

**UNIVERSIDAD LATINA**  
**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS**

**Trabajo Final de Graduación**

**Diseño de una propuesta de mejora que permita la estandarización del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo en la Uruca, San José, Costa Rica, durante el último trimestre del año 2016**

**Elaborado por:**

David Villalobos Agüero  
David Durán Delgado

Heredia, Costa Rica  
Año 2016

**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA  
CENTRO DE POSTGRADOS**

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Heredia, 1 de diciembre del 2016

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

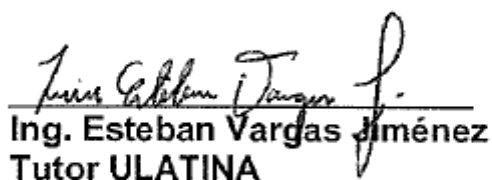
SD

**Estimados señores:**

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Diseño de una propuesta de mejora que permita la estandarización del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo en la Uruca, San José, Costa Rica, durante el último trimestre del año 2016, elaborado por el (los) estudiante (s): David Villalobos Agüero, David Durán Delgado, como requisito para que el (los) citado (s) estudiante (s) puedan optar por el grado académico MASTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ENFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por lo tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos finales de Graduación.

**Suscribe cordialmente,**

  
Ing. Esteban Vargas Jiménez  
Tutor ULATINA

# UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA CENTRO DE POSTGRADOS

## CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 12 de diciembre del 2016

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

### **Estimados señores:**

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Diseño de una propuesta de mejora que permita la estandarización del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo en la Uruca, San José, Costa Rica, durante el último trimestre del año 2016, elaborado por el (los) estudiante (s): David Villalobos Agüero, David Durán Delgado, como requisito para que el (los) citado (s) estudiante (s) puedan optar por el grado académico MASTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS CON ENFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por lo tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos finales de Graduación.

**Suscribe cordialmente,**



**MBA Ronald Arias Camacho**

**UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA  
CENTRO DE POSTGRADOS**

**CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL FILÓLOGO  
DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

San José 15 de diciembre de 2016

Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación, denominado Diseño de una propuesta de mejora que permita la estandarización del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo en la Uruca, San José, Costa Rica, durante el último trimestre del año 2016, elaborado por el (los) estudiante (s): David Villalobos Agüero, David Durán Delgado para optar por el grado académico MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS CON ÉNFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL.

Corregí el trabajo en aspectos, tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico, y desde ese punto de vista considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación; por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Se suscribe de ustedes, cordialmente,



Vilma Isabel Sánchez Castro  
Licenciada en Filología Española  
Máster en Literatura Latinoamericana  
Carné 003671. Colypro

## DECLARACIÓN JURADA

Los suscritos, David Villalobos Agüero con cédula de identidad número 4-195-334 y David Durán Delgado con cedula de identidad número 1-1093-0011, declaramos bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: Que somos los autores del presente trabajo final de graduación, modalidad memoria; para optar por el título de MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS CON ÉNFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL de la Universidad Latina, campus Heredia, y que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a).

Heredia, 16 de diciembre del dos mil dieciséis.



---

**David Villalobos Agüero**



---

**David Durán Delgado**

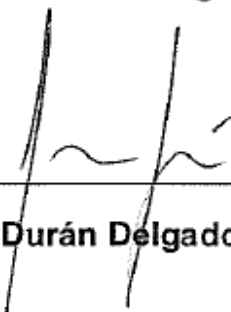
## MANIFESTACIÓN EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los suscritos, David Villalobos Agüero con cédula de identidad número 4-195-334 y David Durán Delgado con cedula de identidad número 1-1093-0011, exonero de toda responsabilidad a la Universidad Latina, campus Heredia; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de MÁSTER PROFESIONAL EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS CON ÉNFASIS EN GERENCIA INDUSTRIAL de la Universidad Latina, campus Heredia; por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo. Asimismo, autorizo a la Universidad Latina, campus Heredia, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitando el mismo en el sitio Web; así como en el CRAI.

Heredia, 16 de diciembre del dos mil dieciséis.



**David Villalobos Agüero**



**David Durán Delgado**

## Tabla de contenido

Capítulo 1:	Problema y Propósito.....	11
1.1	Estado actual de la investigación.....	12
1.2	Planteamiento del problema .....	17
1.3	Justificación.....	18
1.4	Objetivo General y específicos .....	21
Capítulo 2:	Marco Teórico .....	23
2.1	Marco Teórico Contextual.....	24
2.1.1	Legislación Costarricense .....	24
2.1.2	Ministerio de Hacienda .....	25
2.1.3	Sistema Arancelario Centroamericano.....	26
2.1.4	Revisión Técnica Vehicular .....	27
2.1.5	Registro Nacional de la propiedad .....	28
2.2	Marco teórico Conceptual .....	28
2.2.1	Conceptos de producción aplicados a líneas de ensamble .....	28
Capítulo 3:	Marco Metodológico .....	39
3.1	Paradigma, el enfoque metodológico y el método seleccionado.....	40
3.2	Descripción del contexto.....	43
3.3	Características de los participantes y fuentes de información .....	43
3.4	Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	46
3.5	Cuadro Operacional .....	47
Capítulo 4:	Análisis e interpretación de Resultados.....	49
4.1	Procedimiento .....	50
4.2	Descripción del proceso.....	50
4.3	Diagrama lógico de proceso.....	51
4.3.1	Análisis Causa-raíz .....	52
4.4	Información de entrada del modelo.....	52
4.5	Análisis estadístico de los datos de entrada .....	53
4.6	Definición de las medidas de desempeño .....	56
4.7	Verificación de Resultados .....	61
4.8	Análisis de Resultados.....	62
Capítulo 5:	Conclusiones y recomendaciones .....	65
5.1	Conclusiones.....	66
5.2	Recomendaciones .....	66
Capítulo 6:	Propuesta .....	68
6.1	Justificación de escenarios a evaluar .....	69
6.2	Propuesta.....	69
6.2.1	Primer control de calidad .....	69
6.2.2	Demarcación de la planta de ensamble y aplicación de la filosofía 5`s. ....	74
6.2.3	Técnico ensamblador adicional .....	76
6.3	Análisis de resultados .....	79
6.4	Verificación de resultados .....	80

6.5	Evaluación económica del escenario actual y propuestas .....	81
6.6	Plan de Implementación de la propuesta.....	84
Capítulo 7:	Bibliografía.....	87
7.1	Bibliografía de Libros.....	88
7.2	Disponible en Internet.....	89



## Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplo de Distribución de Pareto. (Niegel, 2009).....	30
Figura 2. Ejemplo de Diagrama de Pescado. (Niegel, 2009) .....	31
Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Gantt. (Niegel, 2009) .....	32
Figura 4. Ciclo de la Calidad. (Niegel, 2009).....	33
Figura 5. Simulación Arena. (Elaboración Propia) .....	38
Figura 6. Organigrama planta de ensamble. Fuente: Gerencia de Taller, Purdy trabajo.....	44
Figura 7. Diagrama lógico del proceso.....	51
Figura 8. Análisis Causa-Raíz.....	52
Figura 8. Tipos de fallas por unidad en la planta de Ensamble de Purdy Trabajo .....	60
Figura 9. Diagrama de proceso en Arena .....	60
Figura 10. Nota Estándar 2016.....	63
Figura 11. • Carencia de demarcación de la planta de ensamble.....	63
Figura 12. Inconsistencias en el uso del equipo de seguridad.....	63
Figura 13. Inconsistencias en el uso del equipo de seguridad.....	64
Figura 14. Monto de gastos de materiales por lotes ensamblados de junio a agosto 2016.....	64
Figura 16. Defectos por unidad .....	73
Figura 17. Propuesta de acomodo de la planta.....	75
Figura 18. Demarcación .....	75
Figura 19. Construcción del área de oficina .....	76
Figura 20. Área de lectura de planos.....	76
Figura 21. Modelo Propuesto con incremento de recurso humano .....	77
Figura 22. Horario definido en el Software Arena .....	77
Figura 23. Definición de 3 recursos en el horario.....	77
Figura 24. Recursos asignados a ensamble de camión.....	78
Figura 25. Recursos asignados Pre-ensamble tanques de aire.....	79
Figura 26. Plan de implementación de contramedidas .....	86

## Índice de Tablas

Tabla 1. Significado de las 5 S (Lean Solutions, 2016).....	31
Tabla 2. Cuadro operacional.....	47
Tabla 3. Plan de Toma de Tiempos.....	53
Tabla 4. Procesos de Pre-ensamble .....	56
Tabla 5. Medidas de desempeño utilizadas.....	57
Tabla 6. Jornada Laboral ensambladores.....	58
Tabla 7. Jornada Laboral Auditor de calidad.....	58
Tabla 8. Resumen Resultados Escenario Actual.....	61
Tabla 9. Tabla de Criterios.....	70
Tabla 10. Causas por orden de prioridad .....	70
Tabla 11. Cronograma de Implementación .....	71
Tabla 12. Propuesta de guía de revisión para control calidad uno.....	72
Tabla 13. Fallas documentadas .....	74
Tabla 14. Nuevo escenario propuesto con tres técnicos.....	79

Tabla 15. Escenario antes de la implementación del proceso de ensamble es Purdy Motor .....	81
Tabla 16. Escenario posterior a la implementación del proceso de ensamble es Purdy Motor.....	82
Tabla 17. Estimación actual de ingresos, costos y gastos por ventas, durante 3 meses .....	82
Tabla 18. Escenario posterior a la implementación del proceso de ensamble es Purdy Motor.....	83
Tabla 19. Estimación propuesta de ingresos, costos y gastos por ventas, durante 3 meses .....	83

# **Capítulo 1: Problema y Propósito**

## 1.1 Estado actual de la investigación

Se presenta en este apartado el estado actual de la investigación, en el cual se hace un recuento de los principales aportes de investigadores de América Latina y Europa con respecto al tema “Ensamblaje de camiones” que se desarrolla en esta memoria. Es de suma importancia estudiar previas investigaciones de mejoras de procesos en líneas de ensamble, cuáles herramientas se han utilizado y cuáles han sido los resultados alcanzados tanto en el aspecto económico como en la productividad de los empleados. Con base en esto es que se definen y analizan a continuación las principales tesis encontradas, las cuales están organizadas en orden cronológico, de las más antiguas a las más recientes.

Una investigación realizada en el año 2007 por Pereyra (2007) con título “*Análisis de una línea de ensamble de camiones y simulación de alternativas de mejora*” realiza un extenso análisis de los procesos de ensamble de camiones en la Ciudad de Sahagún y evalúa mediante *software* de simulación propuestas de mejora para este tipo de proceso.

Entre las conclusiones de esta investigación se destaca el hecho de que las herramientas de simulación facilitan mucho el trabajo para el empleado encargado de tomar decisiones del proceso de manufactura, ya que la simulación permite comprender de mejor forma la interacción entre las distintas variables del proceso y cómo afectan el resultado del proceso. Utilizando el *software* de simulación el investigador propuso mejoras en el proceso de ensamble de camiones, comparó los indicadores obtenidos del proceso mejorado con respecto al proceso actual y los resultados fueron a favor del nuevo proceso.

En el año 2008 fue publicada una tesis titulada como “*Productivity Improvement through Line Balancing*” por parte de Hapaz (2008), en la cual se recalca el hecho de que un diseño ineficiente de una planta es una de las mayores causas de baja productividad e ineficiencia de la línea. En la investigación se realiza una propuesta de una nueva distribución de la planta con el propósito de que se mejora la productividad.

Se analizan los cuellos de botella presentes en la línea empleando técnicas de estudio de tiempos y se utiliza un *software* de simulación como herramienta para las

mediciones de las entradas (variables) y proponer las mejoras, lo cual puede aportar muchos procedimientos que se pueden utilizar para el desarrollo de la presente tesis. Ante la situación planteada anteriormente se realizan cálculos manuales utilizando algoritmos de balanceo de líneas y por último se evalúan tres distribuciones de planta distintas y se propone la más eficiente y productiva.

En el año 2011, se desarrolló una investigación por parte de Yerasi (2011), cuyo título es "*Productivity improvement of a manual assembly Line*" en la cual se propuso una metodología para mejorar la productividad de cualquier proceso de producción. Esta metodología consiste en seleccionar un producto o una familia de productos y posteriormente aplicar los procesos de mejora mencionados en la investigación.

Particularmente en este estudio se utilizaron los análisis de operaciones y balanceo de líneas para reducir las tareas no productivas y estandarizar ciertos procedimientos para ejecutar las operaciones. Dentro de la investigación se realiza un caso de estudio en el que se declara al finalizar el estudio que la configuración de *single-staged* en paralelo aumenta la productividad de los operadores. El estudio se enfoca mucho en los principios de Manufactura Lean.

En el año 2011 se desarrolló una tesis con título "*Effects of a fishbone strategy on line balance*" realizada por Randstrad (2011). En esta investigación se hace un exhaustivo análisis del efecto en la eficiencia de un cambio de una línea de ensamblaje. Específicamente se estudian las diferencias y resultados generados de cambiar una línea de ensamblaje en la que se realizaban múltiples tareas por una estación de ensamblaje utilizando la metodología de "pescado". En este caso en particular el trabajo se realizó en Volvo trucks, que es el lugar en donde se ensamblan muchos de los camiones de Volvo. La metodología de pescado para ensamblaje es un concepto novedoso y tal como lo menciona e hizo el autor se debe estudiar a fondo la modularización en la producción utilizando este tipo de metodología que comúnmente se utiliza como herramienta para solucionar y encontrar las causas de los problemas.

Este concepto de producción utilizando distribución de planta en forma de pescado ha sido modelado mediante simulación discreta de eventos para encontrar la eficiencia en el ensamblaje final y posteriormente una vez

implementado el cambio en la planta se modeló de igual forma para encontrar la eficiencia actual en la producción. El modelo planteado considera diferentes escenarios y distribuciones distintas para manejar las diferentes espinas de pescado como por ejemplo, promedio de balanceo, máximo balanceo, distribuciones seriales y paralelas en cada espina de pescado.

El resultado en cada escenario difieren considerablemente entre ellos, por lo que los autores concluyen que la eficiencia en este concepto de modularización es altamente dependiente de cómo esté organizado la espina de pescado y cómo es manejado. En este estudio la conclusión más importante es que existe la posibilidad desde el concepto de modularización de manejar cada espina de pescado separadamente y de diferentes maneras.

*“Development of a performance measurement system for manual assembly”* es el nombre de una investigación desarrollada por Danielsson (2011), donde se pone en manifiesto la división de dos medidas importantes que se deben tomar en cuenta al analizar un proceso de ensamblaje, las cuales son la calidad del producto y la calidad del proceso. Las desviaciones en el producto son resultado de las desviaciones en el proceso de ensamble; sin embargo, las desviaciones en el proceso no siempre resultan en desviaciones del producto. Esta investigación se planteó como propósito crear un sistema de medida para medir el rendimiento y la calidad de un proceso de ensamblaje. Particularmente esta investigación se realizó en la empresa *Volvo trucks*, la cual se dedica al ensamblaje de camiones.

Las mediciones obtenidas de este sistema permiten al usuario encontrar las áreas del proceso que ocupan mejoras y también brinda la oportunidad de tomar decisiones en un muy corto tiempo acerca de cómo mejorar estas áreas. El sistema además, permite ser usado por bastantes empleados a diferentes niveles de la organización.

Como una de las conclusiones más importantes que se derivan de esta investigación es el hecho de que algunas empresas de producción o ensamblaje solo permiten obtener retroalimentación de la calidad del producto y el sistema propuesto por Danielsson (2011) permite complementar este *feedback* con retroalimentación del proceso. Los operadores pueden hacer uso de este sistema para hacer mejoras en sus operaciones.

Se ha realizado una investigación cuyo título es *“Assembly Line Balancing improvement: A case study in an Electronic Industry”* desarrollada por Farahin (2013), en la cual el autor rediseña una línea de producción de la industria electrónica utilizando técnicas de balanceo de líneas para reducir los cuellos de botella, dando como resultado la eliminación de retrasos y permitiendo que ningún empleado de la línea esté sobrecargado realizando sus tareas. Para recomendar actividades de mejoramiento y estudiar la productividad y eficiencia de la línea se utilizó la herramienta de simulación Tecnomatix Plant Simulation.

Como los resultados más importantes de esta investigación se menciona el unir algunos procesos en uno solo, transformación de un proceso manual a un proceso mecanizado y la eliminación del desperdicio en la línea. Se realizaron tres diferentes diseños pero solo uno fue propuesto a la compañía electrónica.

Lokhande y Denker desarrollaron la investigación *“Analysis of impact of process complexity on unbalanced work in assembly process and methods to reduce it”*, en la que han intentado de reducir la complejidad de un proceso centrándose principalmente en el contenido de trabajo y en la distribución de ensamblaje y logística de la fábrica Electrolux en Mariestad, Suiza. Los autores utilizaron para esta investigación estudio de tiempos para la estación de ensamblaje y *Value Stream Mapping* para la sección de logística, todo esto para obtener la información correcta acerca del trabajo balanceado y desbalanceado. Posteriormente utilizaron una interesante herramienta denominada el “Índice de complejidad” para determinar la complejidad percibida del proceso.

Luego de analizar la relación existente entre el trabajo desbalanceado y el índice de complejidad los autores pudieron mejorar problemas específicos y dificultades en la línea de ensamble y también con respecto al manejo de materiales. Posteriormente los autores logran reducir el trabajo desbalanceado utilizando técnicas *“Lean”*.

Por último es importante resaltar lo hecho por Rice (2011) con la investigación que lleva como título *“The Use of Computer Simulation in Facility*

*Layout Planning*”, en la que se examina el uso de software de simulación cómo una herramienta para desarrollar y mejorar los sistemas de manufactura. Se discuten las herramientas dentro del software de simulación, paquetes de programas de simulación y cómo se han creado herramientas para circunstancias de manufactura específicas. Particularmente en este estudio se realiza el proyecto de diseñar y desarrollar una línea de producto para la producción masiva de motocicletas.

