eventos discretos, continuos y mixtos; es considerada como la herramienta más completa ya que se puede modelar, analizar, visualizar y optimizar procesos. La construcción de modelos se las realiza directamente en 3D ofreciendo una alta precisión en los resultados, mostrándolos de forma simultánea con el modelado.

6.3.1 VENTAJAS DE LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM.

- FLEXSIM está orientado a objetos, obteniendo de esta manera, una mejor visualización en lo referente al flujo de producción.
- El poder modelar en un ambiente tridimensional, permite abordar escenarios con un mayor grado de dificultad.
- El software interactúa con otros paquetes de diseño como lo es: AutoCAD, Solid Works, Catia, ProE; accediendo a la importación de ciertos tipos de objetos que serán empleados en la simulación.
- Se puede simular sistemas discretos al igual que modelos combinados (continuo-discreto).
- Los resultados obtenidos de las distribuciones de probabilidad, pueden ser representados mediante valores que se asemejan a la realidad; para finalmente con el uso de gráficas, observar los reportes de la producción.

6.3.2 DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM.

- Se debe emplear un tiempo considerable para que un modelo sea desarrollado y simulado correctamente.
- Carece de un tutorial educativo, razón por la cual se desconoce de ciertas características que tiene el programa.
- Se requiere de personal capacitado, motivo por el cual su costo también es representativo.

---

[91] *"Novedades de Flexsim 7"* (2014) [versión electrónica]. Recuperado el 26 de Octubre de 2105, de: http://www.vaticgroup.com/perspectiva-logistica/ediciones-anteriores/novedades-flexsim-7/

6.4 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN MODELADO EN FLEXSIM.[92]

6.4.1 SOURCE.

Es la fuente de entrada empleada para crear los flowitems (entidades), los cuales recorren todo el modelo. Cada source puede crear una clase distinta de flowitem al que se lo puede agregar ciertas propiedades tales como el color o el tipo de entidad. Todo modelo debe contar con un source como mínimo.

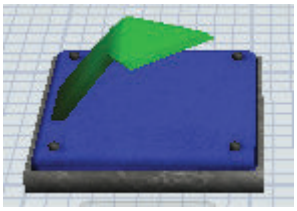


Figura 6.1: Source (fuente: FlexSim).

6.4.2 SINK.

Se lo utiliza para eliminar los flowitems que finalizan el proceso dentro del modelado. Toda recopilación de datos que envuelve un flowitem se lo debe realizar antes de que ingrese en el disipador de lógica de entra del sink; caso contrario no podrán ser recuperados.

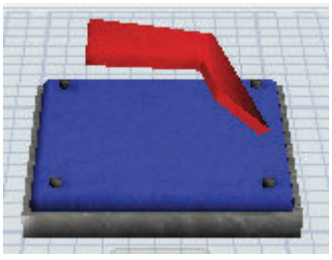


Figura 6.2: Sink (fuente: FlexSim).

6.4.3 QUEUE.

Representa un área de almacenamiento, la cual es empleada para retener a los flowitems cuando no pueden ser aún admitidos en un nuevo proceso. Las entidades u

[92] *"Características generales del software de simulación FlexSim"* (s.f.) [versión electrónica]. Recuperado el 5 de Noviembre de 2105 , de: http://torcaza.uis.edu.co/~garavito/docencia/asignatura2/pdfs/INTROD_FLEXSIM_1.pdf

objetos operan bajo el criterio fifo (first int, first out), es decir, el elemento que haya esperado más tiempo será el primero en salir hacia el siguiente proceso.

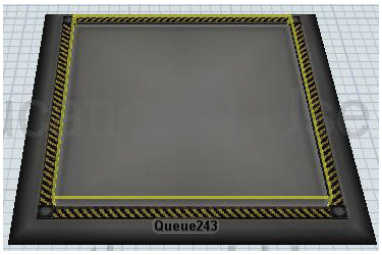


Figura 6.3: Queue (fuente: FlexSim).

