

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DINAMOMETRO DE MOTOS PARA LA  
EMPRESA JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA**

**EDINSON OMAR HORMIGA BARRERA**

**EVER ENRIQUE MORENO SUAREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

**BUCARAMANGA**

**2013**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DINAMOMETRO DE MOTOS PARA LA  
EMPRESA JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA**

**EDINSON OMAR HORMIGA BARRERA**

**EVER ENRIQUE MORENO SUAREZ**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director:**

**RICARDO JAIMES ROLÓN**

**Ingeniero Mecánico**

**Codirector:**

**JUAN BARAJAS GÓMEZ**

**Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA**

**2013**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme las fuerzas, vida y salud para poder lograr mis objetivos*

*A mi madre Clara Inés Barrera Castellanos por su cariño, indispensable apoyo y comprensión sin los cuales no hubiese sido posible cumplir esta meta.*

*A mi padre Saúl Hormiga Manrique por su incondicional apoyo y comprensión a pesar de estar pasando por una enfermedad.*

*A Paolita Tasco que aunque ya no se encuentra con nosotros siempre la recordare como una buena amiga y excelente compañera quien sin duda hoy estuviese con nosotros terminando esta bella etapa de la vida.*

*A todos mis familiares y amigos que de una u otra manera me apoyaron y aconsejaron en los momentos que más lo necesite.*

*Finalmente a mis compañeros y amigos de la universidad con quienes compartí este proceso de formación profesional.*

*“Todo lo que una persona puede imaginar, otras podrán hacerlo realidad” (Julio Verne)*

***EDINSON OMAR HORMIGA BARRERA***

## **DEDICATORIA**

*Primero que todo a Dios por ser la guía espiritual que fuente de fortaleza y quien siempre ha alumbrado este camino, y ha enviado a personas maravillosas para apoyarme en este proceso.*

*A mis padres, Luis Jesús Moreno Amador y Rosalba Suarez Peña, hermanos, tíos y abuelos, ya que sin ellos no hubiera sido posible esta meta, por su apoyo incondicional, y entendimiento en aquellos momentos difíciles.*

*A todos mis familiares que con su calidez humana y ayuda moral me dieron las fuerzas necesarias para levantarme cada día y afrontar los retos de este camino de aprendizaje.*

*De igual manera a mis amigos y compañeros con los que día a día compartí y conocí, de los cuales me llevo muy gratos recuerdos, especialmente a Paola Tasco Q.E.P.D, a quien dios decidió llevarla consigo, y quien hoy estuviera finalizando esta etapa con nosotros.*

***EVER ENRIQUE MORENO SUAREZ***

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al ingeniero Ricardo Jaimes Rolón, director del proyecto de grado, por su orientación y colaboración.*

*Al gerente de la empresa Soluciones Prácticas de Ingeniería (JB-SPI) Juan Barajas Gómez por facilitar los recursos para el desarrollo de este proyecto, por su apoyo, asesoría, calidad humana e incondicional amistad.*

*Al equipo de trabajo de la empresa Soluciones Prácticas de Ingeniería por su colaboración y asesoría durante el desarrollo del proyecto de grado.*

*A la gerente del centro de diagnóstico automotor CDA ITG Lila Milena Quiroga Pardo, por facilitarnos las instalaciones de la empresa, por su colaboración, y calidez humana.*

*Al ingeniero Alfonso García Castro por su asesoría y colaboración en el desarrollo del proyecto.*

*A todos nuestros amigos de la universidad*

*A todas las personas que de una u otra forma tuvieron participación en el desarrollo de este proyecto*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	23
1. DINAMÓMETRO PARA MOTOCICLETAS .....	24
1.1. JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	24
1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO .....	25
1.2.1. Objetivo general .....	25
1.2.2. Objetivos específicos .....	25
2. GENERALIDADES DE LAS MOTOCICLETAS .....	27
2.1. SPORT .....	27
2.2. UNDER BONE .....	28
2.3. SCOOTERS .....	29
2.4. MOTOCROSS Y ENDURO .....	30
2.5. SUPERBIKES .....	31
3. DISEÑO CONCEPTUAL .....	32
3.1. NECESIDADES DEL CONSUMIDOR .....	32
3.2. REQUERIMIENTOS INGENIERILES .....	33
3.3. MATRIZ DE CALIDAD (QFD) .....	33
3.4. CLASIFICACION DE ALTERNATIVAS DE DINAMOMETROS .....	35
3.4.1. Según su aplicación. ....	35
3.4.2. Según el tipo de máquina.....	38
3.4.3. Según el método de medición de potencia. ....	40
3.4.4. Según formas de contacto con la rueda.....	45
3.4.5. EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS.....	47
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA GANADORA .....	49
4. DISEÑO DE DETALLE .....	51
4.1. GEOMETRIA DE LOS RODILLOS INERCIALES .....	51
4.1.1. Rodillos de acero.....	51
4.1.2. Rodillos de acero rellenos de plomo .....	52
4.1.3. Calculo de la inercia de los rodillos .....	54

4.1.4.	Dimensiones de los rodillos inerciales.....	59
4.1.5.	Distancia entre rodillos. ....	64
4.1.6.	Textura superficial de los rodillos. ....	65
4.2.	SELECCION DE LA TRASMISIÓN.....	66
4.2.1.	Torque máximo de la moto sobre los rodillos. ....	66
4.2.2.	Velocidad máxima de prueba.....	69
4.2.3.	Selección de la transmisión por banda sincrónica.....	70
4.3.	DISEÑO DEL EJE DE LOS RODILLOS INERCIALES. ....	76
4.3.1.	Análisis estático método matemático. ....	77
4.3.2.	Análisis estático por elementos finitos.....	92
4.3.3.	Análisis dinámico de la sección critica B.....	101
4.4.	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FIJACIÓN DE LAS POLEAS. ....	107
4.5.	DISEÑO DEL CHASIS .....	110
4.5.1.	Análisis estático método matemático. ....	112
4.5.2.	Perfil seleccionado y análisis de la sección transversal. ....	113
4.5.3.	Análisis de la sección critica F .....	114
4.5.4.	Soldadura del chasis .....	115
4.5.5.	Análisis estático por elementos finitos.....	116
4.6.	DISEÑO DE LA BÁSCULA .....	121
4.6.1.	Análisis estático por elementos finitos.....	123
4.7.	SELECCIÓN DE LOS VENTILADORES.....	128
4.8.	BALANCEO DE MASAS INERCIALES .....	131
4.8.1.	Balaceo estático .....	131
4.8.2.	Balaceo dinámico .....	133
4.9.	DISEÑO ELECTRÓNICO .....	138
4.9.1.	Requerimientos .....	138
4.9.2.	Diseño de la tarjeta electrónica .....	138
4.9.3.	Requerimientos generales del microcontrolador. ....	158
4.9.4.	Programación del microcontrolado.....	160
4.10.	DISEÑO DE SOFTWARE .....	175

4.10.1.	Comunicación del microcontrolador con Matlab. ....	175
4.10.2.	Rutinas desarrolladas en el software. ....	176
4.10.3.	Interfaz de usuario .....	187
5.	PRUEBAS .....	190
5.1.	PRUEBA MOTOCICLETA MECÁNICA O DE EMBRAGUE .....	190
5.2.	PRUEBA MOTOCICLETA AUTOMÁTICA .....	190
5.3.	PRUEBA MOTOCICLETA SEMI-AUTOMÁTICA .....	191
5.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	193
5.4.1.	Análisis de prueba con motocicleta mecánica o de embrague.....	193
5.4.2.	Análisis de prueba con motocicleta automática. ....	193
5.4.3.	Análisis de prueba con motocicleta semi-automática.....	194
5.5.	EXACTITUD Y PRESICION.....	195
5.6.	ANÁLISIS DE REPETITIVIDAD DE LA MAQUINA .....	197
6.	CONSTRUCCION Y COSTOS.....	199
6.1.	ENSAYOS Y PRUEBAS DE SENSORES .....	199
6.2.	MANUFACTURA METALMECÁNICA.....	201
6.3.	COSTOS.....	206
7.	MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN.....	208
7.1.	GENERALIDADES.....	208
7.2.	MANTENIMIENTO .....	209
7.3.	OPERACIÓN.....	210
	CONCLUSIONES .....	211
	RECOMENDACIONES.....	214
	BIBLIOGRAFIA .....	215
	ANEXOS .....	217