Dentro de las áreas más importantes que se estudian en esta investigación y pueden ser referencia útil para el objetivo de estudio de la presente tesis se pueden mencionar: las ventajas de usar *software* de simulación para sistemas de manufactura, descripción de métodos para distribuir una línea de producción, pasos para construir satisfactoriamente un modelo de simulación para comparar distintas distribuciones de planta y los reportes de los resultados obtenidos del modelo de simulación.

Con base en el marco histórico investigativo anteriormente presentado se procederá a plantear el problema específico del objeto de estudio.



## 1.2 Planteamiento del problema

Se procederá a continuación a explicar el problema que existe actualmente en la planta de ensamblaje de Purdy Motor. Se mencionarán las razones del porqué es necesario realizar este estudio y los problemas que se derivan a partir de la necesidad del estudio.

Purdy Motor S.A distribuye actualmente dos líneas de productos de la marca Hino. En primer lugar y con una participación en ventas del 87%, los modelos de la serie 300, la cual, cuenta con nueve versiones que van desde 2,5 a 6 toneladas de carga útil. Por su parte, la serie 500, la cual representa un 13% del total de las ventas de dicha marca, tiene siete modelos que van desde 7,5 a 19 toneladas. El año 2015 las ventas totales, entre los dos modelos, sumaron 466 unidades, según comentó Allan Rodríguez, Gerente de Purdy Trabajo y Vehículos Comerciales, en la información publicada en la nota, *Ensamblaje de camiones abre nuevo capítulo en la industria automotriz de Costa Rica*, ([http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica\\_0\\_956904303.html](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica_0_956904303.html)).

La diferencia tan marcada en la participación de las ventas entre ambos modelos, es producto del alto costo de importar un vehículo de gran tamaño desde Japón, lo cual repercute en el precio final de los camiones serie 500, debido a que en un contenedor solo cabe un único camión, por lo cual su volumen de ventas es sustancialmente bajo. "Uno puede meter tres (camiones) pequeños en un contenedor, pero grande solo cabe uno. Esto hace que el costo del transporte sea caro y que se deba incorporar al precio del vehículo", detalló Jesús Castro, CEO de la compañía, en el mismo artículo anteriormente referenciado.

Debido a esta razón, los Directivos del Grupo Purdy Motor sostuvieron, durante más de cinco años, conversaciones con los ejecutivos de la fábrica de camiones Hino en Japón, con el objetivo de obtener su aprobación de desarrollar una planta de ensamblaje en Costa Rica. El pasado mes de abril,

finalmente se contaron con todas las aprobaciones de Hino Motor Limitada, e inició su funcionamiento la planta de ensamblajes en el Taller de Purdy Trabajo, de Purdy Motor.

A raíz de la implementación de este nuevo proyecto, es importante plantear:

- **¿Cómo se podría diseñar una propuesta de mejora para estandarizar la operación en la planta de ensamblaje de Purdy Trabajo?**

Asociado a este problema principal se pueden mencionar los siguientes sub problemas:

- **¿Cuál es el estatus actual del proceso de ensamblaje en la planta?**
- **¿Cuáles son los indicadores actuales de productividad y cuáles problemas se presentan actualmente?**
- **¿Qué análisis de causa-efecto se están realizando y qué factores inciden en la productividad?**
- **¿Cuál es la propuesta de mejora posible que se puede implementar en la planta de ensamble?**
- **¿Cuál sería el plan de implementación de la propuesta de mejora en la planta de ensamble?**

Es indispensable llegar a describir los elementos que interviene en las etapas del proceso de ensamble, establecer los beneficios de estandarizar un proceso de ensamblaje y por último definir y analizar los indicadores de eficiencia en la planta de ensamblaje de camiones de Purdy Motor, sucusal Purdy Trabajo en el canton de Uruca. De esta forma se pueden mencionar los siguientes subproblemas de estudio:

Una vez planteado el problema, se procede a justificar la investigación de este innovador tema, el cual sin duda llega a escribir una nueva página en la industria automotriz a nivel nacional y latinoamericano, integrando a Costa Rica, en el selecto grupo de países de la región que forman parte del circulo de confianza de la fábrica japonesa de camiones Hino.

### **1.3 Justificación**

En el mercado automotriz nacional, el segmento de camiones medianos ha sido históricamente dominado por las marcas estadounidenses International y Freightliner. Esto debido a que sus casas matrices se localizan en Estados Unidos, país sustancialmente más cerca de Costa Rica en comparación con las fábricas de las marcas japonesas. Esta diferencia en distancia se traduce en un menor costo de flete de los productos, lo cual repercute directamente en el precio de venta de cada camión, beneficiando a sus clientes y desarrollando una ventaja competitiva contra sus rivales en la industria automotriz.

Purdy Motor S.A, distribuidora de la marca Hino en Costa Rica, expuso esta situación a su proveedor, Hino Motor Limitada (HML), razón por la cual, luego de intensas negociaciones, se logró desarrollar una estrategia de negocios, con el fin de hacer los camiones de la serie 500 más competitivos en el mercado local. Parte fundamental de esta estrategia, se basó en el diseño y desarrollo de una planta de ensamblaje de camiones en el territorio nacional. De esta manera, se logra diseñar un plan de negocios en manera conjunta, fabrica y distribuidor, hecho que permitió darle un nuevo impulso a la serie 500 de la marca Hino en el territorio nacional.

A partir del ensamblaje de camiones de la serie 500 en la planta de Purdy Trabajo, el Grupo Purdy Motor S.A logrará obtener un ahorro de hasta un 70% en el costo del transporte por cada uno de los camiones importados para ensamblar, los cuales son fabricados en Japón y trasladados vía marítima hacia Costa Rica. Este ahorro en los costos, será trasladado en gran parte al consumidor final, quien verá una rebaja significativa en el precio del producto detalló Jesús Castro, CEO de la compañía, en el artículo, *Ensamblaje de camiones abre nuevo capítulo en la industria automotriz de Costa Rica*, accedido el 12 de setiembre 2016, desde [http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica\\_0\\_956904303.html](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica_0_956904303.html).

El estudio que se realizará a continuación, generará información enriquecedora para la empresa Purdy Motor, a través del análisis del integral de la operación de la planta de ensamblaje, donde se evidenciará las principales fortalezas, se determinará, desde el punto de vista de proceso, qué

aspectos se pueden llegar a mejorar y brindar un panorama general de este nuevo negocio donde la empresa está incursionando. En la medida que se logre optimizar el proceso, se logrará alcanzar un beneficio que impactará, de manera directa, a los propietarios, socios, accionistas, cliente interno y cliente externo de la organización.

Para este estudio, se ha seleccionado la perspectiva metodológica, con la selección del instrumento denominado Arena, el cual consiste en un *software* de simulación, desarrollado por la empresa *Systems Modeling*. A través de este instrumento, se podrán obtener beneficios tales como: la reducción del tiempo de análisis de distintos escenarios, repeticiones de proceso de ensamblaje de los diferentes modelos de la serie 500 de Hino, las veces que sean necesarias, sin tener que disponer de recursos humanos y materiales, generación de listas de datos con los resultados para su análisis, entre otros.

Por medio de la información arrojada por la herramienta informática Arena, se obtendrá el insumo necesario para el análisis de datos y diseños de propuestas de mejora, situación que contribuirá al descubrimiento de nuevos conocimientos y la implementación nuevos métodos en la ejecución de las tareas. Si bien es cierto, el proceso de ensamblaje de vehículos fue realizado por Purdy Motor por primera vez en los años 60, es sumamente relevante, que, en esta, la segunda oportunidad, sea implementado de la manera más eficiente y eficaz, debido a que el mercado automotriz, en los últimos años, ha sido uno de los mercados de mayor crecimiento en el país.

Cabe agregar que en un contexto donde cada vez el mercado se torna más competitivo y cambiante, el hecho de contar con una herramienta de diferenciación, es tener a mano un factor crítico de éxito, el cual fortalece la estrategia seleccionada por el Grupo Purdy Motor para hacerle frente a su competencia, quien a lo largo de la historia, ha sido dominada ampliamente por los fabricantes norteamericanos en el segmento de mercado correspondiente a los camiones medianos.

Por las consideraciones anteriores se puede decir que el nivel del trabajo que se debe realizar en la planta en mención, debe cumplir los estándares exigidos por HML y de manera conjunta deberá ser ejemplo, en el aprovechamiento del recurso y en el nivel calidad de sus unidades procesadas. Para llegar a esto, se deben establecer los indicadores de medición y desempeño que generen información

relevante. Esta investigación, toma en cuenta este rubro, lo cual brindará una atractiva propuesta a la organización, para que logre medir de manera correcta el desempeño de este nuevo proyecto.

Cabe mencionar además, que la planta de ensamblaje de camiones de Purdy Motor, opera desde el pasado mes de abril, y al día de hoy se han ensamblado diez unidades de manera satisfactoria. Actualmente no ha sido desarrollado un estudio que determine la manera óptima de funcionar, ni se ha profundizado en detalles relacionados a la distribución de planta, estándares de operación y medición de productividad. Por lo tanto, es probable, que actualmente, existan situaciones y detalles que repercutan directamente en la rendimiento de la planta, generando espacios para el desarrollo e implementación de mejoras.

A manera de resumen final, se debe aclarar que esta investigación cuenta con el apoyo de la Gerencia de la unidad de Vehículos comerciales de Purdy Trabajo, departamento perteneciente al Grupo Purdy Motor, empresa cuya filosofía esta basada en el Método Toyota o Toyota Way, cuyos pilares son el respeto por las personas y el mejoramiento continuo. Esta ideología genera un ambiente propicio para el desarrollo de planes de innovación y mejoramiento de los procesos, situación que se traduce en un contexto favorable para el desarrollo de esta investigación.

#### **1.4 Objetivo General y específicos**

Objetivo General:

Diseñar una propuesta de mejora que permita la estandarización del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo en la Uruca, San José, Costa Rica, durante el último trimestre del año 2016.

Objetivos Específicos:

1. Realizar un diagnóstico del proceso actual de ensamblaje en la planta de Purdy Trabajo.
2. Determinar cuáles son los indicadores de productividad que se están utilizando actualmente en la planta de ensamblaje.

3. Análisis de causas y factores que inciden en la eficiencia y productividad del proceso de ensamble.
4. Diseño de la propuesta de mejora del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo.
5. Implementación de la propuesta de mejora del proceso de ensamble.

# **Capítulo 2: Marco Teórico**

En este capítulo se desarrollará el Marco Teórico de la Memoria, el cual abarca todos los componentes teóricos y metodológicos que han sido validados y aceptados por una comunidad científica. Se encontrará esta sección dividida en dos partes; el Marco Teórico Contextual en el cuál se ahondará en aspectos legales, normativos, sociales y políticos que estén vinculados con el objeto de estudio. Por otro lado, se desarrollará el Marco Teórico Conceptual en el cual se toma como punto de partida el objetivo principal y específicos para investigar y presentar todos los referentes teóricos que se relacionen al tema de estudio tal y como se plantearon en el cuadro sinóptico que se incluye en el anexo 1. A continuación, el Marco Teórico.

## **2.1 Marco Teórico Contextual**

Se desarrollarán a continuación, los aspectos relevantes en cuanto al marco teórico de la investigación en el contexto costarricense.

### **2.1.1 Legislación Costarricense**

El proceso de ensamblaje de vehículos, en la legislación costarricense, se encuentra regulado por medio de la ley número 5051, la cual consta de 26 artículos. A continuación, se hace referencia a los artículos primero, segundo y cuarto, los cuales son los más relevantes en el contexto actual del tema en estudio.

El Consejo Costarricense de Información Jurídica en su portal de Internet (<http://www.pgrweb.go.cr>) se detalla la Ley para la Industria de Ensamble de Vehículos Automotores.

#### *2.1.1.1 Ley para la Industria de Ensamblaje de Vehículos Automotores*

##### *2.1.1.2 Artículo 1*

La presente ley tiene por objeto asegurar la continuidad de la industria de ensamble de vehículos automotores en el país; regular su funcionamiento; promover su expansión bajo condiciones de eficiencia; propiciar la creación de industrias colaterales que permitan incorporar progresivamente partes de origen nacional en la unidad terminada y proteger los intereses de los consumidores.

##### *2.1.1.3 Artículo 2*

Los beneficios de esta ley se aplicarán a las industrias de ensamble de vehículos automotores que produzcan los vehículos terminados a partir de la importación de partes completamente desarmadas, conforme al sistema conocido



como "CKD", con el requisito indispensable de que los elementos y partes que integran el chasis y la carrocería no hayan sido armados en el país de origen.

Por medio de dicha ley, el gobierno de Costa Rica, como se menciona en el artículo primero, pretende asegurar el desarrollo de la industria de ensamble en el país, con el fin de beneficiar de manera directa a los consumidores finales. Es notable que el impacto de esta industria, va de la mano con las intenciones del gobierno de este país.

## **2.1.2 Ministerio de Hacienda**

Los diferentes componentes que forman un camión Hino, vienen empacados en contenedores de 42 pies, provenientes de Japón. En un total de cuatro contenedores se logran colocar las partes para ensamblar diez unidades. Al ser una importación, evidentemente, entran en juego diferentes entidades gubernamentales. La de mayor relevancia es el Ministerio de Hacienda.

El Ministerio de Hacienda, en su página (<https://www.hacienda.go.cr>) se describe como el órgano que, en la estructura administrativa de la República de Costa Rica, cuida básicamente de establecer y ejecutar la política hacendaria. A continuación, se profundiza en las principales competencias que tiene este ente gubernamental.

### *2.1.2.1 Competencias del Ministerio de Hacienda*

La legislación vigente establece que compete al Ministerio de Hacienda cuidar de la política y administración tributaria y aduanera, razón por la cual, en el contexto de la industria de ensamblaje, el Ministerio de Hacienda cumple un rol regulador trascendental.

### *2.1.2.2 Servicio Nacional de Aduanas*

Al llegar los contenedores a suelo nacional, las diferentes partes que conforman el vehículo, deben ser nacionalizadas. Para esa etapa, se debe proceder a cumplir los requisitos aduanales correspondientes.

En nuestro país, el Servicio Nacional de Aduanas, es la entidad competente de llevar a cabo una correcta recaudación de tributos y participar como facilitador y contralor en el comercio internacional de mercancías.

El Ministerio de Hacienda, (<http://www.hacienda.go.cr/contenido/284-servicio-nacional-de-aduanas>) fundamenta desde el punto legal al Servicio Nacional de Aduanas a través de la Ley General de Aduanas que establece el ámbito aduanero, regula las entradas y las salidas del territorio nacional, de mercancías, vehículos y unidades de transporte, también el despacho aduanero y los hechos y actos que deriven de él o de las entradas y salidas, de conformidad con las normas comunitarias e internacionales, cuya aplicación esté a cargo del Servicio Nacional de Aduanas. Ley General de Aduanas, Art. 1.

En el proceso de ensamblaje, los contenedores son des almacenados en el almacén fiscal donde se realiza un aforo físico y se declara cada una de las partes que vienen en desde la fábrica. Al momento de ingresar el detalle de los componentes en el sistema informático de aduanas, se usa como referencia el número de chasis de cada camión, donde en dicha línea, se registra el valor total de las partes declaradas. Las partes restantes, se ingresan con valor de cero dólares, esto debido a una limitante del sistema.

#### *2.1.2.3 Sistema Informático TICA*

El Ministerio de Hacienda, utiliza el sistema informático llamado Tecnología de Información para el Control Aduanero (TICA). El mismo, según describe se describe en su página, (<http://www.hacienda.go.cr/tica/consultas>) el TICA es un sistema informático desarrollado para modernizar el Servicio Nacional de Aduanas de Costa Rica, instaurando un nuevo modelo de operación en todas las aduanas. Este modelo aprovecha la tecnología para agilizar los procesos, reforzar los controles, aumentar la transparencia y eliminar los trámites en papel, ya que estos se pueden realizar por medio de Internet.

Dentro de los beneficios de esta implementación, se mencionan los siguientes: ahorro en comisiones bancarias, el incremento en la recaudación de los tributos, el mejoramiento del control y una mayor transparencia en la operación.

Es importante mencionar que el sistema informático TICA, tiene la limitante de no permitir agrupar las piezas del camión en una sola entidad, por lo cual, como se mencionó anteriormente, se usará como referencia y se declarará el monto total de la importación (total de componentes por camión), la pieza donde viene registrado el número de chasis del vehículo.

#### **2.1.3 Sistema Arancelario Centroamericano**

Dentro del contexto aduanero, no se puede dejar de lado el Sistema Arancelario Centroamericano, el cual, según Cerón, R. (2014) “El SAC básicamente se conforma de: la Nomenclatura que tiene de base la del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías y consta de códigos y designación de la mercancía”. El mismo autor amplía “Este sistema fue creado por el Consejo de Cooperación Aduanera de Bruselas (ahora Organización Mundial de Aduanas, OMA) con el propósito de dar a los países, un instrumento que contribuya a la facilitación al comercio internacional, ya que siendo una Nomenclatura Aduanera y Estadística se presta al propósito, dando con ello una oportunidad de uso a todos los sectores vinculantes al comercio internacional. El hecho de ser una nomenclatura aduanera y estadística le da una ventaja en el uso sobre la nomenclatura anterior, ya que la de NAUCA II era una nomenclatura aduanera; además, hay que mencionar que otra de las ventajas del SAC es que tiene una mejor y más amplia descripción de las mercancías”.

El SAC toma relevancia a través de la publicación del diario oficial La Gaceta Decretos por medio de los decretos No30712 del Consejo Arancelario y Aduanero Centroamericano (2002), donde en la sección C de las Reglas Generales para la interpretación del SAC, especifica que, en el punto a: “Cualquier referencia a un artículo en una partida determinada alcanza al artículo incompleto o sin determinar, siempre que esté presente las características esenciales del artículo completo o terminado. Alcanza también al artículo completo o terminado, o considerado como tal en virtud de las disposiciones precedentes, cuando se presente desmontado o sin montar todavía”. Este decreto, es relevante para llevar a cabo el proceso de inscripción de las unidades ensambladas en Costa Rica, ante el Registro Público de la propiedad.