6.4.4 PROCESSOR.

Simula la operación de una máquina, se lo utiliza para visualizar el flujo de los objetos con un cierto retraso de tiempo; además, puede contener a más de un flowitem a la vez. El tiempo total está formado por el tiempo de proceso, el tiempo de setup o preparación y el tiempo de mantenimiento o paro de la máquina.

En el caso de que el procesador se detenga por una falla o por mantenimiento, los flowitems que se encuentren procesando en aquel momento se retrasarán.

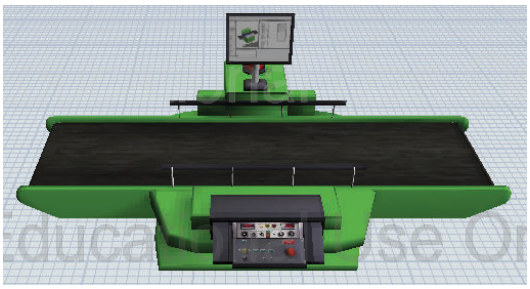


Figura 6.4: Processor (fuente: FlexSim).

6.4.5 COMBINER.

Agrupa múltiples flowitems dentro de un mismo proceso. Puede unir o juntar (join) los flowitems de manera permanente, o a su vez agruparlos (pack) durante un cierto tiempo para posteriormente separarlos. El combiner acepta un flowitem a través del primer puerto previo al ingreso de los flowitems subsecuentes por el segundo puerto. Una vez que haya recibido todos los flowitems, iniciará el tiempo de proceso requerido en la simulación.

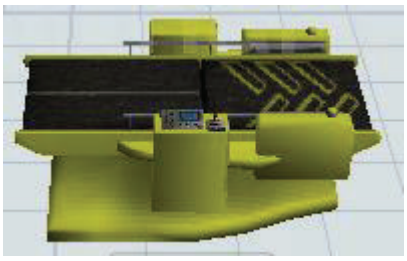


Figura 6.5: Combiner (fuente: FlexSim).

6.4.6 SEPARATOR.

Separa un flowitem en varias partes, o a su vez desempaca (unpack) un flowitem anteriormente empacado; incluso es capaz de crear múltiples copias (split) del flowitem original. El proceso de desempaque o el crear varias copias se efectuará durante el tiempo que se ha definido, hasta que éste se haya completado.

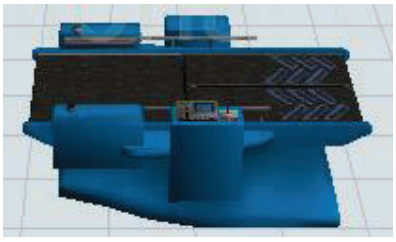


Figura 6.6: Separator (fuente: FlexSim).

6.4.7 OPERATOR.

El operador es requerido para realizar ciertas actividades durante los tiempos de preparación y proceso. Una vez terminada la actividad el operador es liberado para realizar otros tipos de operaciones. El operador buscará la ruta más corta para llegar hasta el objeto, también se puede establecer ciertas trayectorias empleando una red o un network.

Figura 6.7: Operator (fuente: FlexSim).

6.4.8 CONVEYOR.

Transporta los flowitems a través de él en base a una lógica definida por el usuario. Se puede definir su forma ya sea esta curva o recta, si se desea que el conveyor sea curvo se define el ángulo y radio de curvatura.

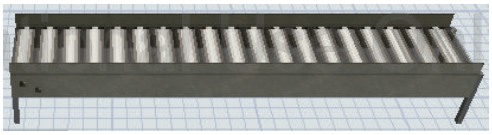


Figura 6.8: Conveyor (fuente: FlexSim).

6.5 METODOLOGÍA DE LA SIMULACIÓN.[93]

6.5.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Al definir un problema de estudio, se debe establecer los objetivos que se desea alcanzar con la simulación. En nuestro caso de estudio, se desea modelar la fabricación de 20 motocicletas ICS 150-S, 16 motocicletas GNS 150 y 10 motocicletas BROTHER 250. Cada medición de tiempo fue desde las 10:20 am hasta las 2:10 pm (3 horas y 50 minutos), tomando en cuenta que se requiere de cierto tiempo para el desempaque y distribución de partes y piezas en la línea, lo cual se desarrolla desde las 7:00 am hasta las 10:10 am (3 horas y 10 minutos); por lo tanto el tiempo establecido para la simulación es de 7 horas.