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Yamaha YBR 125 .....	27
Figura 2. AKT Flex 125 .....	28
Figura 3. Kymco Agility RS .....	29
Figura 4. Honda XR 125L .....	30
Figura 5. Kawasaki Ninja 250 .....	31
Figura 6. Dinamómetro de motor .....	36
Figura 7. Dinamómetro para medición de potencia en rueda .....	37
Figura 8. Dinamómetro para medición de potencia en eje.....	37
Figura 9. Dinamómetro fijo.....	39
Figura 10. Dinamómetro portable .....	40
Figura 11. Dinamómetro inercial.....	41
Figura 12. Dinamómetro con freno de corrientes parasitas .....	43
Figura 13. Tipos de freno por fricción. ....	44
Figura 14. Contacto de llanta con un rodillo.....	45
Figura 15. Contacto de llanta con dos rodillos .....	46
Figura 16. Deformación de la rueda debido a esfuerzos dinámicos .....	47
Figura 17. Concepto de dinamómetro a diseñar .....	50
Figura 18. Explosión ensamblaje de rodillos inerciales.....	52
Figura 19. Despiece rodillo ensamblado.....	53
Figura 20. Tubo, tapas y relleno de plomo.....	59
Figura 21. Moleteado sobre superficie cilíndrica.....	66
Figura 22. Esquema de transmisión de potencia en una motocicleta .....	67
Figura 23. Pérdida de adherencia entre rueda y rodillo trasero .....	68
Figura 24. Transmisión sincrónica con dientes trapezoidales.....	70
Figura 25. Transmisión sincrónica de dientes redondos.....	71
Figura 26. Especificaciones de poleas dentadas .....	74
Figura 27. Distribución de pesos en una motocicleta.....	76

Figura 28. Estado de carga A .....	77
Figura 29. Diagrama de cuerpo libre del rodillo estado de carga A .....	77
Figura 30. Estado de carga B .....	78
Figura 31. Diagrama de cuerpo libre del rodillo estado de carga B .....	79
Figura 32. Diagrama de cuerpo libre general del rodillo .....	81
Figura 33. Diagrama de torque .....	81
Figura 34. Carga, cortante y momento flector en el plano x-y .....	82
Figura 35. Carga, cortante y momento flector en el plano x-z .....	83
Figura 36. Catálogo de rodamientos SKF .....	85
Figura 37. Conjunto de rodamiento y soporte seleccionado .....	86
Figura 38. Secciones a analizar .....	87
Figura 39. Estado de esfuerzos plano A .....	87
Figura 40. Estado de esfuerzos plano B .....	88
Figura 41. Estado de esfuerzos plano C .....	89
Figura 42. Estado de esfuerzos plano D .....	91
Figura 43. Modelado del cilindro inercial .....	93
Figura 44. Cargas externas .....	94
Figura 45. Sujeciones y polea .....	96
Figura 46. Malla del modelo .....	97
Figura 47. Deformación unitaria .....	99
Figura 48. Tensión de Von Mises .....	100
Figura 49. Distribución del factor de seguridad .....	100
Figura 50. Esfuerzo normal sección crítica .....	101
Figura 51. Esfuerzo normal sección crítica .....	102
Figura 52. Sistema de fijación de las poleas .....	108
Figura 53. Distribución de subsistemas en el chasis del dinamómetro .....	110
Figura 54. Carga crítica sobre el chasis .....	111
Figura 55. Calculo de la carga crítica .....	112
Figura 56. Carga, cortante y momento flector en el chasis .....	112
Figura 57. Datos del perfil de la viga .....	113

Figura 58. Cargas y sujeciones sobre el chasis.....	116
Figura 59. Mallado del chasis .....	118
Figura 60. Esfuerzo principal Von Mises.....	119
Figura 61. Factor de seguridad .....	120
Figura 62. Celda de carga .....	122
Figura 63. Bascula .....	122
Figura 64. Modelamiento bascula .....	123
Figura 65. Mallado bascula .....	125
Figura 66. Esfuerzo principal Von Mises.....	126
Figura 67. Factor de seguridad.....	127
Figura 68. Análisis dinámico fatiga: Vida .....	128
Figura 69. Mediciones de velocidad del aire en la descarga de los ventiladores.	130
Figura 70. Esquema de rodillo inercial.....	132
Figura 71. Procedimiento de balanceo mediante retiro de material.....	132
Figura 72. Montaje de rodillo inercial en chasis de balanceo.....	133
Figura73. Analizador de vibraciones CSI.....	134
Figura 74. Acople del rodillo inercial con el motor eléctrico .....	135
Figura 75. Esquema de la conexión del sensor de humedad relativa.....	139
Figura 76. Esquema de la conexión del sensor de presión barométrica.....	141
Figura 77. Esquema de la conexión del sensor de temperatura ambiente .....	142
Figura 78. Voltaje VS peso para la celda de carga .....	144
Figura 79. Esquema de la configuración del circuito de la celda de carga .....	145
Figura 80. Caracterización de la Termocupla .....	146
Figura 81. Estructura interna amplificador INA122P .....	147
Figura 82. Esquema de la conexión del sensor de temperatura ambiente .....	148
Figura 83. Esquema de la fase de potencia de 5 a 12 V. ....	150
Figura 84. Configuración para el montaje del sensor inductivo .....	152
Figura 85. Influencia de los metales de alrededor en el sensor inductivo .....	153
Figura 86. Conexión sensor de RPM's del rodillo .....	154
Figura 87. Pinza inductiva.....	156

Figura 88. Inducción electromagnética .....	157
Figura 89. Conexión sensor de RPM's del motor.....	158
Figura 90. Periféricos del microcontrolador seleccionado.....	159
Figura 91. Configuración del oscilador del microcontrolador .....	161
Figura 92. Configuración del timer de muestreo .....	163
Figura 93. Revoluciones por minuto de los rodillos.....	168
Figura 94. Ciclos del motor de cuatro tiempos.....	169
Figura 95. Resultados de la simulación para la rutina de peso.....	172
Figura 96. Resultados de simulación para rutina de condiciones ambientales ...	172
Figura 97. Resultados de la simulación para la rutina de medición de potencia..	173
Figura 98. Estructura de los datos .....	176
Figura 99. Proceso para la toma de peso del vehículo .....	177
Figura 100. Trama de datos para el peso .....	177
Figura 101. Trama de datos de las condiciones ambientales .....	178
Figura 102. Proceso para la toma de condiciones ambientales.....	181
Figura 103. Trama de datos de la medición de potencia. ....	182
Figura 104. Proceso para la medición de potencia.....	185
Figura 105. Perdidas mecánicas internas del dinamómetro .....	187
Figura 106. Interfaz de usuario .....	188
Figura 107. Prueba motocicleta mecánica.....	191
Figura 108. Prueba motocicleta automática.....	192
Figura 109. Prueba motocicleta semi-automática.....	192
Figura 110. Prueba número 1 de repetitividad.....	195
Figura 111. Prueba número 2 de repetitividad.....	196
Figura 112. Prueba número 3 de repetitividad.....	196
Figura 113. Caracterización de los sensores humedad, presión y temperatura ..	199
Figura 114. Caracterización del sensor de rpm de rodillo.....	200
Figura 115. Caracterización del sensor de rpm, pinza inductiva.....	200
Figura 116. Fabricación de rodillos inerciales .....	201
Figura 117. Colada de plomo.....	202