#### **2.1.4 Revisión Técnica Vehicular**

A nivel nacional, cada año, los vehículos deben someterse a una prueba o revisión técnica, la cual determinará si una unidad es apta o no para circular. En el caso de los vehículos nuevos, dicha prueba también debe realizarse. El resultado positivo de dicha prueba, es un requisito indispensable para poder inscribir el vehículo ante el Registro Nacional de la Propiedad. En su página de Internet (<http://www.rtv.co.cr>) la empresa Riteve SyC, encargada de realizar la inspección, describe la prueba técnica como “una prueba para verificar que el vehículo cumple

con las condiciones mínimas de seguridad, basadas en los criterios de diseño y fabricación del mismo y asegurar también que cumple con la normativa vigente”.

Riteve SyC, inició operaciones en el país en julio del 2002, luego de ganar un proceso licitatorio que inicio en el año 1998.

### **2.1.5 Registro Nacional de la propiedad**

Los camiones ensamblados en Costa Rica, una vez haya aprobado la revisión técnica vehicular, ya pueden ser vendidos a los clientes. Ellos a su vez, luego del proceso de compra, procederán a inscribirlos en el Registro Nacional de la propiedad, a nombre de una persona física o jurídica.

El importante mencionar este ente gubernamental, ya que, si no es posible llevar a cabo el proceso de inscripción de un vehículo, el mismo no puede circular en el territorio nacional de manera legal.

El propósito fundamental del Registro Nacional, según su sitio en Internet, (<http://www.rnp.go.cr>) es: “registrar, en forma eficaz y eficiente, los documentos que se presenten ante el Registro Nacional, para su inscripción, así como garantizar y asegurar a los ciudadanos los derechos con respecto a terceros. Además, custodiar y suministrar a la colectividad la información correspondiente a bienes y derechos inscritos o en proceso de inscripción, mediante el uso eficiente y efectivo de tecnología y de personal idóneo, con el fin de facilitar el tráfico jurídico de bienes, con el propósito de contribuir a fomentar el desarrollo social y económico del país”.

El Registro Nacional fue creado por medio de la Ley n° 5695, emitida en el año 1978 llamada la Ley de Creación del Registro Nacional.

A continuación, se desarrollan los temas y subtemas que sustentan teóricamente la investigación.

## **2.2 Marco teórico Conceptual**

### **2.2.1 Conceptos de producción aplicados a líneas de ensamble**

#### *2.2.1.1 Eficiencia y productividad*

La eficiencia se define como “...utilización correcta de los recursos (medios de producción disponibles. Puede definirse mediante la ecuación  $E=P/R$ , donde P son los productos resultantes y R son los recursos utilizados”. (Chiavenato, 2004).

La eficiencia está orientada hacia la mejor manera de realizar las tareas utilizando la menor cantidad de recursos posibles, recursos como personas, materias primas, máquinas, entre otros. Un proceso es más eficiente cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo resultado o incluso cuando es posible con la misma cantidad de recursos lograr más resultados.

Por otro lado, productividad se entiende como “La relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. “Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos – trabajo, capital, tierra, materiales, energía información – en la producción de diversos bienes y servicios.” (Prokopenko, 1989)

De esta forma, cuando se habla de que alguien o algún proceso es más productivo significa que se está obteniendo más producto con menos cantidad de insumos o bien con el mismo insumo más cantidad de producto. La fórmula que representa la productividad es la siguiente:

$$\text{Productividad} = \text{Producto} / \text{Insumo}$$

A continuación se define el tiempo estándar, las variables a tomar en cuenta y el proceso para calcularlo.

### *2.2.1.2 Herramientas para la solución de Problemas*

Para realizar un proyecto que implique una mejora de un proceso en particular se debe siempre primero identificar un problema. Se dice que “El primero, y quizás el paso crucial tanto para el diseño de un nuevo centro de trabajo como para la mejora de una operación existente es la identificación del problema de una manera clara y lógica” (Niegel, 2009).

Para seleccionar el tipo de proyecto que se va a realizar existen variedad de herramientas exploratorias que se pueden utilizar para ayudar a definir el proyecto. A continuación se explican algunas de ellas.

#### **2.2.1.2.1 ANÁLISIS DE PARETO**

Mediante el análisis de Pareto se identifican las operaciones, trabajos o artículos de interés, se miden con una escala igual para todos y se ordenan posteriormente en orden descendente con una distribución acumulativa.

Generalmente los trabajos se rigen bajo la regla 80-20, lo cual quiere decir por ejemplo que el 20% de los trabajos ocasionan el 80% de los accidentes, o bien que el 20% de los productos representan el 80% del inventario que tenga la compañía. La siguiente figura muestra una distribución de Pareto de accidentes industriales.



Figura 1. Ejemplo de Distribución de Pareto. (Niegel, 2009)

### 2.2.1.2.2 DIAGRAMA DE PESCADO

Se conocen también como diagramas de causa-efecto. Este método consiste en que se define inicialmente la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto sería la cabeza del pescado. Posteriormente, una vez definido el efecto se trata de identificar las diferentes causas o factores que contribuyen a la conformación del efecto, estas serían las “espinas de pescado” las cuales se unen a la columna vertebral y la cabeza del pescado.

Generalmente las causas son divididas en las siguientes categorías: humanas, maquinaria, métodos, materiales, medio ambiente y administrativas. A partir de estas categorías principales se proceder a subdividir en subcausas y el proceso se continúa hasta detectar todas las causas posibles al problema que se está tratando. La Figura 3 muestra un diagrama de pescado.



Figura 2. Ejemplo de Diagrama de pescado. (Niegel, 2009)

### 2.2.1.2.3 METODOLOGÍA 5S

La metodología de las 5s se utiliza para organizar el trabajo de manera tal que minimice el desperdicio y asegurando que las zonas de trabajo estén limpias y organizadas. De esta forma se mejora la productividad, la seguridad y proveyendo las bases para la implementación de procesos esbeltos.

A continuación, se muestra el significado de cada una de las 5 s:

Tabla 1. Significado de las 5 s (Lean Solutions, 2016)

Denominación		Concepto	Objetivo particular
En Español	En Japonés		
Clasificación	整理, <i>Seiri</i>	Separar innecesarios	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
Orden	整頓, <i>Seiton</i>	Situar necesarios	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
Limpieza	清掃, <i>Seisō</i>	Suprimir suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
Estandarización	清潔, <i>Seiketsu</i>	Señalar anomalías	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
Mantener la disciplina	躰, <i>Shitsuke</i>	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos en este sentido

### 2.2.1.2.4 DIAGRAMA DE GANTT

El origen del diagrama de Gantt se remonta a las años 40. Surgió como una herramienta para el control y planeación de proyectos. En este diagrama se muestran las fechas de inicio y terminación de distintas actividades por medio de barras horizontales graficadas con respecto al tiempo. Las barras de actividades tienen un color inicial, por ejemplo blanco, y se van coloreando con respecto al avance que se va ejecutando en cada tarea. Las actividades se

pueden ordenar de forma secuencial para poder así determinar cuáles componentes del proyecto están retrasadas o adelantadas. Este tipo de diagrama se puede utilizar para organizar un proceso de producción o también para organizar la ejecución de actividades de una máquina o de un operario de una planta. La figura 4 representa muestra un diagrama de Gantt utilizado para identificar las operaciones de una máquina.

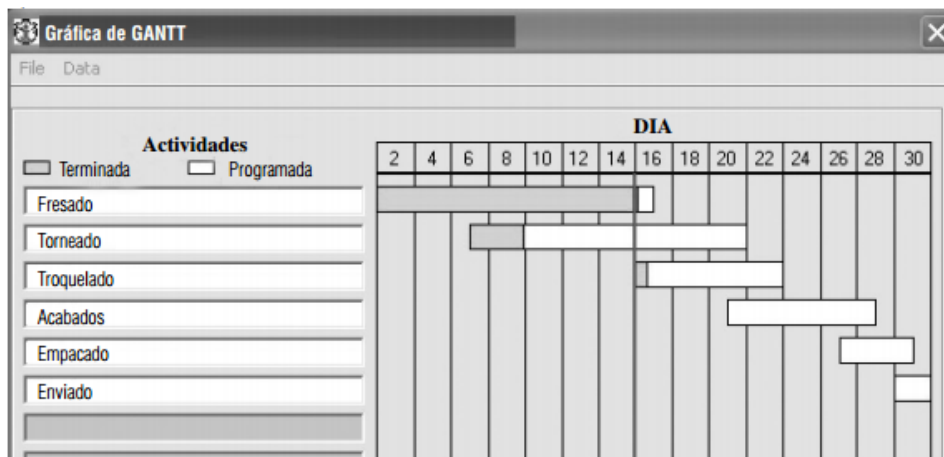


Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Gantt. (Niegel, 2009)

### 2.2.1.3 Administración de la calidad

En lo que se refiere a las operaciones de una empresa existen cuatro objetivos que se consideran fundamentales, que son el costo, la flexibilidad, la entrega y la calidad. El área de operaciones debe ser responsable de elaborar un producto de calidad para el cliente.

La calidad es define como “el hecho de satisfacer o superar las peticiones del cliente ahora y en el futuro. Ello significa que el producto o el servicio es apto para el uso del cliente”. (Schroeder,2011).

Cuando el producto es un bien manufacturado, se pueden definir las siguientes dimensiones de calidad:

- *Calidad de Diseño*: Esta se determina antes de que el producto sea elaborado y la respnsabilidad de esta caliad cae sobre un equipo interfuncional de diseño del producto.



- *Calidad de conformidad*: Se refiere a elaborar un producto que satisfaga las especificaciones.
- *Capacidades*: Cuando se dice que un producto debe contar con capacidades se refiere a que debe contar con disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento.
- *Servicio de campo*: Se refiere a que el producto elaborado debe tener garantía mediante la cual el producto pueda ser reparado o reemplazado después de que se ha vendido.

### 2.2.1.3.1 PLANEACIÓN, CONTROL Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

Planear, controlar y mejorar la calidad implica relacionar diversas partes de la organización. Se trata de una interacción continua entre el cliente y las operaciones. La figura 5 muestra cómo se dan las interacciones entre los diversos participantes del proceso de mejoramiento de calidad.

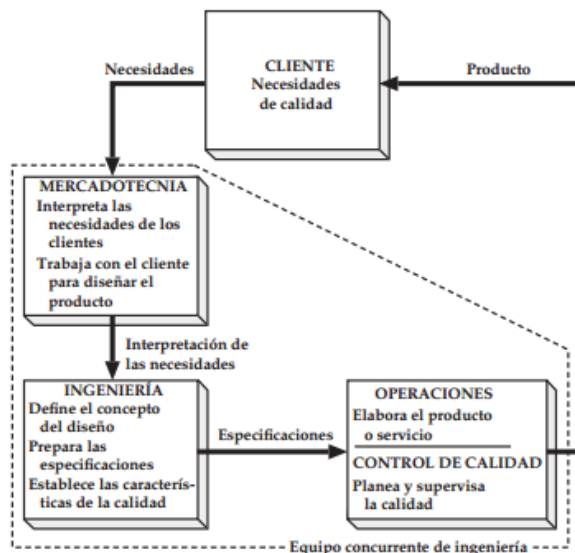


Figura 4. Ciclo de la calidad. (Niegel, 2009)

Planear, controlar y mejorar la calidad implica relacionar diversas partes de la organización. Se trata de una interacción continua entre el cliente y las operaciones. La figura 5 muestra cómo se dan las interacciones entre los diversos participantes del proceso de mejoramiento de calidad.

Cómo se puede apreciar en la figura inicialmente se determinan las necesidades de los clientes, lo cual lo realiza el departamento de mercadotecnia. Estas necesidades pueden ser investigadas o bien expresadas por los clientes. Luego el departamento de ingeniería trabaja para diseñar un

producto que satisfaga esas necesidades, preparan las especificaciones y establecen las características de la calidad. Una vez hecho esto el departamento de operaciones elabora el producto de acuerdo con las especificaciones. Operaciones debe además, planear y supervisar la calidad. El ciclo de la calidad se puede definir en los siguientes pasos secuenciales:

1. Definir atributos de calidad con base en las necesidades de los clientes.
2. Definir como se va a medir cada atributo.
3. Fijar los estándares de calidad.
4. Establecer las pruebas que se utilizaran para medir cada estándar.
5. Corregir las causas de una calidad deficiente
6. Mantenerse en mejora continua.

#### *2.2.1.4 Simulación*

##### **2.2.1.4.1 DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN**

Una simulación se puede definir “como una técnica experimental, que generalmente se realiza en una computadora para analizar el comportamiento de cualquier sistema que opere en el mundo real. La simulación involucra un proceso o sistema en el que el modelo produce la respuesta del sistema real ante eventos que suceden en este durante un período dado de tiempo”. (Meyers, 2006).

Mediante la simulación se pueden predecir resultados de sistemas complejos de producción, de servicios, de ensamble o manufactura. Se pueden obtener reportes que generan estadísticas del comportamiento del proceso o sistema y con base en estos reportes se pueden tomar decisiones con respecto a la distribución física de la línea, selección de equipo, recursos, asignaciones, entre otros.

##### **2.2.1.4.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN**

Dentro de las ventajas de utilizar simulación por computadora para representar sistemas es que existe la posibilidad de representar sistemas grandes y complejos que muchas veces se dificulta representar por modelos matemáticos. La posibilidad de ver representada la planta de manera visual es definitivamente algo distinto e valioso. La simulación permite estudiar efectos interactivos de muchos componentes representados en un ambiente dinámico y estocástico. También es importante

destacar que en caso de que un investigador deba justificar ante clientes o gerentes la utilización de un modelo en particular o el cambio en algún proceso, es mucho más sencillo de demostrar utilizando simulación en lugar de modelos matemáticos.

Se considera que la desventaja más grande que existe al utilizar modelos de simulación es el hecho de que si el sistema que se desea simular es muy grande, entonces el modelo correspondiente va a ser muy complejo, costoso y podría requerir mucho tiempo construirlo de forma tal que incluya todos los componentes, servicios y actividades que contempla el sistema. Otra desventaja es que algunas simulaciones no proporcionan soluciones óptimas, sino solo originan resultados con base en el modelo, por lo que la persona a cargo debe analizar distintos escenarios para definir la mejor alternativa posible.

#### **2.2.1.4.3 CÓMO FUNCIONA LA SIMULACIÓN**

Se hace a continuación una breve descripción de los pasos básicos que se deben seguir para construir un modelo de simulación. El investigador debe revisar los pasos y modificar de acuerdo con las necesidades particulares.

1. *Definir el problema:* Se plantea el problema y se enuncian los objetivos del estudio para conocer cuál es el propósito.
2. *Definir el sistema:* Se determinan los límites y/o restricciones del sistema en cuanto a recursos. En la vida real todos los sistemas enfrentan restricciones.
3. *Modelo Conceptual:* Se desarrolla un modelo gráfico con el propósito de definir los componentes del sistema.
4. *Diseño Preliminar:* Se seleccionan los factores que se consideren críticos para el rendimiento del desempeño y además, se define de qué forma deben ser investigados estos factores.
5. *Preparación de la entrada de datos:* Asegurarse de que los datos de entrada al sistema sean confiables.
6. *Traslación del modelo:* Desarrollar el modelo en el ambiente de programación.
7. *Verificación y validación:* El investigador debe confirmar que el modelo programado representa al sistema que se diseñó.
8. *Experimentación:* Manipulación del sistema en el software para comprender e investigar distintos escenarios.

9. *Análisis e interpretación:* Se desarrollan conclusiones con respecto a los resultados obtenidos.
10. *Implantación y documentación:* Se registran, documentan e implantan los resultados.

#### **2.2.1.4.4 SIMULACIÓN CON ARENA**

Arena es un software de simulación que combina el fácil uso de los simuladores de alto nivel con la flexibilidad y la capacidad de programar en un lenguaje sencillo de simulación. Por detrás en realidad lo que está programando es lenguaje de propósito general como Visual Basic o C. Este tipo de programación permite el uso de plantillas alternativas e intercambiables de simulación y también distintos módulos de análisis que se pueden combinar y así permitir el desarrollo de una amplia cantidad de modelos de simulación. Las plantillas contienen paneles, los cuales a su vez contienen a los módulos. Esto una organización muy eficiente y mucho más amigable a la vista.

Arena es flexible también en el sentido de que pueden utilizarse desde plantillas creadas por el usuario (Nivel más alto de programación), crear módulos customizados y reunirlos en plantillas propias, hasta incluso llegar a que el usuario quiera programar su propio código C o C++ en Visual Basic.

Arenas además, permite animación dinámica en el ambiente de trabajo y análisis estadísticos importantes que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar una investigación utilizando software.

A continuación se mencionan algunos conceptos importantes relacionados con simulación y se mencionan los bloques más importantes que posee Arena, los cuales son utilizados en esta memoria.

- *Entidad:* Son los elementos procesados a través del sistema. Tienen diferentes características.
- *Atributos:* Son las propiedades de una entidad.
- *Actividad o proceso:* Son las acciones del sistema. Tienen duración e incluyen recursos.
- *Recursos:* Son los medios que realizan los procesos. Definen quién o que está a cargo de realizar la actividad. Poseen capacidad, velocidad, fiabilidad.

- *Controles*: Determinan cómo, cuando y en qué lugar se desempeñan las actividades. Se realizan acciones dependiendo de algún acontecimiento. Pueden ser planes o políticas o bien procedimientos.
- *Variables*: Son elementos que definen las características del sistema. Tienen un carácter global.
- *Estado del sistema*: Es una colección de variables que contiene información sobre el estado actual del sistema.