El programa simulará el proceso de ensamble desde la llegada de la materia prima, desempaque y distribución del CKD, proceso de ensamblaje por estación, control de calidad y almacenaje del producto final; considerando el diagrama de flujo general del proceso de ensamble de las motocicletas detallado en el punto 4.3.3.1.

6.5.2 ELABORACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN.

La elaboración de un modelo de simulación debe ser conforme a las necesidades que presente el problema y su ejecución representa una síntesis enfocada a varios lineamientos, en lugar de rigurosas reglas.

---

[93] Chase, R. Jacobs, R. Aquilano, N. (2013). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros*. (13ava edición). México: McGraw Hill. ISBN: 978-607-15-1004-4. Pág.:651-656.

Se debe establecer las propiedades fijas (parámetros) de un sistema real, así como las propiedades que variarán durante el proceso de la simulación. Existen ciertas reglas operativas formadas por un conjunto de condiciones enfocadas al comportamiento y estudio de la simulación. Los incrementos de tiempo durante la simulación, pueden ser fijos o variables dependiendo de los sucesos que se presenten en el proceso.

Para el diseño y construcción de un modelo de simulación en FlexSim, se debe importar el Layout de la planta de producción como muestra la figura 6.9.

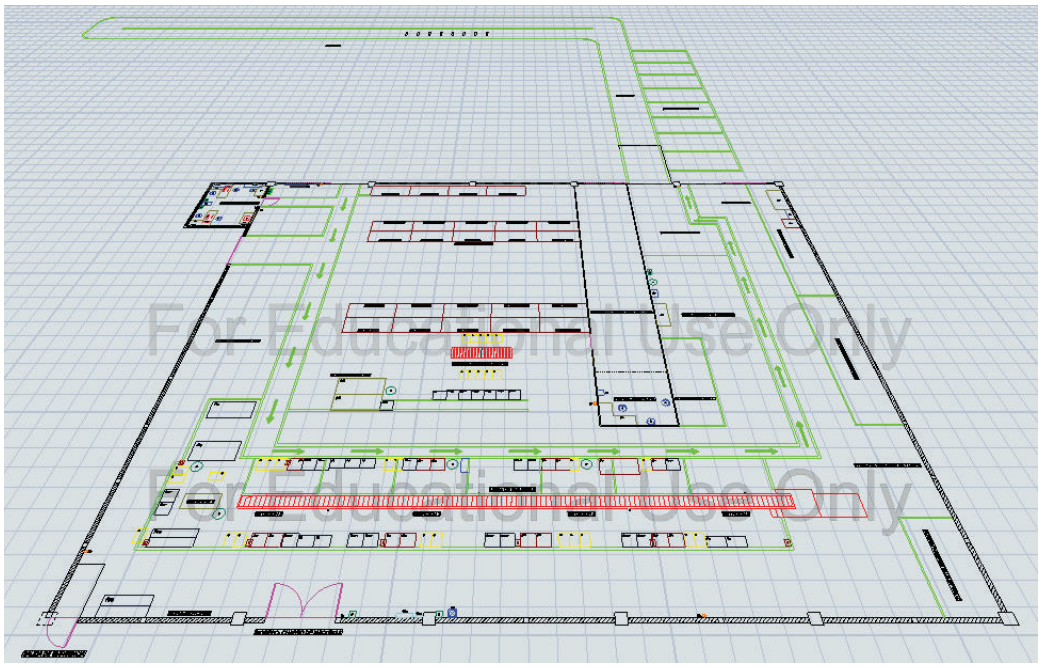

For Educational Use Only

Figura 6.9: Layout de la planta Motoensab S. A. importado en FlexSim (fuente: FlexSim).

En el nuevo modelo se debe colocar los elementos que serán la base principal en la simulación y la respectiva ruta de trabajo que empleará cada operador de la línea. Todos los elementos deben ser ingresados tomando en cuenta sus características reales. Esto se puede observar en la figura 6.10.