Figura 118. Balanceo de rodillos inerciales .....	203
Figura 119. Fabricación de chasis y báscula .....	203
Figura 120. Acabado y pintura .....	204
Figura 121. Instalación y ensamble .....	204
Figura 122. Instalación.....	205
Figura 123. Estructura de la maquina .....	208
Figura 124. Atención.....	209
Figura 125. Elementos susceptibles a mantenimiento.....	209
Figura 126. Operación del dinamómetro.....	210

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de la función calidad (QFD).....	34
Tabla 2. Evaluación de alternativas .....	48
Tabla 3. Especificaciones de tuberías de acero al carbono .....	53
Tabla 4. Dimensiones típicas de llantas delanteras en motocicletas. ....	56
Tabla 5. Dimensiones típicas de llantas traseras en motocicletas. ....	57
Tabla 6. Especificaciones para los rodillos .....	64
Tabla 7. Torque en rueda de motocicletas.....	67
Tabla 8. Configuración de recomendadas de rodillos inerciales .....	69
Tabla 9. Factores de servicio para maquinaria .....	72
Tabla 10. Capacidad correas de 30 mm de ancho paso 8.....	73
Tabla 11. Datos de la polea seleccionada .....	74
Tabla 12. Selección de correas sincrónicas paso 8 mm .....	75
Tabla 13. Datos de la polea seleccionada .....	75
Tabla 14. Cálculo estático estado de carga A.....	78
Tabla 15. Cálculo estático B .....	80
Tabla 16. Reacciones en los apoyos .....	84
Tabla 17. Cálculos del rodamiento.....	85
Tabla 18. Calculo de esfuerzos plano A .....	88
Tabla 19. Calculo de esfuerzos plano B .....	88
Tabla 20. Momentos de inercia de la sección C .....	89
Tabla 21. Calculo de esfuerzos plano C .....	90
Tabla 22. Calculo de esfuerzos plano D .....	91
Tabla 23. Esfuerzos resultantes sección B .....	92
Tabla 24. Cargas externas.....	95
Tabla 25. Sujeciones y polea .....	96
Tabla 26. Reacciones en los apoyos, simulación .....	98
Tabla 27. Reacciones en los apoyos, cálculos estáticos .....	98

Tabla 28. Calculo esfuerzos normales.....	102
Tabla 29. Calculo esfuerzos cortantes.....	103
Tabla 30. Calculo esfuerzos equivalentes .....	103
Tabla 31. Límite de resistencia a la fatiga.....	104
Tabla 32. Factores de Marin .....	106
Tabla 33. Limite real de fatiga.....	107
Tabla 34. Factor de seguridad por fatiga .....	107
Tabla 35. Factor de servicio.....	108
Tabla 36. Características del acople.....	109
Tabla 37. Torque de apriete tornillos de fijación del acople .....	109
Tabla 38. Cargas sobre el chasis del dinamómetro .....	111
Tabla 39. Propiedades de la sección transversal de la viga .....	114
Tabla 40. Esfuerzos en la sección critica .....	115
Tabla 41. Parámetros de la simulación.....	117
Tabla 42. Definición de los materiales en las piezas del análisis estático .....	117
Tabla 43. Características mecánicas de la celda de carga.....	122
Tabla 44. Parámetros de la simulación .....	123
Tabla 45. Propiedades de las piezas de la báscula .....	124
Tabla 46. Datos de placa del motor .....	129
Tabla 47. Mediciones de velocidad del aire en la descarga de los ventiladores..	129
Tabla 48. Datos de balanceo rodillo #1.....	136
Tabla 49. Datos de balanceo rodillo #2.....	137
Tabla 50. Características sensor de humedad relativa .....	139
Tabla 51. Características del sensor de presión barométrica .....	140
Tabla 52. Características del sensor de temperatura ambiente.....	141
Tabla 53. Características de la celda de carga .....	143
Tabla 54. Especificaciones de los motores de los ventiladores .....	151
Tabla 55. Características del relay seleccionado.....	151
Tabla 56. Características del sensor inductivo.....	153
Tabla 57. Requerimientos del microcontrolador.....	160

Tabla 58. Rutinas programadas en el microprocesador .....	163
Tabla 59. Resumen de comandos .....	170
Tabla 60. Tabla de presiones de saturación. ....	180
Tabla 61. Perdidas en el dinamómetro. ....	186
Tabla 62. Incertidumbre del dinamómetro .....	198
Tabla 63. Costos dinamómetro .....	206

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES DE MOTOCICLETAS.....	218
ANEXO B: NORMA NOM-047-SEMARNAT-1999.....	239
ANEXO C: TAMAÑO DE RODILLOS .....	240
ANEXO D: TRANSMISIONES POR CORREAS DENTADAS SINCRONICAS....	241
ANEXO E: ACERO 1045 .....	256
ANEXO F: PLANOS DE LA MAQUINA.....	260
ANEXO G: CATALOGO DE PREODUCTOS WEST ARCO.....	287
ANEXO H: ESPECIFICACIONES DE LA CELDA DE CARGA.....	288
ANEXO I: NORMA ISO 1940. CALIDAD DEL BALANCEO .....	290
ANEXO J: NORMA SAE J1349 .....	293
ANEXO K: SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA HIH 4000 .....	295
ANEXO L: SENSOR DE PRESION BAROMETRICA MPX4115AP.....	297
ANEXO M: SENSOR DE TEMPERATURA AMBIENTE LM 35.....	300
ANEXO N: CARACTERIZACION DE TERMOCUPLA TIPO K.....	302
ANEXO O: AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION INA122 P.....	303
ANEXO P: RELAY DE ESTADO SOLIDO TD48A15.....	305
ANEXO Q: SENSOR INDUCTIVO DE PROXIMIDAD PR18-5DP.....	306
ANEXO R: MICROCONTROLADOR PIC 18F2550.....	309
ANEXO S: ESQUEMATICO DE LA TARJETA ELECTRONICA.....	313
ANEXO T: IMPRESO DE LA TARJETA ELECTRONICA.....	314
ANEXO U: CODIGO PROGRAMADO EN EL MICROCONTROLADOR .....	315
ANEXO V: CÓDIGO DEL SOFTWARE .....	323
ANEXO W: PRUEBAS.....	339
ANEXO X: CERTIFICADOS DE CALIBRACION .....	347
ANEXO Y: MANUAL .....	372
ANEXO Z: INCERTIDUMBRE DE MEDICION.....	393

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DINAMOMETRO DE MOTOS PARA LA EMPRESA JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA\*

**AUTORES:** HORMIGA BARRERA Edinson Omar

MORENO SUAREZ Ever Enrique\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Dinamómetro inercial, potencia, diseño mecánico, diseño electrónico, interfaz gráfica de usuario, aseguramiento metrológico.

### DESCRIPCIÓN:

Las motocicletas se han tornado un medio de transporte muy popular en la región, por tal razón se hace indispensable una herramienta de diagnóstico que permita conocer el estado real del motor y del sistema de transmisión de una motocicleta. Teniendo en cuenta la misión de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER de hacer extensión hacia la comunidad contribuyendo con el desarrollo tecnológico, se diseñó y construyó un dinamómetro para medición de potencia. En su fase de diseño se realizó un estudio para ver los diversos tipos y características que ofrece cada diseño en particular, optando por un dinamómetro tipo inercial de dos rodillos, se llevó a cabo el diseño mecánico de los rodillos inerciales y el chasis de la máquina, la selección de los sistemas de apoyo y transmisión; la selección de sensores requeridos, el diseño electrónico de la tarjeta de adquisición de datos y control, y el diseño del software e interfaz gráfica de usuario (GUI). Todos los diseños se realizaron teniendo como referentes la norma SAE J1349 y la norma mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999. Con base en los diseños se construyeron todos los subconjuntos del dinamómetro inercial, por tratarse de una maquina de medicion se hace necesario tener una base de aseguramiento metrológico realizando calibraciones de cada uno de los sensores usados y finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento y repetibilidad con diferentes tipos de motocicletas, haciendose necesarios ajustes y afinacion de la maquina para su adecuado funcionamiento.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Ricardo Jaimes Rolón.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MOTORCYCLE DYNO FOR THE COMPANY JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA.\*

**AUTHORS:** MORENO SUAREZ Ever Enrique

HORMIGA BARRERA Edinson Omar\*\*

**KEYWORDS:** Inertial dyno, power, mechanical design, electronic design, graphical user interface, metrological assurance.