Las entidades entran a los módulos y estos se encargan de modificar los atributos de las entidades. Algunos de los módulos más importantes y más utilizados cuando se realiza una simulación en Arena son los siguientes:

- *Create*: Aquí se crean las entidades que van a ser procesadas en la simulación. Un mismo sistema puede tener varios creates de ser necesario.
- *Route*: Transfiere una entidad de una estación a otra.
- *Station*: Este módulo define la localización física o lógica donde se produce el procesamiento.
- *Dispose*: Se encarga de retirar una entidad del modelo. Aquí se recolectan las estadísticas que corresponden a la entidad. Debe ubicarse al final de todas las instrucciones.
- *Process*: Las entidades entran y experimentan un proceso. Este proceso involucra utilización de recursos, demoras y liberación de los recursos.
- *Decide*: Se utiliza para direccionar entidades.
- *Assign*: Se utiliza para cambiar valores de atributos, figuras, variables, secuencias, entre otros.
- *Record*: Se utiliza para recolectar estadísticas o bien para ser utilizado como contador.

A continuación un sistema configurado en Arena:

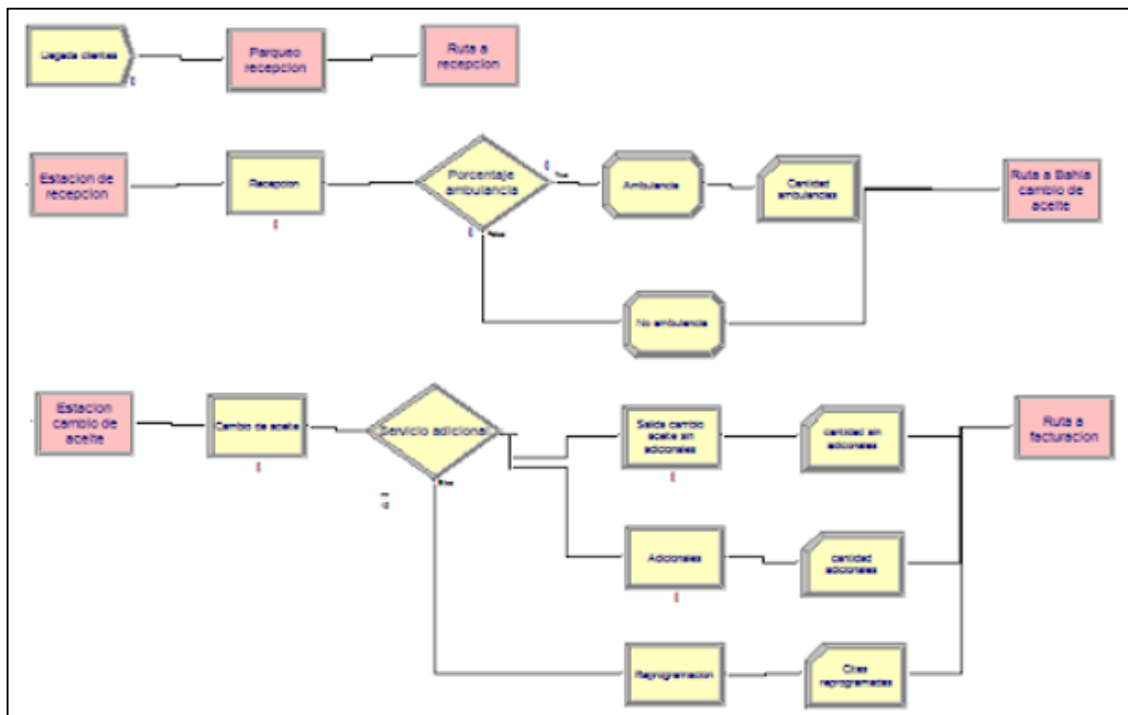


Figura 5. Simulación Arena. (Elaboración Propia)

# **Capítulo 3: Marco Metodológico**

Se explicará en este capítulo la metodología que será utilizada en esta memoria, la cual permite recopilar la información necesaria de la manera más adecuada posible. Se utilizará una serie de técnicas precisas y efectivas para lograr así obtener datos confiables y posteriormente analizarlos de acuerdo con los objetivos planteados.

Seguidamente se detallan el paradigma, el enfoque metodológico y el método seleccionado para realizar esta investigación; se describe el contexto en el cual se lleva a cabo la investigación; se enuncian las características de los participantes y por último se describen las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos.

### **3.1 Paradigma, el enfoque metodológico y el método seleccionado**

En el libro Metodología de la Investigación de Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 4), la investigación es definida como: ***“un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno”***.

Ya definida la investigación se puede mencionar que en la actualidad existen dos principales corrientes de pensamiento investigativo: la investigación cuantitativa y la investigación cualitativa.

En cuanto al enfoque cuantitativo, Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 4) mencionan que ***“... utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”***. En lo que respecta al enfoque cualitativo definen que ***“... utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación”***.

Antes de proceder a especificar cuál enfoque metodológico es el empleado en la presente memoria también es importante reconocer los movimientos filosóficos que dieron origen a las corrientes de pensamiento actuales. Por un lado, está el paradigma positivista el cual como lo mencionan Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 4) ***“... el estudio de los fenómenos sociales requiere ser científico...todas las cosas o fenómenos que estudiaban las ciencias eran***



**medibles**". Este paradigma fue evolucionando y es lo que se conoce ahora como Investigación cuantitativa.

Sumado a lo anterior, la investigación cualitativa tiene su origen en el paradigma naturalista, en el cual la autora Gurdián (2007, pág. 97) afirma que **"... Se centra en la lógica interna de la realidad que analiza. Quien investiga trata de comprender a las personas dentro del marco de referencia de ellas mismas"**.

Contemplando lo anteriormente expuesto y además, tomando en cuenta los objetivos planteados en la memoria, se puede afirmar que la memoria en cuestión se enfoca mayormente de manera cuantitativa, pero también realiza cierto análisis puntuales de forma cualitativa.

Las siguientes variables de la memoria implican una recolección de datos y análisis desde un pensamiento paradigmático positivista y enfoque cuantitativo:

- Diagnóstico del proceso actual de ensamblaje en la planta de Purdy Trabajo.
- Indicadores de productividad que se están utilizando actualmente en la planta de ensamblaje.

Además, el alcance o tipo de investigación de estas dos variables se puede definir como descriptivo y comparativo, ya que se miden conceptos, se definen variables y se cuantifican relaciones de estas variables con otras. También el tipo de investigación comparativa permite que se hagan predicciones sobre mejoras del sistema. Las siguientes definiciones explican brevemente lo que es una investigación descriptiva y comparativa.

Hernández, Fernández y Baptista en su libro Metodología de la Investigación (2014. pág. 92), señalan que: **"La investigación descriptiva busca especificar propiedades, las características y perfiles de personas, grupos, comunidades, proceso, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis"**.

Respecto a la investigación comparativa Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 93) señalan que **“...Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular”**.

Utilizar ambas técnicas, descriptiva y comparativa, permitirá la obtención de datos que ejemplifiquen el estado actual de la planta de ensamble de Toyota y posteriormente analizar estos datos con valores operacionales reales definidos como referencia para evaluar mejoras en los procesos.

Las tres categorías y/o variables restantes son las siguientes:

- Análisis de causas y factores que inciden en la eficiencia y productividad del proceso de ensamble.
- Diseño de la propuesta de mejora del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo.
- Implementación de la propuesta de mejora del proceso de ensamble

Las dos primeras variables serán enfocadas desde una perspectiva positivista-cuantitativa en mayor parte, pero también tendrá una sección de análisis naturalista-cualitativo.

El diseño de la propuesta de mejora de un proceso requiere descripción y comparación de datos para determinar cuál es el mejor modelo (técnica descriptiva y comparativa) pero también se detallará mediante un infográfico la descripción de la distribución de la planta propuesta (técnica fenomenológica).

Para la última categoría descrita se utilizará un pensamiento paradigmático naturalista, un enfoque cualitativo y una técnica de investigación fenomenológica.

Hernández, Fernández y Baptista en su libro Metodología de la Investigación (2014. pág. 493), señalan respecto a la investigación fenomenológica que: **“Su propósito principal es explorar, describir y comprender las experiencias de las personas con respecto a un fenómeno y descubrir los elementos en común de tales vivencias”**.

Tomando en cuenta la anterior definición se puede afirmar que esta técnica nos permitirá documentar el procedimiento necesario para implementar la propuesta de mejora.

### **3.2 Descripción del contexto**

La siguiente investigación, ha sido realizada en la empresa Purdy Motor, específicamente en el taller de servicio de la Sucursal de Purdy Trabajo, la cual se encuentra en el cantón de Uruca, distrito número siete del cantón central de San José, lugar en donde en los últimos años, se han venido instalando las empresas dedicadas a la venta de soluciones de transporte.

Se centra la investigación en el departamento de ensamble del taller, cuya fundación data del mes de abril del año 2016, cuando, luego de un largo periodo, el fabricante de camiones Hino, otorga el visto bueno al Grupo Purdy Motor, para iniciar las operaciones de la planta ensambladora, constituyéndose en la actualidad, como la única empresa costarricense que ensambla sus camiones en suelo nacional.

### **3.3 Características de los participantes y fuentes de información**

Se profundizará en el siguiente apartado, en las características técnicas y las aptitudes definidas, por la gerencia del Taller de Purdy Trabajo y el departamento de Recursos Humanos de Purdy Motor, que deberán tener los integrantes del departamento de ensamblaje. Así mismo, se hará referencia al organigrama actual de dicho departamento, donde se podrá apreciar de manera más clara, la estructura organizacional seleccionada por la empresa para llevar a cabo esta tarea.

A continuación, se detalla el organigrama actual del departamento de ensamblaje, el cual responde directamente a la gerencia del taller de Purdy Trabajo

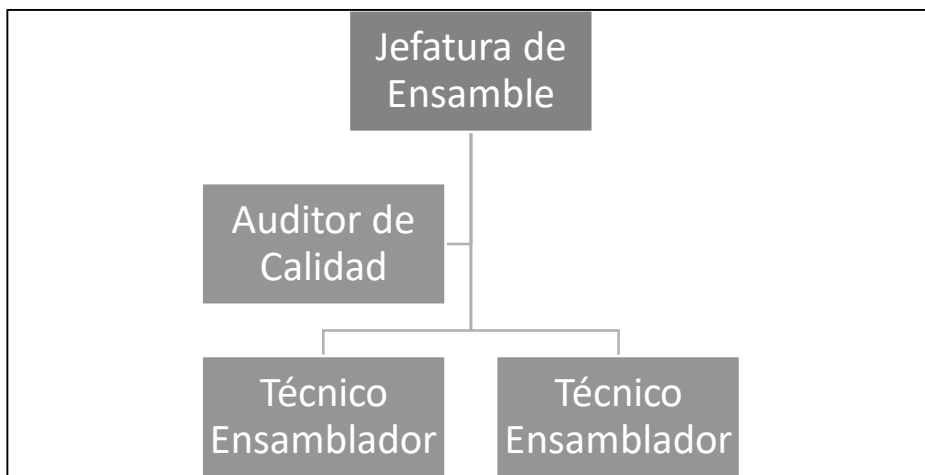


Figura 6. Organigrama planta de ensamble. Fuente: Gerencia de Taller, Purdy trabajo

Una vez expuesto el organigrama del departamento, se hará referencia a las principales habilidades técnicas, conocimientos y aptitudes que se consideran indispensables para la ejecución de cada uno de los diferentes puestos.

Iniciando por orden jerárquico, se presenta a continuación los atestados para el puesto de Jefatura de ensamble, cuya principal misión es supervisar, controlar y asignar cargas de trabajo para lograr el cumplimiento de todos los requerimientos técnicos, legislativos y de seguridad en cada unidad Hino ensamblada en Purdy Motor.

Dentro de las funciones del jefe de ensamble, se encuentra el manejo de documentos oficiales y la implementación de cambios en el proceso, controlar la productividad, velar por el cumplimiento de metas, planificación de logística interna, gestión de inventario y mejoramiento continuo de la línea.

De acuerdo con el departamento de recursos humanos de Purdy Motor, las principales habilidades y destrezas que tiene que tener esta persona, se encuentran:

- Estudiante de Ingeniería Industrial y/o Administración de Empresas, con al menos un avance del 50% de la carrera.
- Inglés técnico para leer manuales a un nivel avanzado.
- Dos años de experiencia en manejo de personal.

- Manejo de paquetes Office.

Para Hino, uno de los detalles más importantes es el tema de calidad, por esta razón, en cada una de sus plantas de ensamblaje alrededor del mundo, existe una persona responsable por certificar que el camión cumpla los estándares de calidad dictados por el fabricante. Esta persona ocupa el puesto llamado Auditor de Calidad, quien, por temas de control, no puede formar del proceso productivo.

Esta pieza del equipo debe velar por el aseguramiento del cumplimiento de todos los requerimientos técnicos, legislativos y de seguridad en cada unidad Hino ensamblada en Purdy Motor. Esta responsabilidad involucra una evaluación efectiva y objetiva de todos los criterios requeridos por Japón en los planos de ensamble y el reporte de cualquier inconsistencia.

El auditor de calidad debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Inglés técnico para leer manuales, a un nivel avanzado.
- Graduado de Colegio Vocacional o INA en mecánica automotriz,
- Mínimo dos años de experiencia como técnico de camiones Hino.
- Dominio de todas las herramientas especializadas (escáner, osciloscopio, etc.)
- Licencia para conducir vigente B3.
- Manejo de paquetes Office

Entrando en la parte productiva del organigrama, se hace mención a los técnicos, quienes son los responsables del proceso de ensamble de los camiones según los procedimientos establecidos por Hino (HML) y Purdy Motor, cumpliendo al pie de la letra cada requerimiento para el aseguramiento de la calidad de los vehículos terminados.

Dentro de sus habilidades y destrezas, según el departamento de recursos humanos de Purdy Motor, se mencionan:

- Técnico en Mecánica Automotriz para Vehículos Pesados o Vehículos Livianos.
- Conocimientos Básicos de inglés técnico.

- Mínimo dos años de experiencia como mecánico automotriz en vehículos pesados o livianos.
- Licencia para manejo de montacargas.

Para el desarrollo de este proyecto, la empresa Purdy Motor, procedió a contratar a una persona externa a la compañía y promovió a los tres restantes integrantes del equipo, situación que fue de agrado y motivación para el personal del área de taller, quienes lograron ser tomados en cuenta y enriquecer su experiencia laboral.

### 3.4 Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos

En esta sección se van a especificar las diferentes técnicas utilizadas para recolectar los datos e información con respecto a cada una de las variables y/o categorías definidas para esta memoria.

Hernández, Fernández y Baptista en su libro Metodología de la Investigación (2014. pág. 198), señalan con respecto a la recolección de datos que: ***“...consiste en recolectar los datos pertinentes sobre atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo/análisis o casos (participantes, grupos fenómenos, procesos, organizaciones, etcétera.”***

Usar los correctos instrumentos de recolección es indispensable para posteriormente utilizar las adecuadas técnicas de análisis de datos.

A continuación, se indican las variables y/o categorías y su correspondiente instrumento de recolección de datos:

- *Diagnóstico del proceso actual de ensamblaje en la planta de Purdy Trabajo* → Para esta categoría se utiliza una matriz de registro, en la cual se documentarán todos los elementos que intervienen en el proceso de ensamble de camiones medianos. Se debe enlistar el paso a paso del proceso de ensamble, los recursos humanos que intervienen, así como también las herramientas utilizadas. Se recolectarán datos de un Manual de ensamble.
- *Indicadores de productividad que se están utilizando actualmente en la planta de ensamblaje* → Para determinar los indicadores de productividad se deben recolectar los datos inicialmente por medio de un

software simulado y posteriormente estos datos serán analizados en una tabla de Excel.

- *Análisis de causas y factores que inciden en la eficiencia y productividad del proceso de ensamble* → A partir de los datos recolectados se utilizarán distintas herramientas de resolución de problemas como el Diagrama de Pareto y Diagrama de Ishikawa.
- *Diseño de la propuesta de mejora del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo* → De nuevo en este caso la recolección de datos se da por medio del software de simulación, y luego se documentarán estos datos en un archivo de Excel, en el cual se compararán distintos escenarios y posteriormente se elegirá el mejor modelo basado en el resultado.
- *Implementación de la propuesta de mejora del proceso de ensamble* → Se expondrá el plan de acuerdo con los resultados obtenidos.

### 3.5 Cuadro Operacional

Se presenta a continuación, el cuadro operacional que resume el objetivo general de la memoria, las variables y/o categorías, definición, instrumentación y operacionalización de cada una de los elementos.

Tabla 2. Cuadro operacional

Objeto	Variables y/o categorías	Definición	Instrumentación	Operacionalización
Propuesta de mejora que permita la estandarización del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo en la Uruca, San José, Costa Rica, durante el último trimestre del año 2016	1. Diagnóstico del proceso actual de ensamble en la planta de Purdy Trabajo s	Son todos los procesos, pasos de ejecución, personal y herramientas que se utilizan en la mano de obra que intervienen en el ensamble de camiones medianos	Revisión documental y el instrumento es una matriz de registro.	Realizar el proceso de descarga y acomodo de piezas en un plazo no mayor de 8 horas.  Ensamblar cada unidad en un plazo de 30 horas o menos.
	2. Indicadores de productividad que se están utilizando actualmente en la planta de ensamble	Son todos los beneficios que podrían resultar para la empresa en el caso de que estandaricen y balanceen un proco de ensamble. Cuáles repercusiones positivas trae para la empresa un adecuado balanceo de la línea de ensamble.	Cuantificación de los costos, ahorro de recursos y Ganancias utilizando un archivo de Excel y con ayuda de un software de simulación. De archivos internos de la empresa se obtendrán los valores actuales y se creará una tabla en la cual se pueda, mediante fórmulas,	Los costos de reproceso deberán ser de 0 colones por unidad.  Los costos de materiales y otros recursos locales para arrancar cada camión no deberán superar los \$500.  Los camiones no

		determinar el impacto en estos indicadores.	deberán de presentar ningún desperfecto relacionado con el tema de seguridad una vez que sea haya concluido el proceso de ensamblaje.
3. Causas y factores que inciden en la eficiencia y productividad del proceso de ensamble	Los indicadores de eficiencia de la planta son todos aquellos indicadores que miden la productividad y eficiencia actual de la línea de ensamblaje.	Software de simulación que mide la mejora en eficiencia según los indicadores de Colas, cantidad de camiones armados, Lead Time, Calidad del trabajo y productividad.	El trabajo deberá ser distribuido y programado de manera tal que los técnicos mantengan una ocupación del 85% o mayor durante el proceso de ensamblaje.
4. Propuesta de mejora del proceso de ensamble en la planta de Purdy Trabajo.	Una mejora de proceso hace referencia a una forma de optimizar la eficiencia y eficacia. También implica mejorar los controles y reforzar mecanismos internos para hacer frente a distintas situaciones futuras.	Software que permita gráficamente hacer un rediseño de la planta actual y además, obtener datos, que posteriormente serán evaluados utilizando tablas en Excel.	La mejora será significativa si al momento de implementarla el tiempo de armado de cada camión se reduce en un 15% o más.



