

**Universidad César Vallejo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica**



**"Alineamiento de Ejes de Tracto Utilizando el  
Método de Alineación por Láser".**

**Tesis de investigación para optar el Título  
Profesional de Ingeniero Mecánico**

**Autor:**

**Br. Ascate Vásquez. Dante Joaquín**

**Asesor Especialista:**

**Ing. Córdova Centurión, Carlos**

**Trujillo – Perú  
2008**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN

**Título:**

"Alineamiento de Ejes de Tracto utilizando el Método de Alineación por Láser".

**Autor:**

Br. Ascate Vásquez, Dante Joaquín

**Asesor:**

Ing. Córdova Centurión, Carlos

El jurado evaluador del trabajo de investigación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico que ha presentado el bachiller en mención, acuerdan APROBAR POR UNANIMIDAD y recomiendan su publicación y difusión del mismo para el conocimiento de la comunidad académica.

**JURADO EVALUADOR:**

- Ing. Luján López, Jorge .....
- Lic. Saavedra Villacrez, Willy .....

**Trujillo, 16 de octubre del 2008.**

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO |                 |
| BIBLIOTECA                |                 |
| CODIGO:                   | MECAN-TE-N°0003 |
|                           | E-1             |
| N° DE LIBRO:              | .....           |
| FECHA:                    | .....           |

# DEDICATORIA

Dedico este trabajo a ti Cristo Jesús único  
guiador y reforzador durante toda mi  
carrera profesional, lo que ahora soy  
te lo debo a ti, guía con tu luz divina para  
que pueda ser luz de los niños.

Dedico este trabajo a mis padres por su  
sacrificio y apoyo en esta realización  
trascendental de mi vida.

# AGRADECIMIENTOS

También mi agradecimiento profundo a los  
Ing. de la empresa de Transportes Rodrigo  
Carranza por su orientación para el  
desarrollo de este trabajo de Investigación.

# TABLA DE CONTENIDOS

## Capítulo I: Marco Metodológico.

|  |   |
|--|---|
| 1.1. El problema .....                                 | 2 |
| 1.1.1. Realidad Problemática .....                     | 2 |
| 1.1.2. Formulación del Problema .....                  | 3 |
| 1.1.3. Justificación del Estudio .....                 | 3 |
| a. Relevancia Tecnológica .....                        | 3 |
| b. Relevancia Institucional .....                      | 3 |
| c. Relevancia Social .....                             | 4 |
| d. Relevancia Económica .....                          | 4 |
| 1.1.4. Limitaciones del Problema .....                 | 4 |
| 1.2. Objetivos .....                                   | 4 |
| 1.2.1. Objetivo General .....                          | 4 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos .....                     | 5 |
| 1.3. Hipótesis .....                                   | 5 |
| 1.4. Variables .....                                   | 5 |
| 1.4.1. Variable Dependiente .....                      | 5 |
| 1.4.2. Variable Independiente .....                    | 5 |
| 1.4.3. Variable Interviniente .....                    | 6 |
| 1.5. Definiciones Operacionales de las Variables ..... | 6 |

## Capítulo II: Marco Referencial .....7

|  |   |
|--|---|
| 2.1. Marco Referencial .....           | 7 |
| 2.1.1. Antecedentes del Problema ..... | 7 |
| 2.1.2. Marco Teórico .....             | 7 |

## Capítulo III: Metodología .....20

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Materiales y Equipos .....                             | 20 |
| 3.2. Diseño de Ejecución .....                              | 23 |
| 3.3. Población y Muestra .....                              | 29 |
| 3.3.1. Población .....                                      | 29 |
| 3.3.2. Muestra .....  | 29 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos, fuentes e Informantes .....   | 30 |
| 3.5. Forma de Análisis e Interpretación de Resultados ..... | 31 |
| 3.5.1. Análisis de Contrastación .....                      | 31 |
| 3.5.2. Indicadores .....                                    | 32 |

## Capítulo IV: Resultados .....33

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Presentación y Discusión de Resultados ..... | 33 |
|---|----|

## Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones .....120

# INDICE DE TABLAS

## CAPITULO I

|  |   |
|--|---|
| Tabla N° 01. Tabla de sobrecarga ..... | 5 |
|--|---|

## CAPITULO IV.

|   |    |
|---|----|
| Tabla N°01: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Primera toma .....                  | 34 |
| Tabla N°02: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Segunda toma .....                  | 34 |
| Tabla N°03: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Tercera toma .....                  | 35 |
| Tabla N°04: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Cuarta toma .....                   | 35 |
| Tabla N°05: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Quinta toma .....                   | 36 |
| Tabla N°06: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Sexta toma.....                     | 36 |
| Tabla N°07: Cocadas del Vehículo YD – 3173, Sétima toma.....                    | 37 |
| Tabla N°08: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°01 ..... | 38 |
| Tabla N°09: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°02 ..... | 39 |
| Tabla N°10: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°03 ..... | 40 |
| Tabla N°11: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°04 ..... | 41 |
| Tabla N°12: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°05 ..... | 42 |
| Tabla N°13: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°06 ..... | 43 |
| Tabla N°14: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°07 ..... | 44 |
| Tabla N°15: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°08 ..... | 45 |
| Tabla N°16: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°09 ..... | 46 |
| Tabla N°17: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3173, para la Llanta N°10 ..... | 47 |
| Tabla N°18: Galones VS Kilometraje YD – 3173 .....                              | 48 |
| Tabla N°19: Cocadas del Vehículo YD – 3170, Primera toma .....                  | 49 |
| Tabla N°20: Cocadas del Vehículo YD – 3170, Segunda toma .....                  | 49 |
| Tabla N°21: Cocadas del Vehículo YD – 3170, Tercera toma .....                  | 50 |
| Tabla N°22: Cocadas del Vehículo YD – 3170, Cuarta toma .....                   | 50 |
| Tabla N°23: Cocadas del Vehículo YD – 3170, Quinta toma .....                   | 51 |
| Tabla N°24: Cocadas del Vehículo YD – 3170, Sexta toma.....                     | 51 |
| Tabla N°25: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°01 ..... | 52 |
| Tabla N°26: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°02 ..... | 53 |
| Tabla N°27: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°03 ..... | 54 |
| Tabla N°28: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°04 ..... | 55 |
| Tabla N°29: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°05 ..... | 56 |

Tabla N°30: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°06 ..... 57

Tabla N°31: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°07 ..... 58

Tabla N°32: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°08 ..... 59

Tabla N°33: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°09 ..... 60

Tabla N°34: Datos de Cocada VS Kilometraje YD – 3170, para la llanta N°10 ..... 61

Tabla N°35: Galones VS Kilometraje YD – 3170..... 62

Tabla N°36: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°01..... 63

Tabla N°37: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°02..... 64

Tabla N°38: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°03..... 65

Tabla N°39: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°04..... 66

Tabla N°40: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°05..... 67

Tabla N°41: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°06..... 68

Tabla N°42: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°07..... 69

Tabla N°43: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°08..... 70

Tabla N°44: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°09..... 71

Tabla N°45: Datos Cocada Promedio VS Kilometraje YD–3170, YD–3173, Llanta N°10..... 72

Tabla N°46: Consumo de combustible de las unidades YD3170 - YD3173..... 74

Tabla N°47: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 75

Tabla N°48: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 78

Tabla N°49: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 81

Tabla N°50: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 84

Tabla N°51: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 87

Tabla N°52: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 90

Tabla N°53: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3173 ..... 93

Tabla N°54: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3170 ..... 96

Tabla N°55: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3170 ..... 99

Tabla N°56: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3170 ..... 102

Tabla N°57: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3170 ..... 105

Tabla N°58: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3170 ..... 108

Tabla N°59: Primera toma de Datos de Costos de Desgaste de Llantas YD – 3170 ..... 111

Tabla N°60: Indicadores económicos de llantas YD-3170, YD-3173 Eje Direccional..... 114

Tabla N°60: Indicadores económicos de llantas YD-3170, YD-3173 1º Eje Tracción ..... 116

Tabla N°60: Indicadores económicos de llantas YD-3170, YD-3173 2º Eje Tracción ..... 118