### ABSTRACT:

Motorcycles have turned a means of transport popular in the region, for this reason is essential a diagnostic tool that provides information about actual state of motor and transmission system of a motorcycle. Considering the mission of the INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER to do community outreach contributing to technological development, was designed and built a dynamometer for measuring power. In the design phase, a study was performed to see the different types and features offered by each particular design, opting for an inertial dynamometer with two roll, was held the mechanical design of inertial roller and chassis machine, the selection of support systems and transmission; the selection of required sensors, the design of the board electronic control and data acquisition, and software design and graphical user interface (GUI). All designs are made having as reference the standard SAE J1349 and the Mexican standard NOM-047-SEMARNAT-1999. Based on the designs were built all the subsets of inertial dyno, because it is a measuring machine is necessary have a basis of metrological assurance making calibration of each of the sensors used and finally were made operating and repeatability tests with diferntes types of motorcycles becoming necessary adjustments and tuning of the machine for your proper functioning.

---

\* Graduation Project

\*\* Faculty of Physics-Mechanic Engineerings. School of Mechanic Engineering. Director Ricardo Jaimes Rolón.

## INTRODUCCION

El desarrollo industrial de Colombia ha experimentado un importante crecimiento en tecnología e investigación, especialmente el sector asociado al transporte; de este cabe destacar las motocicletas como un fuerte en la economía nacional. En la región actualmente se ha experimentado una creciente demanda de motocicletas, como medios de transporte y trabajo. En un mercado automotriz tan diverso es difícil seleccionar una motocicleta adecuada para cada tipo de trabajo o aplicación, y actualmente se carece de procedimientos adecuados de medición de eficiencia y potencia útil entregada por estas motocicletas.

La empresa JB Soluciones Prácticas de Ingeniería líder en la región en diseño de máquinas de diagnóstico automotor actualmente no cuenta con un sistema que permita el análisis del desempeño de una motocicleta, por ello requiere el diseño y construcción de un dinamómetro para motos en el cual se puedan llevar a cabo las mediciones de potencia y eficiencia mecánica, ello con el fin de implementar dicho dinamómetro en talleres especializados de reparación y repotenciación de motocicletas para contar con una herramienta de diagnóstico confiable.

Actualmente las reparaciones y repotenciones realizadas a una motocicleta carecen de validación pues no existen procedimientos validos que corroboren una mejora al realizar una reparación o repotenciación, siendo así esto no deja de ser un criterio del técnico de reparación, mas no existen mecanismos estándar de medición de estos aspectos de una manera imparcial. Por lo tanto se da solución a esta problemática mediante el diseño y construcción de un dinamómetro para motocicletas de bajo y medio cilindraje.

# 1. DINAMÓMETRO PARA MOTOCICLETAS

## 1.1. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Al realizar este proyecto de grado se pretende suplir la necesidad actual de medir la potencia y eficiencia mecánica a motocicletas de bajo y medio cilindraje presentada por la empresa JB Soluciones Prácticas de Ingeniería. Debido a que en la región no se ha desarrollado o implementado un sistema similar o equivalente, se hace necesario diseñar y construir un dinamómetro que satisfaga dicha necesidad contando con el apoyo económico y tecnológico de la empresa Soluciones Prácticas e Ingeniería.

A pesar de que dicho dinamómetro se encuentra ampliamente desarrollado por empresas fabricantes extranjeras, estos diseños a menudo no cumplen con la normatividad colombiana o no permiten mucha flexibilidad para que se pueda atender el diverso parque automotor colombiano; sumado a ello no existe una organización calificada para realizar mantenimiento, calibración y ajuste de dicho banco de potencia.

Los bancos de potencia son una herramienta esencial en talleres especializados de reparación y repotenciación de motocicletas debido a que dichos ajustes deben estar acompañados de un certificado que confronte la mejora obtenida en potencia y eficiencia de la transmisión mecánica, el desarrollo de este proyecto de grado suplirá dicha necesidad y por medio de la empresa JB Soluciones Prácticas de Ingeniería se dará el soporte necesario para la implementación de un banco de potencia, con ello acercando la tecnología a un costo accesible a talleres de reparación, formando cultura de diagnóstico en motocicletas luego de una reparación e incluso dar recomendaciones acerca de un mantenimiento preventivo.

## **1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

### **1.2.1. Objetivo general**

Cumplir con la misión de la Universidad Industrial de Santander de hacer extensión hacia la comunidad, realizando el diseño y construcción de un dinamómetro inercial para motocicletas auspiciado por la empresa JB Soluciones Prácticas de Ingeniería (JB-SPI Ltda.), para su laboratorio de metrología.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Diseñar y construir un dinamómetro inercial que permita llevar a cabo una medición de potencia, relación peso potencia y eficiencia de la transmisión mecánica para motocicletas con una potencia neta inferior a veinticinco caballos (25 HP) el cual está compuesto por los siguientes subsistemas:
  - Bascula para medir el peso de la motocicleta por cada eje.
  - Tarjeta electrónica de la maquina implementando micro controladores PIC's donde se adquirirán los datos de:
    - ✓ Sensor de RPM's de los rodillos del dinamómetro
    - ✓ Celda de carga de la bascula
    - ✓ Sensor de temperatura ambiente
    - ✓ Sensor de presión barométrica
    - ✓ Sensor de humedad relativa
    - ✓ Sensor de RPM's del motor de la motocicleta.

- Comunicación de la tarjeta electrónica de la maquina con el software Matlab, donde se realizara el filtrado y procesamiento de datos.
- Realizar una interfaz de usuario GUI en el software Matlab que permita la visualización de los datos de la prueba.
- Realizar un manual básico de operación del banco dinamométrico.

## 2. GENERALIDADES DE LAS MOTOCICLETAS

Las motocicletas son auto-motores generalmente de 2 ruedas, accionadas por un motor que convierte energía química, eléctrica, etc., en energía mecánica y que trasmite esta energía a la rueda trasera de este vehículo por medio de una transmisión mecánica. Las motocicletas pueden clasificarse de diversas maneras, para este fin se ha realizado una clasificación según sus características de diseño, en las siguientes categorías (Ver Anexo A):

### 2.1. SPORT

Son las motos más comunes en el país, son usadas para el transporte y el trabajo. Son máquinas muy económicas en precio y consumo de combustible. Creadas para aplicaciones urbanas y suspensión ideal para el piloto y su acompañante, caracterizadas por su sistema de marchas mecánico que varía de 4 a 5 velocidades. Son el tipo de motocicletas más versátil y cómodamente se puede usar en todas las aplicaciones con pocas restricciones, este tipo de motocicleta homologa muchas de las ventajas de los otros tipos de motocicletas. En la figura 1 se presenta la motocicleta Yamaha YBR 125, con características típicas de esta categoría.

**Figura 1.** Yamaha YBR 125



**Fuente:** Catalogo Yamaha 2012

## 2.2. UNDER BONE

Es un tipo de motocicleta ideal para transitar en la ciudad, de un modo cómodo y económico, su diseño cuenta con guarda piernas laterales rígidas que permiten proteger al piloto en eventuales caídas. Permite buena maniobrabilidad en rutas urbanas, pues su suspensión es un tanto rígida y suaviza pequeñas irregularidades del terreno, pero no se recomienda para terrenos destapados.

Otro aspecto a favor es la ausencia de embrague manual, pues es una motocicleta semi-automática y basta con realizar una maniobra de desaceleración rápida en el manubrio, para realizar el cambio de marcha dado que cuenta con un embrague centrífugo. Este tipo de motocicleta facilita la conducción ya que no se debe accionar un embrague para realizar cambio de marchas y por ende compacta este sistema en el motor, evitando el típico sistema de guaya o cable de acero en el manubrio para el embrague. La figura 2, es un ejemplo de motocicleta under bone.