# **Capítulo 4: Análisis e interpretación de Resultados**

## **4.1 Procedimiento**

Se analizará en el siguiente capítulo, mediante el uso de la simulación, la situación actual del proceso de ensamble en el Taller de Servicio de Purdy Trabajo. A partir de los resultados obtenidos, se generarán conclusiones con respecto a las causas que originan el problema central del estudio, así como sus repercusiones.

Al mismo tiempo se estarán involucrando indicadores de desempeño relevantes, los cuales son producto del estado actual del proceso de ensamble. El propósito de este estudio, es lograr un diagnóstico preciso de aquellos procesos que se pueden innovar, con el objetivo de optimizar los recursos de la empresa y lograr un mejor desempeño.

## **4.2 Descripción del proceso**

El proceso de ensamblaje se inicia con la llegada los contenedores, vía marítima, al país a través del puerto del Atlántico. Luego de esto, las piezas que vienen dentro de los contenedores, son trasladadas al almacén fiscal ubicado en La Valencia, Heredia, vía terrestre. En esta etapa, se debe esperar a que se proceda al desempaque de los cuatro contenedores y se realice un aforo físico de los componentes.

El proceso continúa, una vez que el aforador haya finalizado la inspección y el chequeo de la mercadería, usando como referencia la factura comercial y los respectivos documentos aduanales. Luego de ser chequeada, la misma se podrá des almacenar y trasladar al Taller de Purdy Trabajo, ubicado en la Uruca, donde se procederá a ensamblar cada uno de los lotes de dos camiones.

La planta de ensamblaje cuenta con una zona de almacenamiento, en la cual los distintos componentes del camión, son colocados de manera temporal, con el fin de que se localicen a fácil acceso de los miembros del equipo de ensamble.

A continuación, se detalla el proceso de ensamblaje de camiones marca Hino, serie 500, con el detalle de cada una de sus distintas etapas.

### 4.3 Diagrama lógico de proceso

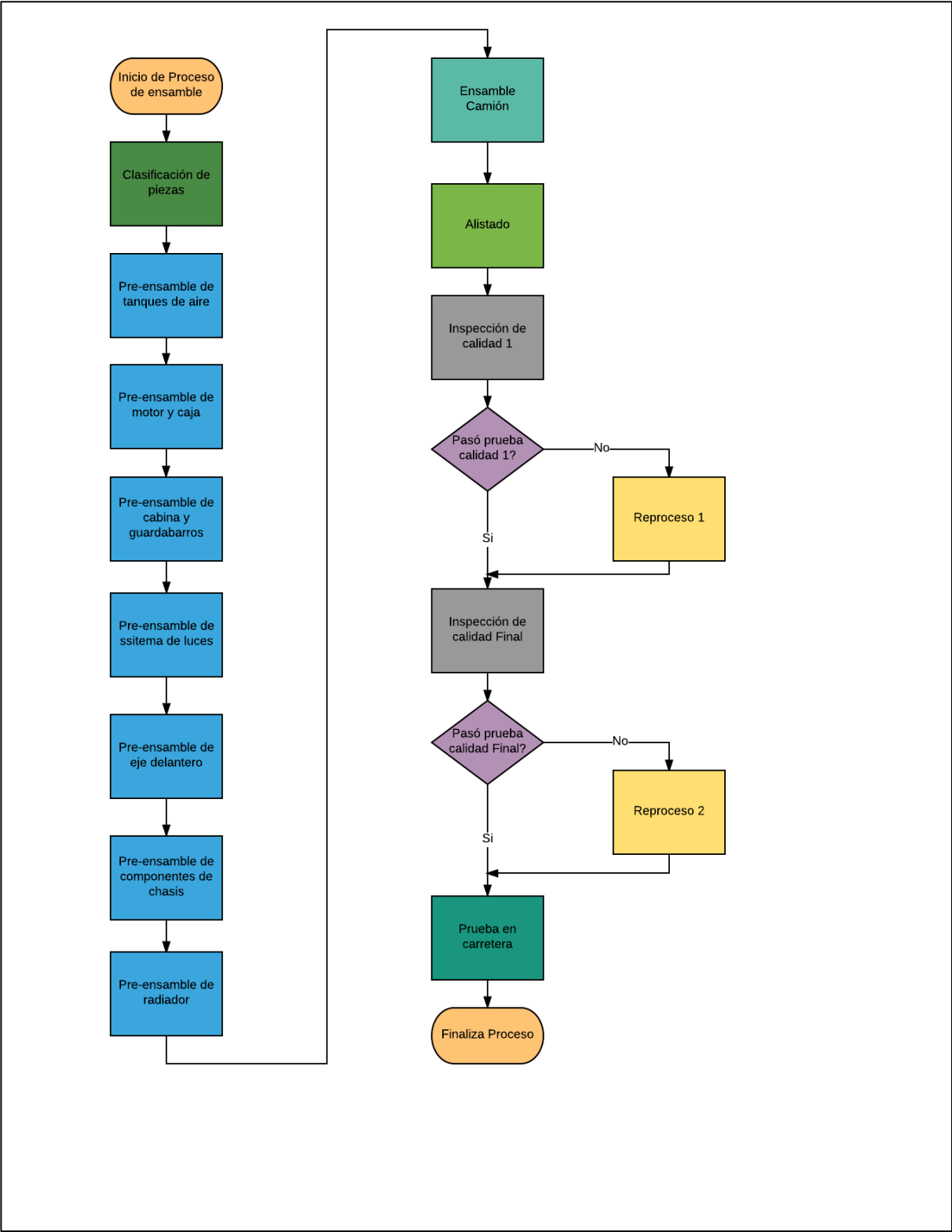


Figura 7. Diagrama lógico del proceso

### 4.3.1 Análisis Causa-raíz

Se determina a continuación, por medio de un análisis de Ishikawa, las principales causas que inciden en el comportamiento actual de la planta. Se pretende a partir de este estudio, evidenciar e identificar los aspectos que sean importantes de corregir, con el fin de estandarizar el proceso de ensamblaje de camiones en la Planta de Purdy Trabajo. Seguidamente, se presenta el diagrama de Ishikawa realizado.

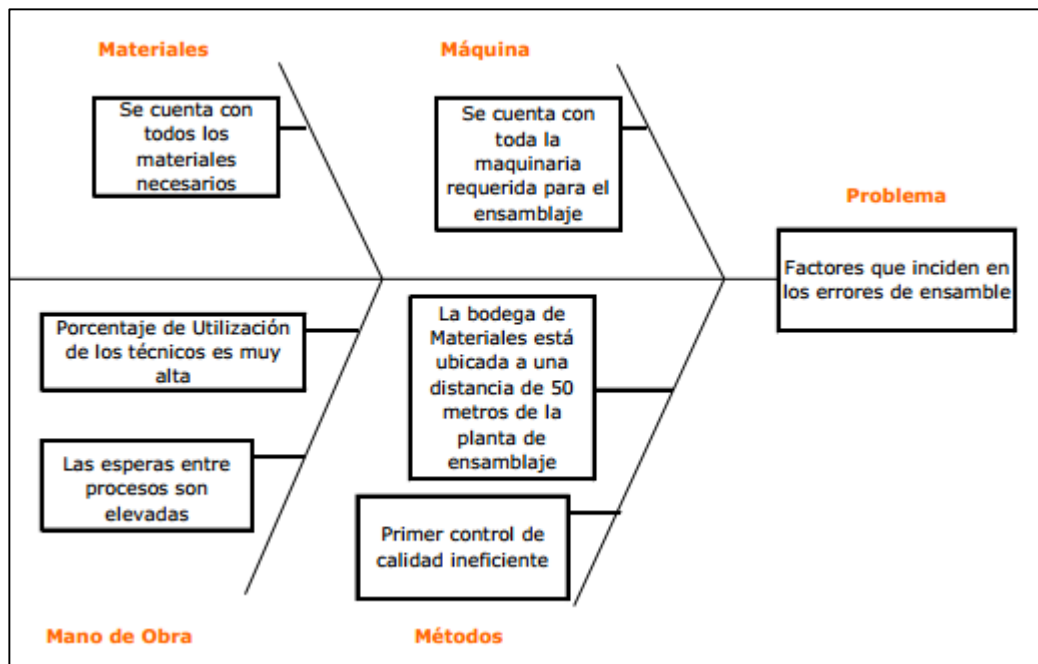


Figura 8. Análisis Causa-Raíz

A partir del diagrama de Ishikawa anterior se logra determinar que las principales causas de los errores radican en algunos de los métodos que se utilizan en el proceso de ensamble y también en la mano de obra. La ubicación de la bodega es inamovible debido a temas logísticos por lo que se descarta esta causa como una posible mejora.

### 4.4 Información de entrada del modelo

Para el desarrollo del siguiente proyecto, es indispensable obtener información confiable en cada una de las etapas del proceso. En esta etapa los datos que se recolecten y utilicen como insumo, marcarán la diferencia en gran parte de los resultados. El objetivo de obtener la información del día a día del proceso

operativo de la planta de ensamblaje, radica en que al momento de introducir los datos recolectados el software de simulación, se pueda obtener los resultados de los respectivos escenarios lo más cercano a la realidad, asegurando una mayor probabilidad de obtener éxito en las contramedidas a implementar.

La información fue obtenida durante los periodos de operación normal de la planta de ensamble, siendo los mismos desde las 7:00 AM hasta las 4:00 PM por un periodo de tres semanas.

Para obtener los datos, se contó con el recurso del ingeniero de proceso de la Sucursal de Purdy Trabajo y el Jefe de Taller de la planta de ensamble, quienes documentaron las horas de llegada de los lotes, tiempos de proceso, tiempos de espera en las bahías donde se realiza dicha labor.

La toma de tiempos se realizó según el plan a continuación:

*Tabla 3. Plan de Toma de Tiempos*

ACTIVIDAD	RECURSOS	FECHA	HORA DE INICIO	HORA FINAL
Toma de tiempos	2	Del 24-10 al 14-11	6:55AM	4:05PM

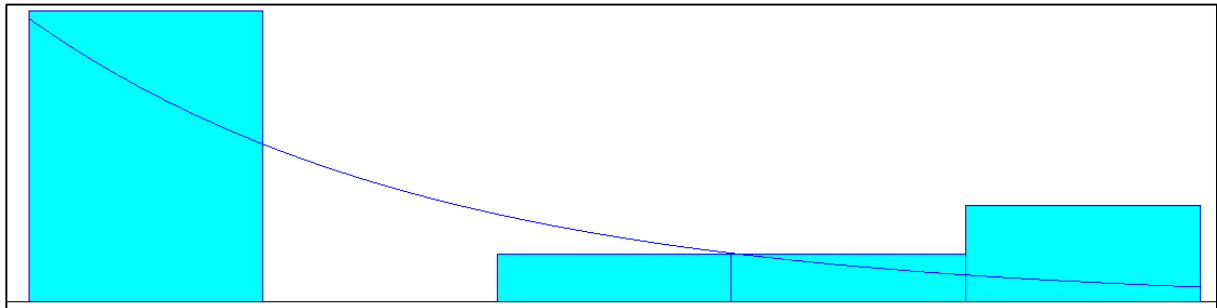
#### **4.5 Análisis estadístico de los datos de entrada**

Como resultado de la toma de tiempos, se presenta a continuación los datos estadísticos de los tres procesos más relevantes y los cuales fueron sometidos a un analizador de datos, así como un cuadro con los diferentes tiempos de cada uno de los restantes procesos.

##### Datos de llegada de lotes:

Las llegadas de los lotes, compuestos por dos camiones cada lote, son de manera constante, en la cantidad de un lote por cada día de la semana.

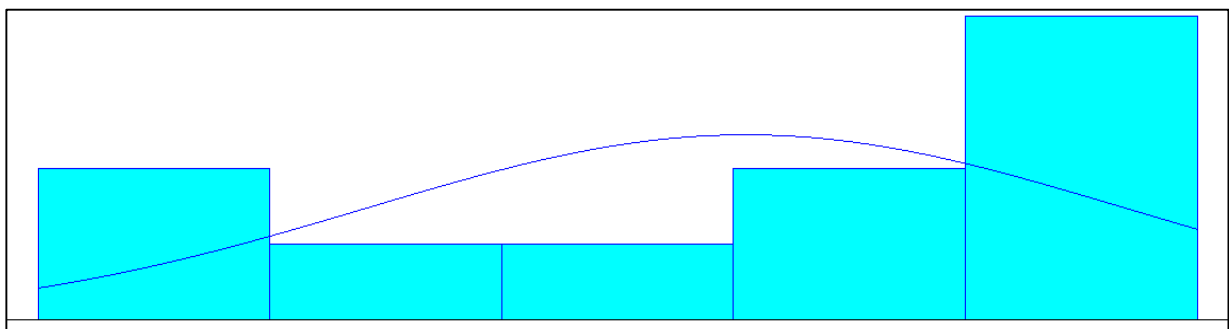
Datos del proceso de clasificación de piezas:



Distribution Summary

Distribution: Exponential  
Expression:  $290 + \text{EXPO}(0)$   
Square Error: 0.112230  
Kolmogorov-Smirnov Test  
Test Statistic = 0.183  
Corresponding p-value > 0.15

Datos del proceso de ensamble:



Distribution Summary

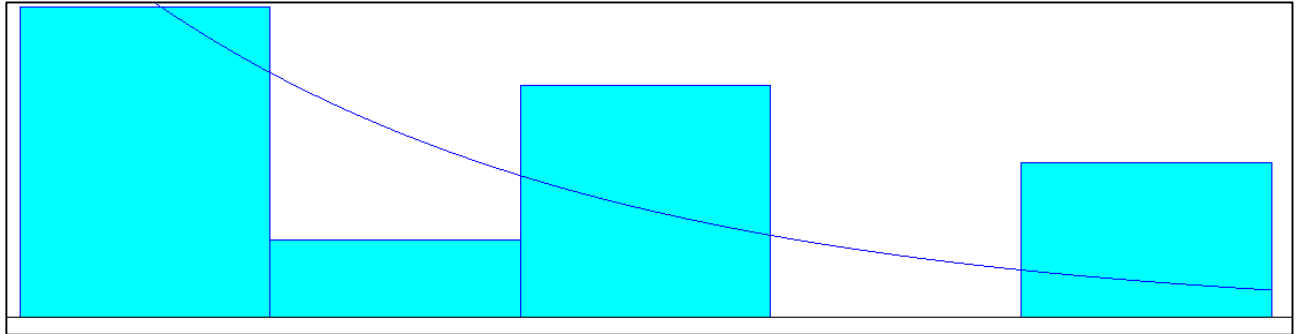
Distribution: Normal  
Expression:  $\text{NORM}(0, 0)$   
Square Error: 0.091912

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.163

Corresponding p-value > 0.15

Datos del proceso de control de calidad realizado por el auditor:



Distribution Summary

Distribution: Exponential

Expression:  $393 + \text{EXPO}(0)$

Square Error: 0.076167

Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.278

Corresponding p-value > 0.15

Adicional a estos tiempos se procedió a documentar cada uno de los procesos restantes que conforman el pre ensamblaje del camión mediano marca Hino. Se presenta a continuación un cuadro con los resultados.

Tabla 4. Procesos de Pre-ensamble

Tarea de pre ensamble	Distribución	Minutos	Desviación estándar	Recursos
Tanques de aire	Normal	120	20	1
Motor y caja de cambios	Normal	120	35	1
Guardabarros y cabina	Triangular	160,180,200	NA	1
Sistema de luces	Normal	90	20	1
Eje delantero	Triangular	120,180,220	NA	1
Eje trasero	Triangular	120,180,220	NA	1
Componentes de chasis	Normal	120	20	1
Radiadores	Normal	90	10	1

#### 4.6 Definición de las medidas de desempeño

Se presentan en esta sección los datos que se consideran de vital relevancia para el análisis de la simulación del proceso, de manera que nos muestren donde se debe prestar especial atención y tomar decisiones para crear escenarios que nos permitan mejorar los resultados a un nivel óptimo.

A continuación, se muestran las medidas de desempeño que vamos a utilizar en este análisis.



Tabla 5. Medidas de desempeño utilizadas

MEDIDAS DE DESEMPEÑO	JUSTIFICANTE
Cantidad de lotes	Se deben contar la cantidad de lotes que se ensamblan con los recursos actuales
Cantidad de reproceso después de inspección de calidad uno	Se deben contar la cantidad de lotes con desperfectos luego de la primera prueba de calidad
Cantidad de reproceso etapa final	Se deben contar la cantidad de lotes con desperfectos que identifica el auditor de calidad
Porcentaje de Utilización de Ensambladores	Se debe conocer el porcentaje de tiempo en que los ensambladores se mantienen ocupados para tomar decisiones al respecto.
Porcentaje de Utilización de Auditor de Calidad	Se debe conocer el porcentaje de tiempo en que el auditor de calidad se mantiene ocupado para tomar decisiones al respecto.
Tiempos de espera alistado	Es importante conocer los tiempos de espera en este proceso para valorar si es aceptable o no y poder comparar los impactos de los diferentes escenarios simulados.
Tiempos de espera clasificación de piezas	Se debe conocer el porcentaje de tiempo en que los empleados de esta área se mantienen ocupados para tomar decisiones al respecto.
Tiempos de espera ensamble de camión	Se debe conocer el porcentaje de tiempo en que los empleados de esta área se mantienen ocupados para tomar decisiones al respecto.
Tiempos de espera pre ensamble de tanques de aire	Se debe conocer el porcentaje de tiempo en que los empleados de esta área se mantienen ocupados para tomar decisiones al respecto.
Tiempos de espera reproceso uno	Se debe conocer el porcentaje de tiempo en que los empleados de esta área se mantienen ocupados para tomar decisiones al respecto.