# INDICE DE FIGURAS

## CAPITULO II

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 01. Distribución de carga.....   | 5  |
| Figura N° 02. Efectos de la presión de inflado en los neumáticos.....            | 9  |
| Figura N° 03. Balanceo Estático .....  | 9  |
| Figura N° 04. Balanceo Estático. ....  | 9  |
| Figura N° 05. Síntomas de alineación.....  | 10 |
| Figura N° 06. Caster.....  | 10 |
| Figura N° 07. Caster positivo.....   | 10 |
| Figura N° 08. Caster negativo.....   | 10 |
| Figura N° 09. Camber positivo.....   | 11 |
| Figura N° 10. Camber negativo.....   | 11 |
| Figura N° 11. Inspección de los amortiguadores de la suspensión del muelle ..... | 12 |
| Figura N° 12. Inspección de los bujes del brazo de torsión.....                  | 12 |
| Figura N° 13. Inspección de los bujes de la igualadora .....                     | 13 |
| Figura N° 14. Contaminación.....   | 16 |
| Figura N° 15. Sobrecarga .....   | 16 |
| Figura N° 16. Baja Presión .....   | 16 |
| Figura N° 17. Arrancamiento.....   | 16 |
| Figura N° 18. Sobre calentamiento .....  | 16 |
| Figura N° 19. Desgaste .....   | 16 |
| Figura N° 20. Daños en el Aro .....  | 16 |
| Figura N° 21. Agrietamiento.....   | 17 |
| Figura N° 22. Separaciones.....  | 17 |
| Figura N° 23. Protuberancias en los costados.....                                | 17 |
| Figura N° 24. Mal marcado.....   | 17 |
| Figura N° 25. Exposición de lonas .....  | 17 |
| Figura N° 26. Exposición de lonas (Final) .....                                  | 17 |
| Figura N° 27. Exposición de capas .....  | 18 |
| Figura N° 28. Regrabados .....   | 18 |

## CAPITULO III

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 29. Practi Laser 8 – A.....  | 24 |
| Figura N° 30. Garra Flash "A". ....    | 24 |
| Figura N° 31. Garra autorroscante..... | 25 |
| Figura N° 32. Plataforma orbital.....  | 25 |
| Figura N° 33. Regla autocentrante..... | 25 |



|   |    |
|---|----|
| Figura N° 34. Rack portátil.....        | 25 |
| Figura N° 35. Profundímetro.....        | 25 |
| Figura N° 36. Gata mecánica.....        | 25 |
| Figura N° 37. Llaves.....               | 25 |
| Figura N° 38. Partes del neumático..... | 25 |

## INDICE DE FOTOS

### CAPITULO III

|  |    |
|--|----|
| Foto N° 01. Eje direccional calzado.....             | 28 |
| Foto N° 02. Punto de referencia marcado.....         | 28 |
| Foto N° 03. Barra de medición.....                   | 28 |
| Foto N° 04. Ajustando terminal.....                  | 28 |
| Foto N° 05. Terminal y barra de acoplamiento.....    | 28 |
| Foto N° 06. Rectificando alineación.....             | 29 |
| Foto N° 07. Revisión de cocada.....                  | 30 |
| Foto N° 08. Plataforma orbital.....                  | 30 |
| Foto N° 09. Llanta con Garra Flash "A".....          | 30 |
| Foto N° 10. Garra Flash "A" y Practi Láser.....      | 30 |
| Foto N° 11. Rango de medida.....                     | 30 |
| Foto N° 12. Garra <b>Flash 1ª Eje Tracción</b> ..... | 30 |

# RESUMEN

En la presente investigación se estudió la influencia del método de alineación por láser en la mejora del rendimiento de llantas y reducción de consumo de combustible en vehículos tracto de la marca Freightliner modelo M2, y a la vez evaluar los beneficios en las empresas con este tipo de alineamiento, pues se compara técnica y económicamente con el proceso actual de alineamiento.

La investigación consta de capítulos esenciales que muestran el desarrollo del proyecto para su posterior evaluación por parte de los interesados.

Se demuestran las ventajas del porque hacer el alineamiento láser, así como, el rendimiento de llantas y consumo de combustible, además la desalineación se evalúa en la realidad actual para así poder determinar los beneficios del alineamiento láser frente al alineamiento convencional.

En las conclusiones se llegó a determinar las ventajas del alineamiento láser frente al alineamiento convencional, las cuales son cuantificables en el rendimiento, desgaste en llantas, costo del desgaste y el ahorro de combustible y se plantean las recomendaciones oportunas que se requiere para la mejora de esta investigación.

# ABSTRACT

In the following investigation, I have studied the influence of alignment's method by laser, in the best performance of wheels and reduction in the spend of fuel in vehicles tracto trademark Freightliner design M2, and the same time, inspect the benefit in the enterprises with this model of alignment, because it is compared, technique and economic, with the present alignment process.

The investigation has essentials chapters that show the development of the project for the next evaluation by the interested persons.

In this investigation, I demonstrate the advantages of why to do the laser alignment, and, the performance of wheels and spend of fuel, so the not-alignment is examined in the present reality for establish the benefits of laser alignment against conventional alignment.

In the conclusions, I can determine the advantages of laser alignment, which are quantifiable in the performance, wear in wheels, costs in wear and the save in fuel and approach the appropriates recommendations that it requires to improve this investigation.