**Figura 2.** AKT Flex 125



**Fuente:** Catalogo motocicletas AKT 2012

### 2.3. SCOOTERS

Las motocicletas tipo scooter son una línea de fácil manejo iniciando con la facilidad de montarse en ellas, no tienen un marco cerrado, sus ruedas son relativamente pequeñas y permiten subirse sin montar la pierna, ideal para algunas mujeres recatadas. Además su practicidad va acompañada del hecho de ser de marchas automáticas, gracias a que cuenta con una transmisión variable que en últimas se traduce en aumento de eficiencia mecánica y aumento de velocidad.

La seguridad es una característica principal de estas motocicletas, pues su carenado extendido permite dar protección a las extremidades inferiores del conductor, aspecto que también favorece su aerodinámica. Un ejemplar de esta categoría se presenta en la figura 3.

**Figura 3.** Kymco Agility RS



**Fuente:** Catalogo motocicletas Kymco 2012

## 2.4. MOTOCROSS Y ENDURO

Este tipo de motocicletas son robustas ideales para tratos fuertes y ejercicios acrobáticos. Están hechas para saltar y permitir maniobrabilidad ante obstáculos, su funcionalidad va desde los terrenos escarpados hasta la pista de carreras en pavimento. Esta versatilidad se debe a que sus ruedas son grandes y cuentan con una gran banda de rodadura, con grandes prestaciones en las curvas cerradas, además su bajo peso y excelente sistema de suspensión permiten absorber fluctuaciones del terreno y dar estabilidad y confort al piloto.

Su característica más importante rapidez con que se puede acelerar debido a su baja relación peso potencia. Para apreciar un ejemplar de motocross, ver figura 4.

**Figura 4.** Honda XR 125L



**Fuente:** Catalogo motocicletas Honda 2012

## 2.5. SUPERBIKES

Las motocicletas denominadas superbikes son aquellas que permiten una posición deportiva al piloto el cual generalmente va inclinado hacia delante. Generalmente están hechas para la competición, cuentan con una baja relación peso/potencia, lo que la hace una motocicleta rápida y potente, el diseño de su carenado es el más completo y aerodinámico de todos los tipos de motocicleta, brindan el flujo de aire adecuado para la refrigeración de sus motores, también su carenado brinda protección a los elementos mecánicos, tienen un sonido característico alto aunque tiende a ser un poco agudo. En la figura 5, la Kawasaki Ninja 250, como representativa de este tipo.

**Figura 5.** Kawasaki Ninja 250



**Fuente:** Catalogo motocicletas Kawasaki 2012

### **3. DISEÑO CONCEPTUAL**

Al elaborar este proyecto de grado se desea suplir la necesidad que tiene la empresa JB Soluciones Prácticas de Ingeniería de una manera óptima, para ello se realizara un análisis que tendrá en cuenta tanto las necesidades del usuario, como los requerimientos que los ingenieros a cargo recomiendan para una solución, logrando así satisfacer las dos partes y encontrar el método adecuado de caracterización y análisis de un sistema para medir potencia en motocicletas usando una maquina dinamométrica.

Se realizara un método muy usado, el despliegue de la función calidad o QFD, el cual tiene como finalidad brindar un diseño competitivo y robusto, basado en un estudio exhaustivo de las tecnologías existentes y su acomodación ideal para el contexto de la aplicación.

#### **3.1. NECESIDADES DEL CONSUMIDOR**

Dentro de las características que busca un consumidor de este producto y en general de cualquier persona que tenga contacto con el mismo, están las siguientes:

- Fácil de operar
- Mantenibilidad
- Durabilidad
- Control
- Economía
- Seguridad
- Diseño simple
- Estética
- Compacto y liviano

### **3.2. REQUERIMIENTOS INGENIERILES**

Además existen ciertos requerimientos ingenieriles para el desarrollo de este proyecto debido a múltiples variables que pueden afectar el desarrollo del mismo tales como por ejemplo la tecnología a usar, los respaldos documentales necesarios como manuales, y en general accesorios que mejoran las condiciones de seguridad y operación.

- Diseño robusto
- Adquisición con micro controladores
- Implementación de piezas estándar
- Manual de usuario
- Sistema por masa inercial
- Sistema por freno
- Plan de aseguramiento metrológico
- Sistema de anclaje para la moto
- Sistema de pesado integrado

### **3.3. MATRIZ DE CALIDAD (QFD)**

En este proyecto se debe buscar el equilibrio adecuado entre las necesidades del consumidor operador de la máquina, así como los requerimientos ingenieriles y tecnológicos de los diseñadores.

Una vez descritas los anteriores parámetros se procede a su evaluación ordenando las necesidades del consumidor en orden de importancia y luego una ponderación según el grado de afectación con los requerimientos ingenieriles, estas ponderaciones pueden ser 1, 3 o 9 según si su relación es baja, media o fuerte respectivamente, para mejor descripción ver la tabla 1.

**Tabla 1.** Matriz de la función calidad (QFD)

DINAMOMETRO	DISEÑO ROBUSTO		ADQUISICIÓN CON MICRO CONTROLADOR		IMPLEMENTAR PIEZAS ESTANDAR		MANUAL DE USUARIO		SISTEMA POR MASA INERCIAL		SISTEMA POR FRENO		PLAN DE ASEGURAMIENTO METROLOGICO		SISTEMA DE ANCLAJE PARA LA MOTO		SISTEMA DE PESADO INTEGRADO	
FACIL DE OPERAR	9	1	9	9	81	1	9	9	81	0	0	0	3	27	9	81	9	81
MANTENIBILIDAD	8	3	24	3	24	9	72	1	8	9	72	3	9	72	1	8	1	8
DURABILIDAD	7	9	63	3	21	3	21	3	21	9	63	9	3	21	1	7	3	21
CONTROL	6	0	0	9	54	1	6	0	0	0	18	3	1	6	0	0	3	18
ECONOMIA	5	0	0	3	15	9	45	0	0	9	45	0	0	0	0	0	9	45
SEGURIDAD	4	3	12	9	36	3	12	9	36	9	36	9	3	12	9	36	9	36
DISEÑO SIMPLE	3	3	9	3	9	9	27	9	27	9	27	1	0	0	0	0	1	3
ESTETICA	2	0	0	0	0	1	2	0	1	2	2	1	0	0	1	2	3	6
COMPACTO Y LIVIANO	1	3	3	3	3	3	3	1	1	1	9	9	0	0	1	1	1	1
PUNTAJE			120		243		197		174		246		155	138		135		219
PRIORIDAD			9		2		4		5		1		6	7		8		3

Fuente: Autores

FUERTE	9
MEDIA	3
BAJA	1

### **3.4. CLASIFICACION DE ALTERNATIVAS DE DINAMOMETROS**

A continuación se presentan las posibles alternativas de solución para cuatro aspectos importantes en el diseño de un dinamómetro las cuales son:

#### **3.4.1. Según su aplicación.**

##### **3.4.1.1. Dinamómetro de motor.**

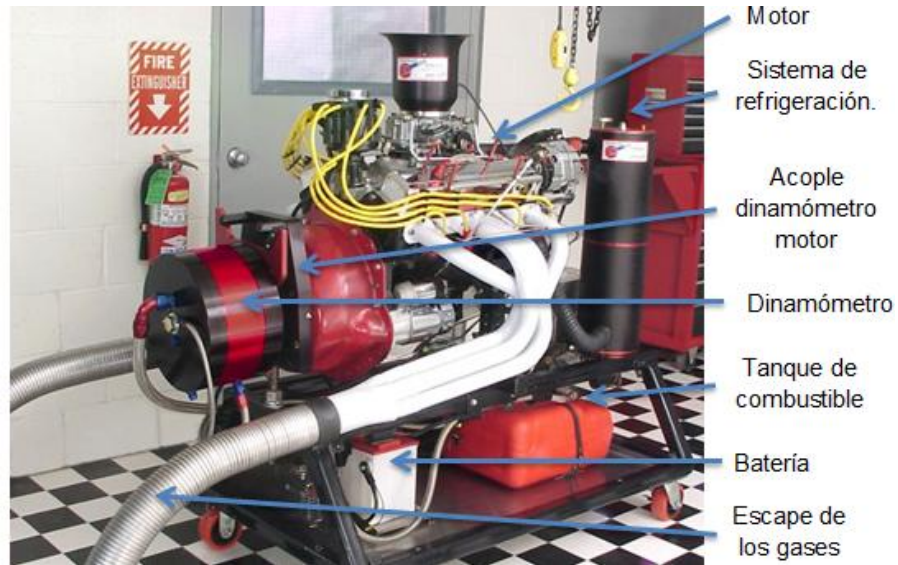
Este tipo de dinamómetro es usado para medir la potencia directamente en el eje del motor, por lo cual el aparato de medición se debe enganchar al motor del cual se desee medir la potencia (Figura 6). Este tipo de dinamómetro es usado generalmente en los departamentos de investigación, desarrollo y talleres automotrices donde el motor se encuentra fuera del vehiculó, por encontrarse directamente conectado al dinamómetro lo hace un método exacto en la medición de la potencia en el eje del motor. Es de notar que usando este método no se tiene ningún tipo de perdida por transmisión, rodadura, fricción con el aire o deslizamiento, por lo tanto si se quiere tener una prueba más real se deben simular dichas condiciones a través de un freno<sup>1</sup>.

Este tipo de maquina aunque proporciona un método de medición más exacto de la potencia en el eje del motor, a la vez es un método engorroso debido a que dado el caso se debe quitar el motor del vehículo y se deben agregar todos los sistemas auxiliares para el apoyo y acople del motor con el dinamómetro; además se debe tener suministro de combustible, suministro eléctrico, extractor de humos, flujo de aire y/o líquido para enfriamiento, flujo de aire para la combustión, variación de la aceleración, etc. Son servicios necesarios para que se pueda llevar a cabo la prueba y se muestran en la Figura 6. En general este tipo de dinamómetro es usado para la investigación y desarrollo de motores, medición exacta del rendimiento del motor, fiabilidad y comprobación de las pruebas.

---

<sup>1</sup> Dynamometer-info. [on line] Grimsby, Reino Unido [Citado el 26 de octubre de 2011] <URL: <http://www.dynamometer-info.co.uk/>>

**Figura 6.** Dinamómetro de motor



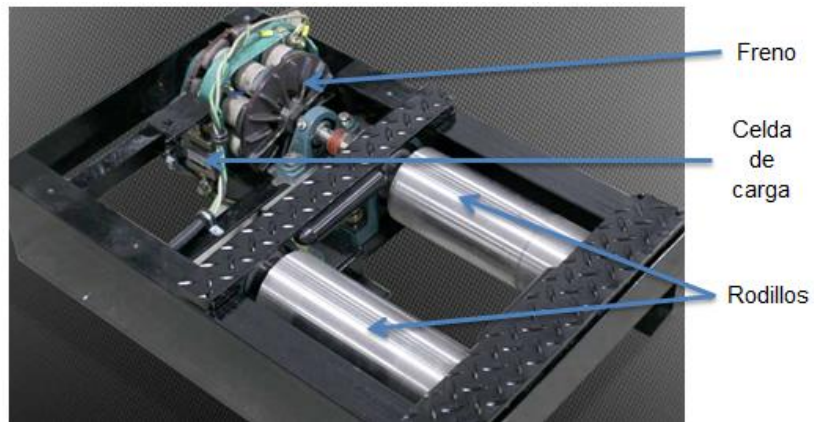
**Fuente:** <http://www.land-and-sea.com/dyno/dyno.htm>

#### **3.4.1.2. Dinamómetro de chasis.**

Este nombre hace referencia a que la medición de la potencia se hace en el eje de la rueda, es decir cuando el motor está instalado en su respectivo chasis. Es uno de los dinamómetros más comunes en el mercado debido a su facilidad de uso, en este tipo de maquina se mide la potencia que entrega el automotor en la rueda(s), siendo así se mide la potencia útil.

El dinamómetro de chasis puede tener varias configuraciones de estados de carga y dependiendo de ellos se podrá realizar diferentes modalidades de pruebas pero básicamente puede ser dinamómetro para medir potencia en rueda (Figura 7) o en eje (Figura 8).

**Figura 7.** Dinamómetro para medición de potencia en rueda



**Fuente:** <http://www.mustangdyne.com/mustangdyne/products/chassis-dynamometers/cycle-atv/?prod=MD-ScooterDyne>

**Figura 8.** Dinamómetro para medición de potencia en eje.



**Fuente:** HERNANDEZ MORALES, Verni Alexander. Propuesta para el diseño del control electrónico y construcción de un dinamómetro de inercia electrónico computarizado. Proyecto de grado Ingeniero mecánico eléctrico. Ciudad de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería mecánica eléctrica. 2007. 152 p.

### **3.4.2. Según el tipo de máquina.**

#### **3.4.2.1. Máquina fija**

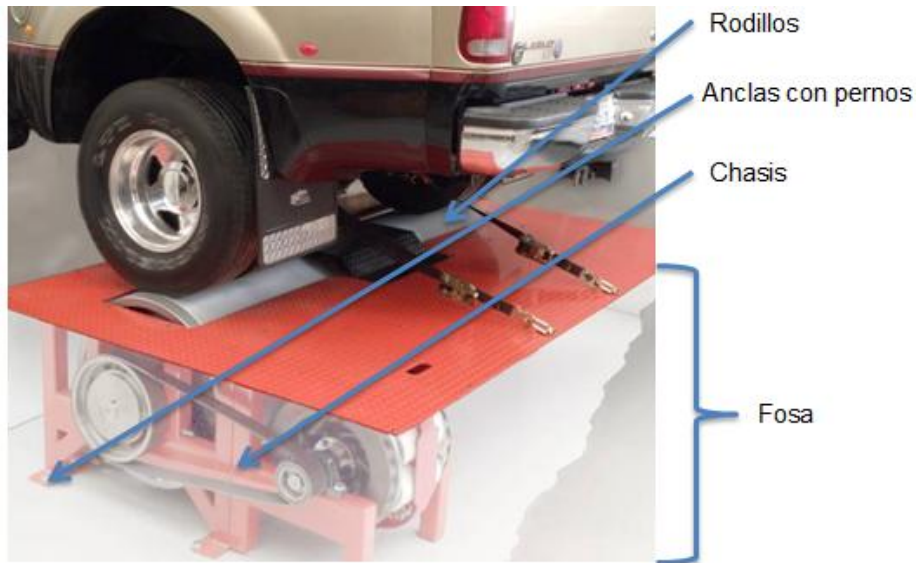
Este tipo de máquina se caracteriza por ser anclada en un lugar fijo el cual se debe adecuar para llevar a cabo la medición, esto es debe tener un sistema de refrigeración del motor de la motocicleta y un sistema de extracción de gases para garantizar que la combustión se lleve a cabo con aire puro y que los operarios no se intoxiquen con los humos de la combustión. Por ser una máquina fija generalmente ocupa gran espacio y es pesada, tiene un diseño simple y robusto porque no se tienen tantas limitaciones de espacio ni peso, lo cual la hace menos compleja y a la vez más mantenible.

Este tipo de máquina es usada en general por talleres especializados ubicados en un lugar fijo y es necesario cavar una fosa en el suelo para anclarla con pernos y anclas de piso además de un sistema de almohadillas anti vibración para evitar transferir dichas vibraciones al piso o a otras máquinas.