### Modelo de simulación

Utilizando el software de simulación Arena se ingresa el modelo a simular para lo cual se consideran los siguientes datos:

*Recurso de ensambladores:*

Cuenta con 2 ensambladores que pueden trabajar, dependiendo de la tarea, de manera independientemente uno del otro o de manera conjunta. Estos empleados cuentan con 15 minutos diarios de receso en la mañana, 1 hora de almuerzo y 15 min de receso por la tarde.

Los descansos los toman de manera simultánea, ya que no es relevante para el proceso de ensamblaje que siempre exista al menos un ensamblador trabajando durante la jornada laboral. Dicha jornada inicia a las 7:30 am hasta las 5:30 pm.

La jornada laboral de estos empleados se describe a continuación:

*Tabla 6. Jornada Laboral ensambladores*

RECURSOS	HORAS
1	2
1	2.75
1	4.25

*Auditor de calidad:*

El auditor de calidad es un recurso en total, los horarios de almuerzos y descansos son los mismos que los ensambladores.

*Tabla 7. Jornada Laboral Auditor de calidad*

RECURSOS	HORAS
1	2
1	2.75
1	4.25

*Jefe de ensamble:*

Para el caso de la jefatura de ensamble, el horario es el mismo de los colaboradores de su equipo, y al no participar en el proceso operativo, no será considerado para los modelos a desarrollar.

### *Reprocesos:*

Es cualquier detalle que se salga de los estándares de armado de un camión marca Hino según su fábrica, Hino Motors Limitada. Los reprocesos son producto de algún tipo de falla, las cuales a su vez se clasifican de la siguiente manera:

#### Fallas de apariencia:

Hay dos tipos de falla de apariencia:

- La primera, es la falla de apariencia leve, la cual no es perceptible a simple vista para el cliente final.
- La segunda es la falla de apariencia severa, la cual sí podría ser perceptible a simple vista por el cliente final.

#### Fallas de seguridad:

Hay dos tipos de falla de seguridad:

- La primera, es la falla de seguridad leve, la cual podría provocar un daño a mediano plazo en el camión y no atenta de manera inmediata a la seguridad de los ocupantes del vehículo.

La segunda es la falla de seguridad severa, la cual sí podría llegar a afectar la seguridad de los ocupantes del camión de manera inmediata.

Los cuatro tipos de fallas deben ser corregidos antes de que el camión se dé por terminado, y el responsable de clasificar y documentar las mismas es el Auditor de Calidad.

En el cuadro a continuación se presenta el detalle del histórico de fallas de la planta, tomando como referencia los primeros siete lotes de camiones que fueron ensamblados en la planta de Purdy Trabajo.

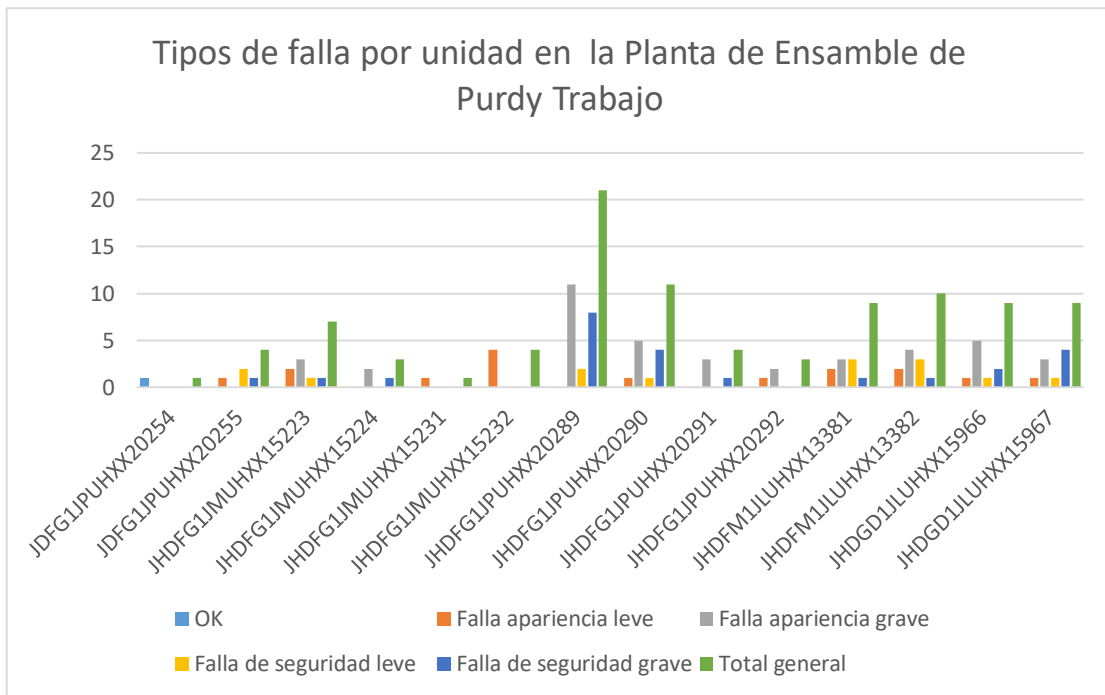


Figura 9. Tipos de fallas por unidad en la planta de Ensamble de Purdy Trabajo

#### Replicaciones:

Se configura en Arena que se replique 90 veces la simulación para obtener valores promedio más parecidos a la realidad.

A continuación, se muestra el diagrama del proceso que se modelará en Arena.

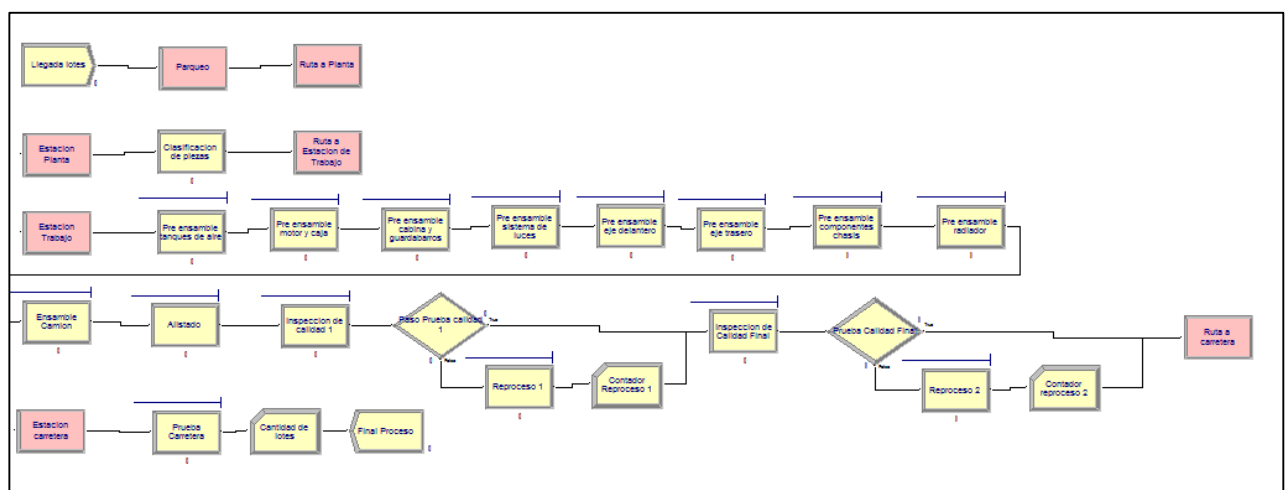


Figura 10. Diagrama de proceso en Arena

## Resultados

Se muestran a continuación, los valores obtenidos basados en la simulación del proceso actual, tal y como opera actualmente.

Tabla 6: Resumen de Resultados del escenario actual. En relación con los tiempos de espera, el dato se presenta en minutos.

*Tabla 8. Resumen Resultados Escenario Actual*

MEDIDAS DE DESEMPEÑO	RESULTADO
Cantidad de lotes	8
Cantidad de reproceso después de inspección de calidad uno	5
Cantidad de reproceso etapa final	3
Porcentaje de Utilización de Ensambladores	99%
Porcentaje de Utilización de Auditor de Calidad	57%
Tiempos de espera alistado	4114
Tiempos de espera clasificación de piezas	7908
Tiempos de espera ensamble de camión	4907
Tiempos de espera pre ensamble de tanques de aire	4802
Tiempos de espera reproceso uno	3258

### **4.7 Verificación de Resultados**

Se estarán tomando en cuenta para efectos del estudio, los resultados de la simulación de Arena, específicamente los datos del promedio máximo de lotes ensamblados en un total de 90 replicaciones. Este valor es muy cercano a la realidad.

La duración de los diferentes procesos indica valores de tiempo aceptables, no se encuentran desviaciones que despierten dudas, se concluye que el modelo es confiable.

## 4.8 Análisis de Resultados

Se muestran valores de mayor relevancia en la tabla resumen de resultados. El primero de ellos es el porcentaje de utilización de los ensambladores, el cual se obtuvo del resultado de la simulación con un valor del 99%, este valor se considera sumamente alto.

Consecuentemente, los tiempos de espera entre proceso son muy elevados, sumando en las cinco principales líneas, un total de 24,989 minutos, en las 90 replicaciones efectuadas.

Definitivamente, la simulación es fiel reflejo de la realidad, por lo que hay varios aspectos que deben profundizarse para lograr una mayor eficiencia y efectividad en el proceso de ensamblaje.

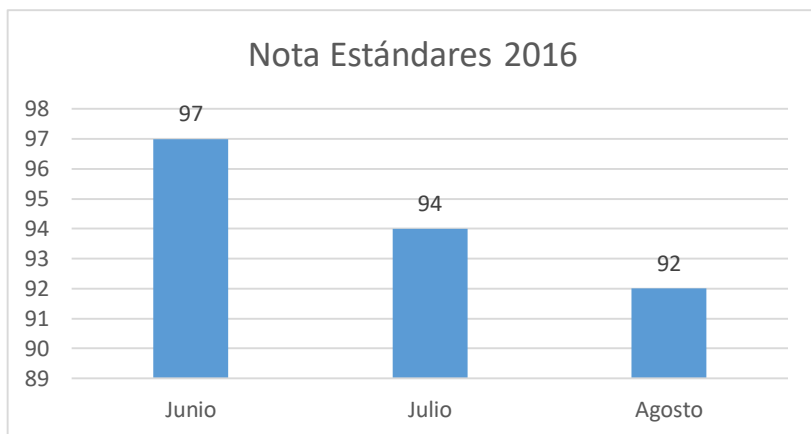
La herramienta de la simulación, permite hacer diferentes ensayos, variando la información de entrada en el sistema. Por lo cual existe la facilidad de simular el proceso nuevamente, realizando cambios en los datos de entrada, y así observar los impactos y hasta encontrar un punto óptimo de funcionamiento.

Al contar con un porcentaje de ocupación de los ensambladores en niveles tan altos, es sumamente probable que se estén descuidando factores de calidad, orden y estándares de operación.

Es relevante, que además, de centrar el estudio en los resultados del análisis productivo realizado por medio del software Arena, considerar indicadores críticos para el buen desempeño de la planta de ensamblaje y su actual resultado. Dentro de la lista de estos indicadores, se destacan los siguientes:

- Evaluación de estándares de Operación 5's.
- Costos de materiales y/o adiciones por camión ensamblado (lubricantes, detalles de carrocería, etc.)

A continuación, un gráfico, con el detalle de la nota obtenida en las evaluación mensual de estándares de operación realizada por el Ingeniero de Proceso de la Sucursal de Purdy Trabajo en los meses de junio a agosto del 2016.



*Figura 11. Nota Estándar 2016*

Dentro de los principales puntos por los cuales la nota ha disminuido, se mencionan:

- Carencia de demarcación de la planta de ensamble.



*Figura 12. • Carencia de demarcación de la planta de ensamble*

- Inconsistencias en el uso del equipo de seguridad.



*Figura 13. Inconsistencias en el uso del equipo de seguridad*

- Falta de aplicación correcta de las 5's en el proceso, inadecuada ubicación de componentes y desorden en las cajas de herramientas.



Figura 14. Inconsistencias en el uso del equipo de seguridad

En relación con el tema de costos, se presenta a continuación el detalle por lote ensamblado en los meses de junio a agosto:



Figura 15. Monto de gastos de materiales por lotes ensamblados de junio a agosto 2016

Como se observa en el cuadro anterior, en el lote número cuatro, los costos se vieron afectados de manera significativa, debido a un percance, el cual afectó uno de los componentes de los camiones que fueron ensamblados en la planta de Purdy Trabajo.



# **Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones**

## **5.1 Conclusiones**

Una vez realizada la simulación del proceso y el análisis de los resultados obtenidos en la planta de ensamble de Purdy Motor se pueden resaltar las siguientes conclusiones:

- Actualmente el porcentaje de utilización de los ensambladores es muy elevado. Esto repercute en riesgos de salud ocupacional, desempeño y consecuentemente la calidad del proceso de ensamble se podría ver afectada.
- Los tiempos de espera o colas que se presentan en las distintas etapas del proceso de ensamble es muy elevado. Las colas se presentan en ciertas etapas clave del proceso, por lo que esto limita la cantidad de camiones ensamblados que se podrían fabricar. Por ejemplo, en la etapa de ensamble se determinó una cola de 4907 minutos y en clasificación de piezas 7908 minutos. Se considera que modificando la cantidad de recursos estos valores podrían mejorar.
- Se evidencia un decrecimiento en la nota de evaluación mensual de cumplimiento de estándares, en particular las 5s. La nota disminuyó 5 puntos porcentuales desde junio 2016 a agosto 2016.
- El proceso de control de calidad uno, no está dando el resultado deseado, ya que los vehículos ensamblados continúan presentado fallas de apariencia y de calidad.
- La planta carece de una oficina para la lectura de planos y la misma no se encuentra demarcada para el acomodo y distribución de sus herramientas y espacios de trabajo.

## **5.2 Recomendaciones**

- Según el modelo de ensamblaje simulado en el software Arena y de acuerdo con los resultados obtenidos de utilización, se determina la necesidad de contar con un recurso adicional en el proceso de ensamble, con el fin de disminuir la ocupación de los ensambladores a niveles aceptables y mejorar la calidad de los procesos. La inclusión de este recurso adicional repercutiría no solo en la disminución de la utilización, sino que también mejoraría los tiempos de espera.

- Evaluando a profundidad el hallazgo relacionado con el deficiente resultado del proceso de control de calidad uno, surge la recomendación de diseñar y aplicar una guía para el control de calidad, para la cual se deberá ejecutar su respectivo proceso de capacitación para su uso correcto. Adicionalmente y de manera paralela se recomienda llevar a cabo una documentación y un análisis de las fallas presentadas para el desarrollo de sus contramedidas.
- En relación con el cumplimiento de estándares de 5`s se procedió con la recomendación de la construcción de oficina para la custodia y consulta de los planos de ensamblaje, reacomodo y asignación de espacios de herramientas y desarrollo de un plan diario de mantenimiento del orden y limpieza en la planta de ensamble, donde por espacio de 15 minutos, sus integrantes al final de cada jornada, estarán desarrollando labores de orden y limpieza, con la debida colaboración y supervisión del Jefe de planta.

# **Capítulo 6: Propuesta**

## **6.1 Justificación de escenarios a evaluar**

Como se pudo determinar en el capítulo anterior, existen situaciones actuales presentes en la planta de ensamble que se podrían mejorar mediante una correcta asignación de recursos y distribución del trabajo para lograr de esta forma disminuir los principales problemas. Dentro de los indicadores más relevantes que se pudieron observar se encuentran los siguientes:

- El porcentaje de utilización de los ensambladores es muy alto.
- Los tiempos de espera entre procesos es muy elevado.
- Existe una incidencia en errores de calidad en los camiones de los lotes ensamblados.
- A nivel de infraestructura, la planta carece de una oficina donde se puedan almacenar de manera segura los planos de armado y los técnicos puedan consultarlos.

Para la solución de los aspectos antes indicados, se procede a la respectiva propuesta, donde se ataca cada una de las causas en el diagnóstico realizado anteriormente.

## **6.2 Propuesta**

Tomando como referencia el diagrama de Ishikawa presentado en el capítulo cuatro, se logró identificar las causas que inciden en el alto nivel de errores, así como los aspectos relevantes en el método y mano de obra que deben ser corregidos.

### **6.2.1 Primer control de calidad**

Por medio de un análisis de Pareto, en conjunto con la Jefatura del departamento de ensamble, se elabora la siguiente tabla de criterios, con el fin de ejecutar las contras medidas necesarias y revertir el resultado del primer control de calidad. Es importante destacar que este proceso es realizado exclusivamente por los técnicos ensambladores.

Tabla 9. Tabla de Criterios

Puntuación	Criterio
1	No relevante
2	Medianamente relevante
3	Relevante
4	Medianamente prioritario
5	Altamente prioritario

### 6.2.1.1 Causas por orden de prioridad:

Tabla 10. Causas por orden de prioridad

Actividad	Criterio	Peso	Acumulado
Carencia de una guía para aplicar el Control de Calidad uno	5	0.33	33%
Capacitación enfocada en la inspección final	4	0.27	27%
Carencia de un análisis de los casos de los problemas de calidad	3	0.20	20%
Falta de supervisión	2	0.13	13%
Seguimiento de resultados por lote	1	0.07	7%
Totales	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>

A través de la tabla anterior, se definen las prioridades para las actividades relacionadas con la mejora propuesta en el proceso de control de calidad uno.