Los componentes básicos de esta máquina son el marco, unidad de absorción que por lo general es uno o dos rodillos inerciales, los cojinetes, sensor de velocidad, unidad de procesamiento de datos, sistemas de seguridad y/o un aparato de medición de torque (esfuerzo de torsión). En general se trata de una máquina estacionaria que debe ser instalada en un lugar predeterminado y por tanto se deben adecuar las instalaciones para que el proceso de medición de potencia se lleve a cabo correctamente y se garantice la integridad del proceso y la seguridad de quienes están involucrados en él.

En la figura 9 se observa un dinamómetro fijo, para vehículos.

**Figura 9.** Dinamómetro fijo



**Fuente:** <http://www.land-and-sea.com/truck-chassis-dyno/truck-chassis-dyno.htm>

### 3.4.2.2. Máquina portable.

Este tipo de máquina tiene la característica de ser compacta y liviana, debe ser robusta y resistente a golpes para que cuando se lleve a cabo su movilización no se afecte el buen funcionamiento de la máquina. Puede ser usada en cualquier sitio a donde pueda ser transportada debido a que en general lo único que debe ser alimentado son los sensores y la unidad de procesamiento de datos los cuales consumen un bajo voltaje esto para dinamómetros puramente inerciales, debido a que si se tienen frenos estos por lo general deben ser alimentados por la red eléctrica lo que hace perder portabilidad a un dinamómetro.

Este tipo de dinamómetro por lo general es acoplado a un tráiler que es tirado por un vehículo como se demuestra en la figura 10, en este se encuentran montados todos los sistemas (excepto la unidad de computo) necesarios para que se pueda llevar a cabo la prueba convirtiéndolo en una unidad móvil.

**Figura 10.** Dinamómetro portable



**Fuente:** <http://www.dynomec.com/index.php?mo=ref>

### **3.4.3. Según el método de medición de potencia.**

#### **3.4.3.1. Inercial**

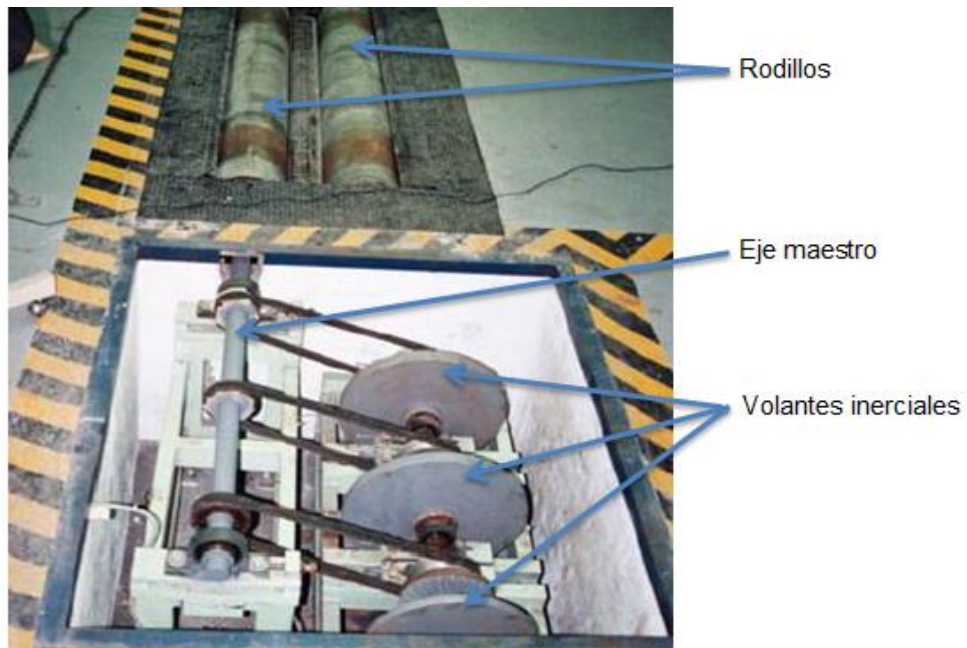
Consiste en uno o más rodillos inerciales que tienen como fin oponerse al movimiento y permiten medir la potencia de a motocicleta de una forma indirecta, es un diseño simple en el que se mide la aceleración que tienen los rodillos inerciales y conociendo su inercia se puede llegar a calcular el torque que aplica la motocicleta y a partir del torque calculado y las RPM medidas se calcula la potencia final entregada. Como ventajas de esta clase de dinamómetros se tienen: un diseño simple, bajo costo, simplicidad y rapidez del ensayo, muy repetitivo, bajo mantenimiento y no requiere infraestructura adicional<sup>2</sup>.

Para tener una percepción de este tipo de maquina se puede acudir a la figura 11.

<sup>2</sup> MONTALUISA MONTALUISA, Franklin Geovanny. Diseño de un dinamómetro inercial y construcción de un modelo a escala. Proyecto de grado Ingeniero mecánico. Quito. Escuela politécnica nacional. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería mecánica. 2007. 115 p.

Las desventajas son: No se puede llevar a cabo un ensayo a carga estabilizada, la carga es siempre la misma y depende de la aceleración, requiere un buen sistema de adquisición y procesamiento para obtener buenos resultados, un elevado peso, baja exactitud ya que hay influencia de factores externos como rozamientos no medidos (rodamientos, rodadura de las ruedas, cadenas o correas de transmisión) e inercia de otros elementos en rotación (volante del motor, caja y ruedas).

**Figura 11.** Dinamómetro inercial



**Fuente:** GONZALES OROPERA, R; et all. Caracterización de masas inerciales en un dinamómetro de chasis.

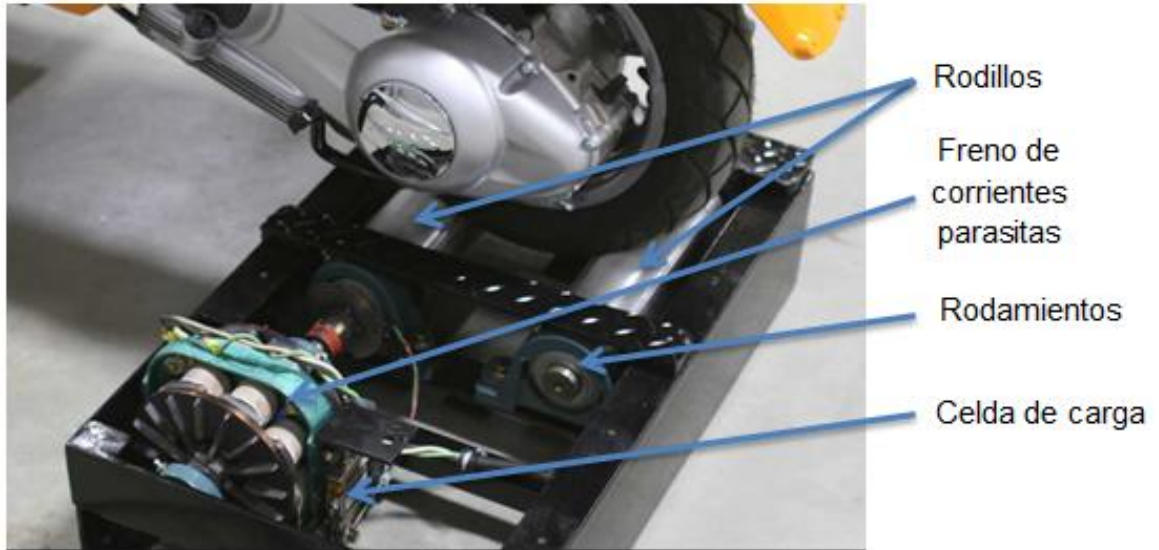
### **3.4.3.2. Corrientes parasitas**

Consiste en un freno de corrientes parasitas (eddy current brake) conectado solidariamente al eje de uno de los rodillos inerciales, por lo tanto se tiene una combinación de dinamómetro inercial con freno de corrientes parasitas como se puede ver en la Figura 12. Esta característica lo hace muy versátil y se pueden llevar a cabo simulaciones de carga parcial a una velocidad específica siendo esta la forma correcta de afinar un vehículo. El freno de corrientes parasitas consiste en un disco metálico que gira en un campo magnético, al haber un movimiento relativo entre el disco y el campo magnético se causa un movimiento de electrones o corriente inducida dentro del disco, estas corrientes crean electroimanes con campos magnéticos que se oponen al efecto del campo magnético aplicado y cuanto más fuerte sea el campo magnético aplicado o mayor la velocidad relativa de movimiento, mayor será la oposición que se genera. Con la base de este principio si se le suministra más corriente al freno o si aumentan las revoluciones del disco (que esta acoplado a los rodillos inerciales) se tendrá un torque de oposición mayor. Como el freno se encuentra soportado en chumaceras en conjunto con el eje del rodillo inercial este es libre de girar y lo único que se opone a su movimiento es una celda de carga que registra el torque de oposición (Figura 12).