### 6.2.1.2 Contramedidas

Tomando como referencia los resultados de la tabla de criterios y la asignación de peso a cada una de las actividades, se desarrolla el siguiente plan de acción, donde se hace énfasis en los tres primeros hallazgos.

Tabla 11. Cronograma de Implementación

Cronograma de Implementación			
Meses	Fecha		Responsable
<b>Contramedida:</b>			
Diseño y aplicación de guía para ejecutar el control de primer control de calidad	Octubre	Noviembre	GT
<b>Actividades:</b>			
Diseño de guía	→		Auditor de Calidad
Revisión de propuesta	→		Gerente de Taller
Implementación	→		Jefe de Planta
Meses	Fecha		Responsable
<b>Contramedida:</b>			
Capacitación para la aplicación de la guía del primer control de calidad	Noviembre	Diciembre	GT
<b>Actividades:</b>			
Capacitación teórica	→		Auditor de Calidad
Capacitación práctica	→		Auditor C / Técnicos
Meses	Marzo		Responsable
<b>Contramedida:</b>			
Análisis de fallas de calidad	Noviembre	Diciembre	GT / CAP / LK
<b>Actividades:</b>			
Etapas de documentación	→		GT / CAP / LK
Tabulación de resultados	→		GT / CAP / LK
Diseño de contramedidas	→		GT / CAP / LK

A partir del cuadro de contramedidas, se obtiene la siguiente propuesta guía de revisión para llevar a cabo en control de calidad número uno, la cual se procedió a implementar a partir de la última semana de octubre.

Tabla 12. Propuesta de guía de revisión para control calidad uno

PUNTOS DE REVISION FINAL							
Fecha				Hr inicio		Hr final	
PUNTOS DE REVISION						Aprobado	Reajustado
1	Tuberias, mangueras de freno						
2	Porta placa						
3	Luces , tierras						
4	Alineacion valvulas de aros						
5	Torques de puntos criticos						
6	Torques gazas de ballestas						
7	Presion de llantas						
8	Harness electrico,prensas , gazas y clamps						
9	Tanques combustibles ( gazas y fijacion )						
10	Arco de cabina ( componentes completos )						
11	Tornillos, arandelas de presion y tuercas						
12	Bateria						
13	Niveles completos de liquidos y aceites						
14	Cables de aceleracion y freno mano S/A						
15	Guardabarros						
16	Tuberias de sistema hidraulico						
17	Alineacion de gazas de mangueras completas						
18	Fijacion de maso neumatico						
19	Componentes de cabina internos						
20	Tapiceria						
21	Estado de cabina ( pintura y limpieza )						
22	Luces principales						
23	Gradas						
24	Placa de informacion unidad						
25	Prueba de fugas						
26	Sistema de escape						
27	Engrase general						
				Revision final aprobada por :			
Comentarios							

Este diseño de guía, fue realizado en conjunto con el Auditor de Calidad, quien tiene vasta experiencia en la ejecución de este tipo de procesos, lo cual permitió ampliar los conocimientos de los técnicos de la planta y así tener un mayor criterio y orden al momento de realizar el primer control de calidad.

Dicha contramedida, he permitido obtener una mejora sustancial en el índice de defectos de la planta, disminuyendo considerablemente la cantidad de errores por lote producido.

En el siguiente cuadro, se evidencian los resultados obtenidos a partir de la implementación de las contramedidas. La barra roja determina el espacio de tiempo en que se implementó la contramedida.



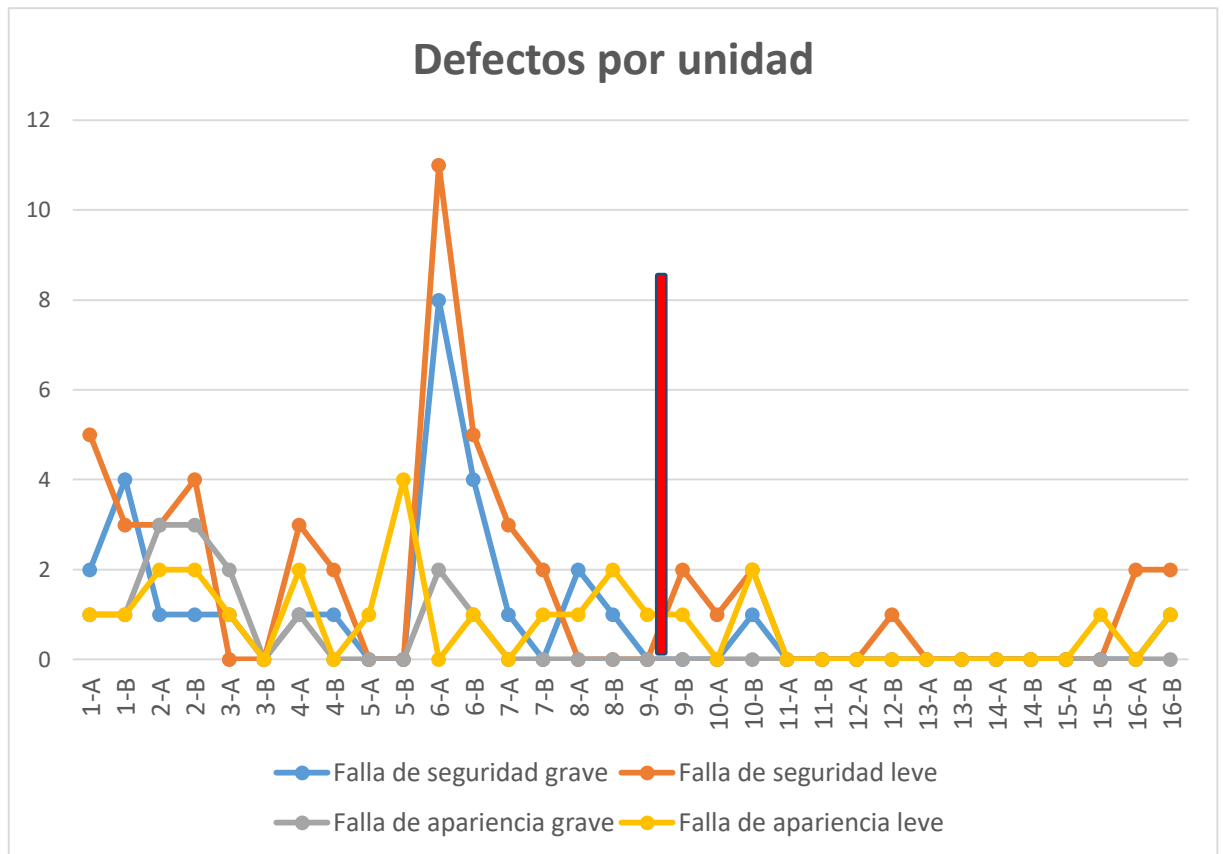


Figura 16. Defectos por unidad

A través de la implementación de la contramedida de la planta de ensamble, se logró llegar a producir, para el mes de octubre del 2016, su primera unidad con cero defectos.

En conjunto con la mejora del proceso del primer control de calidad, se diseñó una bitácora de fallas, en la cual se registra cada una de las fallas de calidad que se presentan en las unidades, lo cual permite tener un registro y con esto una base de datos que permita brindar información relevante para la ejecución de contramedidas.

A cada falla o inconsistencia, se le asigna un código, el cual se emplea para darle el respectivo seguimiento y también como referencia a futuro en caso de que la falla presentada sea utilizada como referencia en una contramedida. En el siguiente cuadro se presenta el detalle de las fallas documentadas a partir de la implementación de la propuesta en el pasado mes de noviembre.

Tabla 13. Fallas documentadas

Inconsistencia	Contramedidas	Código
Varias	Se crea un checklist de seguridad y mantenimiento para garantizar el cumplimiento de medidas mínimas que debe ser firmado por los ensambladores y auditor según corresponda el ítem.	QAC-0001-2016
Varias	Se crea un checklist de control de producción para garantizar medidas mínimas de control y calidad. Debe incluir firmas y documentos según se indica en el archivo.	QAC-0002-2016
Nivel coolant, aceite y dirección	El método de llenado del coolant y del líquido de dirección se estandariza para evitar problemas. Debe llenarse con el procedimiento normal, dejar reposar, prender el vehículo y luego rellenar lo necesario.	QAC-0003-2016
Instalación placa VIN	Se crea una protección para la instalación de la placa del VIN para no rayar la carrocería al instalar.	QAC-0004-2016
Capacitación ensamble	Se acuerda dar una capacitación básica de principios de ensamble y puntos críticos de seguridad a cada nuevo colaborador basado en los 2 folletos enviados por HML. En casos necesarios Randall puede dar la	QAC-0005-2016
Capacitación calidad	Se acuerda dar una capacitación básica sobre Kaizen y Mudras a los nuevos colaboradores impartida por Josué.	QAC-0006-2016

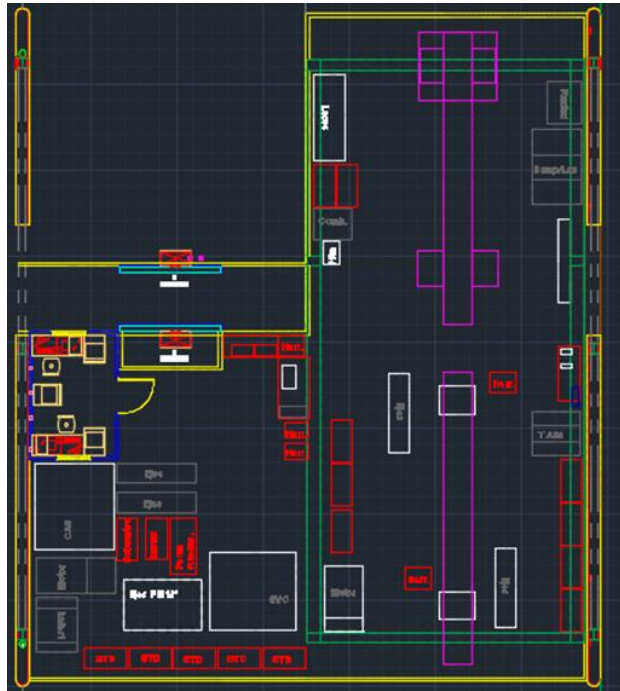
## 6.2.2 Demarcación de la planta de ensamble y aplicación de la filosofía 5` s.

Como se evidencia en el capítulo anterior, la planta de ensamble del Taller de Purdy Trabajo, carecía de una distribución eficiente de sus puestos de trabajo y herramientas, situación que afectaba de manera negativa su aspecto y el desempeño de los técnicos, quienes, al no contar con las herramientas ordenadas, consumían parte de su tiempo en traslados.

En relación con el tema del reacomodo de las herramientas de la planta y su debida demarcación, se realizó una propuesta, la cual contemplaba los siguientes aspectos:

- Construcción de oficina para la custodia y consulta de los planos de ensamblaje.
- Acomodo de las herramientas y asignación de espacios para cada uno de los componentes requeridos para el proceso de ensamble.
- Asignación de un espacio de tiempo de 15 minutos diarios para el orden y limpieza de las estaciones de trabajo

En la siguiente figura se muestra la propuesta de acomodo de la planta, la misma fue presentada a la Gerencia de Taller y Jefatura del Ensamble, y fue aprobada por el ingeniero de procesos de la sucursal de Purdy Trabajo, quien participó de manera conjunta en su diseño.



*Figura 17 Propuesta de acomodo de la planta*

Dicha propuesta se llevó a cabo en el mes de octubre del presente año y a la fecha se han logrado implementar los puntos tales como la construcción de la oficina y el reacomodo y demarcación de la planta. En relación con la aplicación de la metodología 5's, la misma se continúa fomentando a través de los espacios de tiempo diarios para el orden y aseo de la planta de ensamble.

En las fotografías a continuación se puede observar el resultado de la aplicación de la propuesta y sus beneficios para los colaboradores de la planta.



*Figura 18 Demarcación*



*Figura 19 Construcción del área de oficina*



*Figura 20 Área de lectura de planos.*

### **6.2.3 Técnico ensamblador adicional**

Ante la alta utilización de los técnicos ensambladores y las esperas prolongadas, se presenta la siguiente propuesta, utilizando como herramienta la evaluación de distintos escenarios en el software de simulación.

El escenario a evaluar como posible mejora es el que corresponde a contratar un técnico de ensamble más. Para lograr este nuevo escenario se tomó nuevamente el modelo desarrollado en Arena y se modificaron los atributos de los horarios.

A continuación, en los siguientes cuadros, se detalla el modelo propuesto a partir del incremento en el recurso humano en la parte operativa, donde se realiza la simulación, con tres técnicos ensambladores.

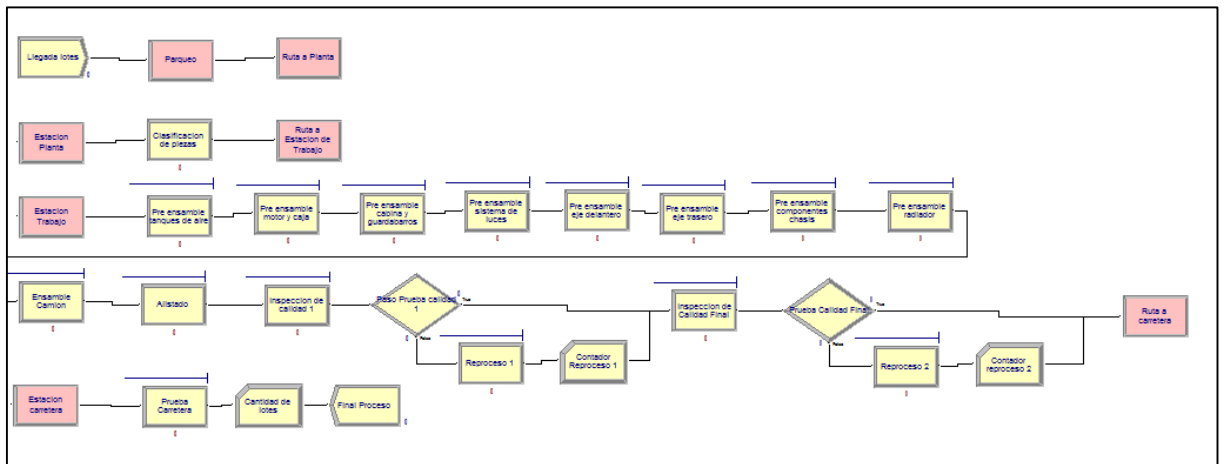


Figura 21 Modelo Propuesto con incremento de recurso humano

En el modelo, el proceso se basa en el horario de los técnicos para determinar su capacidad. Para adicionar un recurso más, es necesario realizar una modificación en el horario, aumentando la cantidad de recursos (técnicos), para así lograr el incremento propuesto.

Schedule - Basic Process					
	Name	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	Horario_tecnico	Capacity	Hours	1.0	3 rows
2	Horario_auditor_calidad	Capacity	Hours	1.0	3 rows

Figura 22 Horario definido en el Software Arena

Como se menciona anteriormente, ahora se cuenta con un técnico de ensamblaje adicional. Todos los demás datos de entrada al proceso se mantienen sin modificación. La columna de *Value*, determina la cantidad de técnicos con el cual correrá el modelo de simulación.

Durations		
	Value	Duration
1	3	2
2	3	2.75
3	3	4.25

Figura 23 Definición de 3 recursos en el horario

Con la inclusión de un recurso adicional, se logra dar una reducción importante en los tiempos de espera, debido a que dos de los técnicos se

dedicarán al proceso de ensamblaje, mientras el tercer técnico estará utilizando su disponibilidad para los procesos en los cuales se requiere solamente una persona.

En el siguiente cuadro se evidencia la cantidad de recursos requeridos en el proceso de ensamblaje de camión.

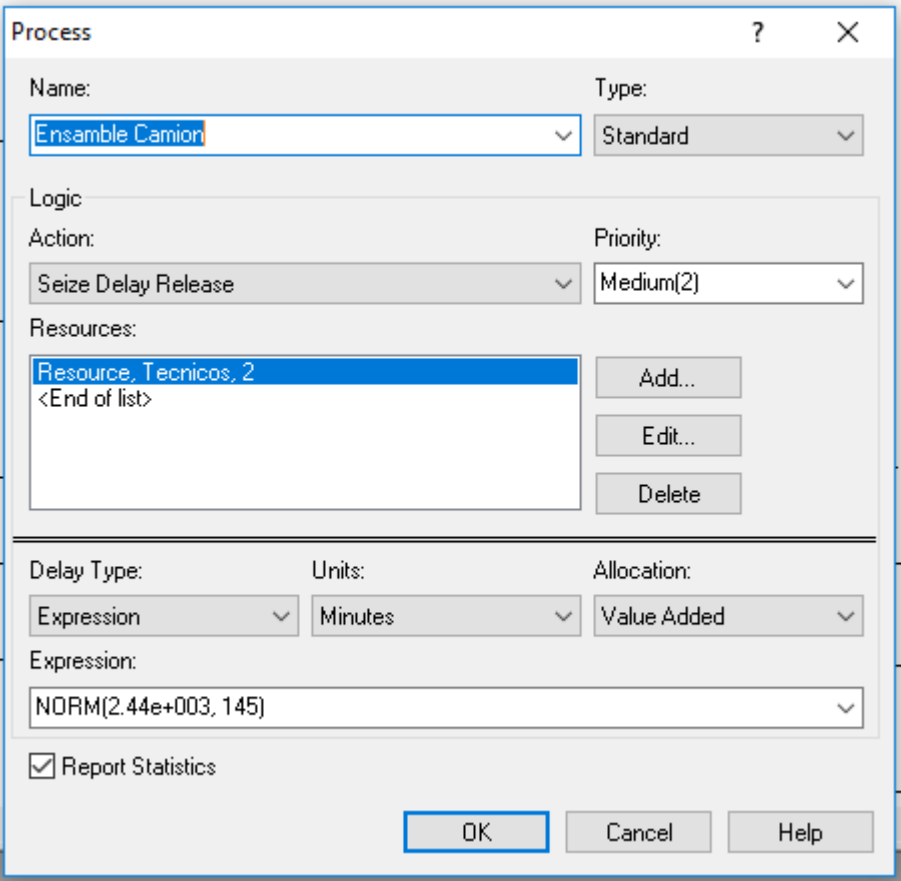


Figura 24 Recursos asignados a ensamble de camión

Al momento de contar con un tercer recurso, se obtiene la mejora de continuar avanzando en las distintas labores. En el siguiente cuadro se ejemplifica lo antes mencionado, ya que mientras dos de los recursos se ocupan del proceso de ensamble de camión, el tercer recurso estará disponible para ejecutar la tarea de pre ensamble de tanques de aire.

The image shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Pre ensamble tanques de aire
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay Release
  - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Tecnicos, 1
- Delay Type:** Normal
- Units:** Minutes
- Allocation:** Value Added
- Value (Mean):** 120
- Std Dev:** 20
- Report Statistics

Figura 25 Recursos asignados Pre-ensamble tanques de aire

### 6.3 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos con el nuevo escenario propuesto se muestran en la siguiente tabla, la cual presenta tanto el escenario actual como el escenario propuesto con 3 técnicos.

Tabla 14. Nuevo escenario propuesto con tres técnicos

MEDIDAS DE DESEMPEÑO	Escenario Actual	Escenario con 3 técnicos
Cantidad de lotes	8	13
Cantidad de reproceso después de inspección de calidad uno	5	12
Cantidad de reproceso etapa final	3	1
Porcentaje de Utilización de Ensambladores	99%	86%

Porcentaje de Utilización de Auditor de Calidad	57%	57%
Tiempos de espera alistado	4114	147,29
Tiempos de espera clasificación de piezas	7908	5618
Tiempos de espera ensamble de camión	4907	6886,51
Tiempos de espera pre ensamble de tanques de aire	4802	341,44
Tiempos de espera reproceso uno	3258	417,89

Como se puede observar en la tabla anterior el hecho de agregar un recurso técnico más al proceso de ensamble genera grandes beneficios para la compañía y para el proceso en sí.

Los tiempos de espera se reducen significativamente. En el escenario actual existía un tiempo de espera total de 24989 minutos y ahora con el nuevo escenario se reduce a 13411 minutos. Esto representa una reducción de un 46%, lo cual es bastante significativo.

Por otro lado, se observa también un beneficio en la utilización de los empleados. Se reduce la utilización de los técnicos de un 99% a un 86%. Esto ayuda a que los técnicos se sientan más tranquilos realizando su trabajo e incluso al tener un poco más de tiempo para realizar sus labores pueden realizar sus tareas centrándose en la calidad con tal de mejorar también este aspecto. Esto podría repercutir a que el reproceso también se reduzca, ya que este se mantiene igualmente bastante alto.

Por último, desde el punto de vista macro, la empresa Purdy Motor se ve muy beneficiada con la adición de un técnico más, ya que la cantidad de lotes que la empresa puede fabricar en un período de tres meses pasó de 8 lotes a 13 lotes, esto representa un aumento de un 62,5%. Posteriormente se hará una evaluación económica para verificar el beneficio.

#### **6.4 Verificación de resultados**

Los valores obtenidos a partir del escenario con tres técnicos son datos que se asemejan a lo que se espera en la realidad.



La duración de los diferentes procesos indica valores de tiempo aceptables, no se encuentran desviaciones que despierten dudas, se concluye que el modelo es confiable.

## 6.5 Evaluación económica del escenario actual y propuestas

Se procede a analizar en el siguiente apartado, desde el punto de vista económico, los diferentes escenarios, tanto el actual como las dos propuestas simuladas bajo el software Arena.

A continuación, el detalle del escenario bajo el cual trabajó la empresa Purdy Motor, antes de iniciar operaciones de su planta de ensamble.

Por solicitud de la empresa, las cifras utilizadas en la evaluación económica son montos de referencia, cercanos a la realidad, mas no son datos exactos.

*Tabla 15. Escenario antes de la implementación del proceso de ensamble es Purdy Motor*

<b>Detalle</b>	<b>Monto</b>
Ingreso promedio por camión	\$ 68,500
Costos de venta	\$ 47,950
Costo de flete	\$ 8,499
<b>Utilidad bruta</b>	<b>\$ 12,051</b>
<b>Gastos</b>	
Salarios y comisiones	\$ 842
Combustibles	\$ 100
Traslados locales	\$ 150
Gastos almacenamiento	\$ 150
Materiales ensamble	\$ -
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 10,809</b>

Bajo el escenario anterior, se lograba obtener una utilidad por camión \$10,809 dólares. Cifra considerablemente atractiva, pero siendo un punto de consideración, los altos costos de flete desde Japón, cifra que era trasladada al cliente en su precio de venta final. Esta situación sin duda alguna afectaba los volúmenes de ventas de la serie 500, ya que no era competitiva ante las otras marcas en su segmento de mercado.

Tabla 16. Escenario posterior a la implementación del proceso de ensamble es Purdy Motor

Detalle	Monto
Ingreso promedio por camión	\$ 62,125
Costos de venta	\$ 43,488
Costo de flete	\$ 3,400
<b>Utilidad bruta</b>	<b>\$ 15,238</b>
<b>Gastos</b>	
Salarios	\$ 2,087
Combustibles	\$ 100
Traslados locales	\$ 150
Gastos almacenamiento	\$ 150
Materiales ensamble	\$ 258
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 12,493</b>

Tomando como referencia los datos anteriores, se procede a estimar los ingresos, costos y gastos por ventas, durante un periodo de tres meses.

Tabla 17. Estimación actual de ingresos, costos y gastos por ventas, durante tres meses

Detalle	Monto
Ingreso promedio por camión	\$ 497,000
Costos de venta	\$ 347,900
Costo de flete	\$ 27,197
<b>Utilidad bruta</b>	<b>\$ 121,903</b>
<b>Gastos</b>	\$ -
Salarios	\$ 19,960
Combustibles	\$ 800
Traslados locales	\$ 1,200
Gastos almacenamiento	\$ 1,200
Materiales ensamble	\$ 2,064
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 96,679</b>

Bajo el escenario actual, se logra obtener una utilidad por camión \$12,493 dólares. Cifra considerablemente aún más atractiva, pero con el beneficio de una reducción del precio de flete mayor a los \$5,000. Esta situación beneficia considerablemente a los clientes de los camiones Hino y sin duda alguna beneficia los volúmenes de ventas actuales de la serie 500, convirtiéndola muy competitiva ante las otras marcas en su segmento de mercado.

Tabla 18. Escenario posterior a la implementación del proceso de ensamble es Purdy Motor

Detalle	Monto
Ingreso promedio por camión	\$ 62,125
Costos de venta	\$ 43,488
Costo de flete	\$ 3,400
<b>Utilidad bruta</b>	<b>\$ 15,238</b>
<b>Gastos</b>	
Salarios	\$ 2,495
Combustibles	\$ 100
Traslados locales	\$ 150
Gastos almacenamiento	\$ 150
Materiales ensamble	\$ 258
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 12,085</b>

En el escenario propuesto, se agrega un técnico ensamblador adicional, llegando a tener un total de tres. En términos económicos la utilidad por unidad disminuye en \$408, lo que representa un 0,03%, monto que no es relevante. Bajo este esquema propuesto, se obtiene un beneficio en reducciones de tiempos de espera y un aumento en la producción de lotes de camiones ensamblados.

También es relevante destacar, que, ante la reducción de los precios de venta, se estima un aumento de la demanda de los camiones Hino serie 500 de una cifra cercana al 15%.

Tomando como referencia los datos anteriores, se procede a estimar los ingresos, costos y gastos por ventas, durante un periodo de tres meses.

Tabla 19. Estimación propuesta de ingresos, costos y gastos por ventas, durante 3 meses.

Detalle	Monto
Ingreso promedio por camión	\$ 807,625
Costos de venta	\$ 565,338
Costo de flete	\$ 44,195
<b>Utilidad bruta</b>	<b>\$ 198,093</b>
<b>Gastos</b>	\$ -
Salarios	\$ 32,435
Combustibles	\$ 1,300
Traslados locales	\$ 1,950

Gastos almacenamiento	\$ 1,950
Materiales ensamble	\$ 3,354
<b>Utilidad neta</b>	<b>\$ 157,104</b>

Partiendo del hecho del aumento de la cantidad de lotes ensamblados y sumando a esto el beneficio económico hacia el cliente, se propone el escenario simulado, como el escenario más apropiado a desarrollar, ya que, desde el punto de vista económico y productivo, no genera una afectación negativa y a su vez favorece la estructura para un eventual crecimiento en la demanda de camiones Hino serie 500, impactando este hecho en el volumen de ventas y el margen de utilidad del negocio.

## 6.6 Plan de Implementación de la propuesta

Se procede a continuación, a describir cada una de las tareas a realizar en la propuesta diseñada, para lograr una exitosa implementación de la misma, en beneficio de la sostenibilidad del negocio de ensamble de camiones, a través de la estandarización de sus procesos en la planta de Purdy Trabajo y su repercusión en la satisfacción del cliente.

En relación con la propuesta correspondiente al primer control de calidad se detallan las siguientes actividades para el diseño y aplicación de guía de control de calidad:

- **Diseño de propuesta:** La Jefatura de la planta de ensamble, en conjunto con el auditor de calidad, procederán a confeccionar una lista que incluya los puntos de mayor relevancia en el proceso y que tengan una mayor probabilidad de error al momento del ensamblaje. Con base en la información recolectada se procederá a diseñar la propuesta de la guía de control de calidad.

- **Revisión y aprobación:** La guía diseñada por la jefatura de ensamble junto con su auditor de calidad, será revisada en conjunto con la gerencia del Taller y el ingeniero de procesos para su debida aprobación y posterior aplicación.
- **Evaluación práctica de la aplicación:** La guía, luego de ser revisada, será aplicada en el proceso del primer control de calidad, el cual es ejecutado por los técnicos ensambladores. A partir de la aplicación, se determinarán los eventuales ajustes a ejecutar.

Para la propuesta de mejoras en infraestructura y acomodo de la planta, se profundizan las siguientes tareas a ejecutar:

- **Reacomodo y demarcación de la planta de ensamble:** Por medio de un estudio previo de tiempos y movimientos, se realizará una tarea conjunta con la jefatura de la planta, para el reacomodo de las piezas, herramientas y diferentes componentes que se utilizan en el proceso de ensamble.
- **Diseño y construcción de la oficina en la planta de ensamble:** Esta mejora se debe realizar con el fin de preservar la información por escrita enviada por H.M.L y a su vez para ubicar de manera cómoda y segura el equipo informático que es utilizado por el auditor de calidad y la jefatura de la planta de ensamble.
- **Capacitación y aplicación de en 5's para los colaboradores de ensamble:** Se destinará un espacio de dos horas semanales para la capacitación de los técnicos ensambladores, auditor de calidad y jefatura de la planta en temas relacionados con la calidad y la filosofía 5's.
- **Aplicación diaria de la filosofía 5's:** Se destinará un espacio de 15 minutos diarios para la aplicación de las prácticas de 5's en los espacios de trabajo de los colaboradores de la planta de ensamble.

Por último, lo relevante a la propuesta de contratación de técnico ensamblador adicional, se deberán considerar las siguientes actividades:

- **Contratar candidato que haya logrado superar las pruebas técnicas y de RRHH:** Por medio de un concurso interno o externo, se procederán a evaluar a los candidatos que cumplan el perfil del puesto y a su vez, hayan logrado superar las pruebas psicosomáticas y técnicas, así como los requisitos solicitados por la empresa, necesarios para aplicar al puesto.
- **Capacitar personal de nuevo ingreso:** Una vez seleccionando el candidato idóneo, se procede a capacitar al candidato, en temas de proceso, calidad y 5's. Este proceso se deberá realizar en conjunto con el departamento de capacitación de la empresa.
- **Evaluación mensual de desempeño:** El candidato elegido, será sometido a evaluaciones mensuales, ejecutadas por su jefatura directa, en función de determinar su desempeño e identificar cualquier otro aspecto que requiera ser reforzado.

A continuación, se presenta el plan de implementación de contramedidas para la planta de ensamble del Taller de Purdy Trabajo:

PLAN DE IMPLEMENTACION DE CONTRAMEDIDAS Planta de Ensamble, Taller Purdy Trabajo		Set	Oct	Nov	Dic	Ene	% Logro
Area	Actividad						
Control de calidad	<b>Diseño y aplicación de guía de Control de Calidad</b>						85%
	Diseño de propuesta de guía	Plan					
	Revisión y aprobación de diseño	Progreso					
	Evaluación práctica de aplicación	Plan					
Infraestructura y 5's	<b>Mejoras en Infraestructura y acomodo de la planta</b>						75%
	Reacomodo y demarcación de planta de ensamble	Plan					
	Diseño y construcción de oficina para Jefe de Ensamble	Progreso					
	Capacitación y aplicación de filosofía 5's para colaboradores de ensamble	Plan					
	Aplicación diaria de la filosofía 5's en la planta de ensamble	Progreso					
Recurso humano adicional	<b>Contratación de técnico ensamblador adicional</b>						0%
	Contratar candidato que haya aprobado las pruebas técnicas y de RRHH	Plan					
	Capacitar a personal de nuevo ingreso	Progreso					
	Evaluación mensual de desempeño	Plan					

Figura 26 Plan de implementación de contramedidas

# **Capítulo 7: Bibliografía**

## 7.1 Bibliografía de Libros

- Brahim Rekiek, A. D. (2006). *Assembly Line Design: The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with generic algoritms*. Brussels: Springer.
- Danielsson, D. (2011). *Development of a performance measurement system for manual assembly*. Goteborg: Chambers.
- Fallas, C. (15 de mayo de 2016). *El Financiero*. Obtenido de El Financiero: [http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica\\_0\\_956904303.html](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica_0_956904303.html)
- FARAHIN, S. (2013). *Assembly Line Balancing improvement: A case study in an Electronic Industry*. Pahang: University Malaysia.
- Fernandez García, J. . (s.f.). *Diseño para fabricación y ensamblaje*. Gijón: Fundación Prodintec.
- Ghirann, G. (2012). *The Basics of Self-Balancing Processes: True Lean Continuous Flow*. Boca Ratón: CRC Press.
- Gurdián, A. (2007). *El Paradigma Cualitativo en la Investigación Socio-Educativa*. San José: Investigación y Desarrollo Educativo Regional (IDER).
- Hapaz, H. B. (2008). *Productivity Improvement through Line Balancing*.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Kelton, D., Sadowski, R., & Sturrock, D. (2008). *Simulación con Software Arena*. MCGRAW-HILL.
- Kurzel, A. (2016). *Flow Production with Throughput Time Management: JIT, Lean Manufacturing, Production Planning and Control in Assembly Lines (KAIZEN in my Pocket)* .
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. Mc Graw Hill.
- Lokhande, K., & Dencker, K. (2013). *Analysis of impact of process complexity on unbalanced work in assembly process and methods to reduce it*. Stockholm: Kungl Teknisha Hogskolan.
- Meyers, F. (2006). *Diseño de Instalaciones de manufactura y manejo de materiales* . México: Pearson.
- Ortiz, C. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. Boca Ratón: CRC Press.
- Pereyra, F. P. (2007). *Análisis de una línea de ensamble de camiones y simulación de alternativas de mejora*. Hidalgo, Mexico.
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. Ginebra: Oficina Internacional Del Trabajo.
- Randstrad, H. (2011). *Effects of a fishbone strategy on line balance*. Goteborg: Chambers.
- Rice, D. (2011). *The Use of Computer Simulation in Facility Layout Planning*. Kuopio: Savonia University of Applied Sciences.
- Scholl, A. (1995). *Balancing and Sequencing of Assembly Lines*. Physica-Verlag HD.
- Seamus M. McGovern, S. M. (2011). *The Disassembly Line: Balancing and Modeling*. Mc Graw Hill.
- Socorro, J. (2015). *Diseño de una línea de ensamble para una empresa de la industria automotriz*. México D.F.: Instituto Politécnico nacional.
- Thomopoulos, N. T. (2014). *Assembly Line Planning and Control*. Switzerland: Springer.
- Torres, P. (2015). *Simulación de sistemas con el software Arena (Spanish Edition)*. Lima: Fondo Editorial.



Townsend, B. (2012). *The Basics of Line Balancing and JIT Kitting*. Boca Ratón, FL.: CRC Press.

YERASI, P. (2011). *PRODUCTIVITY IMPROVEMENT OF A MANUAL ASSEMBLY LINE*. Texas: Texas A&M University.

## 7.2 Disponible en Internet

Fallas, C. (15 de mayo de 2016). *El Financiero*. Obtenido de El Financiero:  
[http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica\\_0\\_956904303.html](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Ensamblaje-industria-automotriz-Costa-Rica_0_956904303.html)

Jurídica, C. C. (s.f.). *Cosejo Costarricense de Información Jurídica*. Obtenido de  
(<http://www.pgrweb.go.cr>)

(20 de octubre de 2016). *Servicio Nacional de Aduanas*. Obtenido de  
<http://www.hacienda.go.cr/contenido/284-servicio-nacional-de-aduanas>

(15 de octubre de 2016). *Tecnología de Información para el control Aduanero*. Obtenido de  
<http://www.hacienda.go.cr/tica/consultas>

(14 de septiembre de 2016). *Registro Nacional de la propiedad*. Obtenido de  
<http://www.rnp.go.cr>

*Revisión Técnica Vehicular*. Obtenido de <http://www.rtv.co.cr>

Lean Solutions. (05 de noviembre de 2016). *Lean Solutions*. Obtenido de  
<http://www.leansolutions.co/conceptos/metodologia-5s/>