Las ventajas de tener esta configuración son: Alto torque de frenado aún a muy altas RPM, permite un control automático preciso, alta precisión en el control aun en rangos muy distintos de torque y RPM, alta durabilidad, mantenimiento simple y menos frecuente.

Las desventajas son: Mayor costo y es necesario refrigerarlo debido a que el disco que gira disipa la energía por medio de calor.

**Figura 12.** Dinamómetro con freno de corrientes parasitas



**Fuente:**<http://www.mustangdyne.com/mustangdyne/products/chassis-dynamometers/cycle-atv/?prod=MD-ScooterDyne>

### 3.4.3.3. Freno de fricción

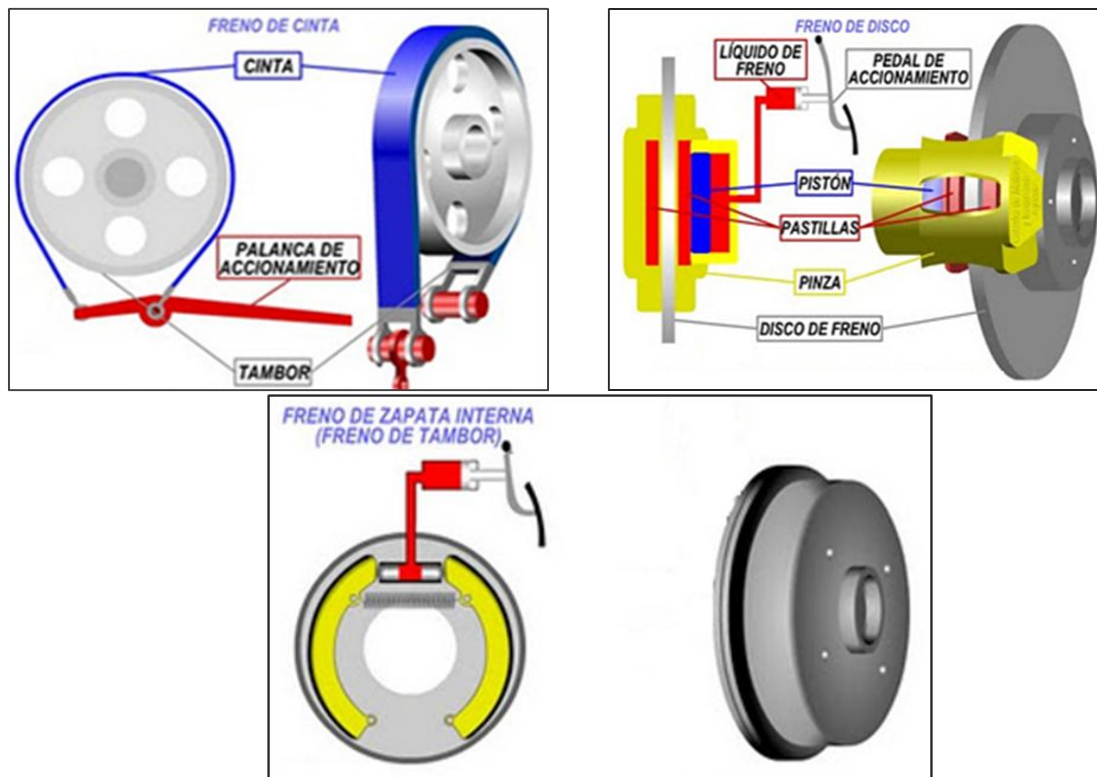
Un dinamómetro de freno de fricción aprovecha el contacto entre dos materiales como un sistema básico de frenado en donde se convierte energía cinética en calor, lógicamente tras este proceso es necesario liberar al ambiente este calor para no afectar al sistema con incrementos de temperatura.

Este tipo de freno se puede aprovechar en el diseño de un dinamómetro, y puede variar en sus especificaciones en cuanto a los materiales usados y la ubicación del freno. Existen algunas formas de ensamblar un freno dependiendo de la parte del volante donde se genera la fricción. Puede ser en la periferia con un freno de cinta, en su interior llamado freno de tambor con zapatas, o se puede hacer una sujeción axial con un freno de disco (Figura 13).

La implementación de estos tipos de frenos en la construcción de dinamómetros es básica y sencilla, pero se hace un poco compleja a la hora de evaluar y controlar las variables y parámetros con los que cuenta. Aspectos como los materiales usados, los procesos de fabricación de las pastillas o cintas de frenado y disco, variaciones de temperatura, agentes contaminantes del ambiente, humedad, polvo entre otros, hacen que sea difícil de cuantificar con certeza la cantidad de energía disipada haciendo difícil el modelamiento del sistema.

Por ello estos tipo de mecanismos no son comúnmente usados, y de ser así necesitaría de un control minucioso de todas la variables para generar un frenado estándar que haga de sí mismo un proceso repetible y confiable.

**Figura 13.** Tipos de freno por fricción.



**Fuente:** <http://tecnoydemastecno.blogspot.com/2011/04/ tipos-de-frenos.html>

### 3.4.4. Según formas de contacto con la rueda.

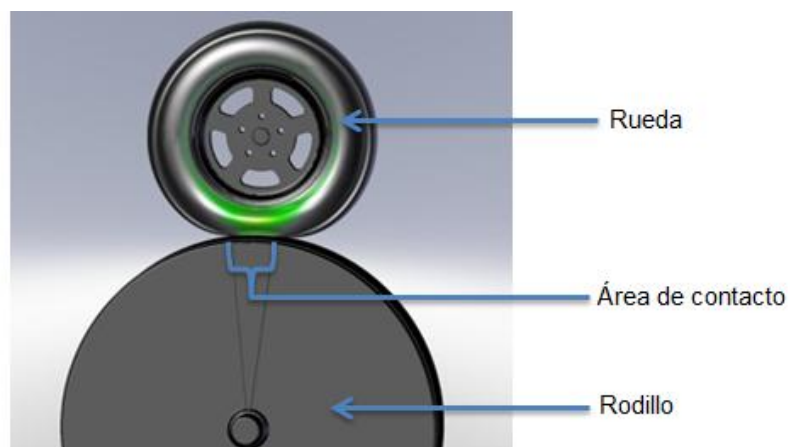
Los dinamómetros deben garantizar la lectura de la potencia completa entregada por la fuente motriz y se debe buscar la forma óptima para cada necesidad.

Dentro de las formas más relevantes de realizar la transmisión de potencia entre el dinamómetro y la rueda están las siguientes:

#### 3.4.4.1. Un rodillo

La transmisión de potencia usando un rodillo es la más conveniente en cuanto a que hay más garantía de rodadura pura debido a que el peso de la motocicleta genera en su totalidad la fuerza normal, facilitando la adherencia, además el diámetro es mayor lo que se asemeja más a una superficie plana encontrada en la carretera (Figura 14). El principal problema de un dinamómetro con un solo rodillo es el gran tamaño que debe tener, conllevando problemas de fabricación tanto por sus dimensiones, como por su peso.

**Figura 14.** Contacto de llanta con un rodillo



**Fuente:** [http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/roll\\_diameter.htm](http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/roll_diameter.htm)

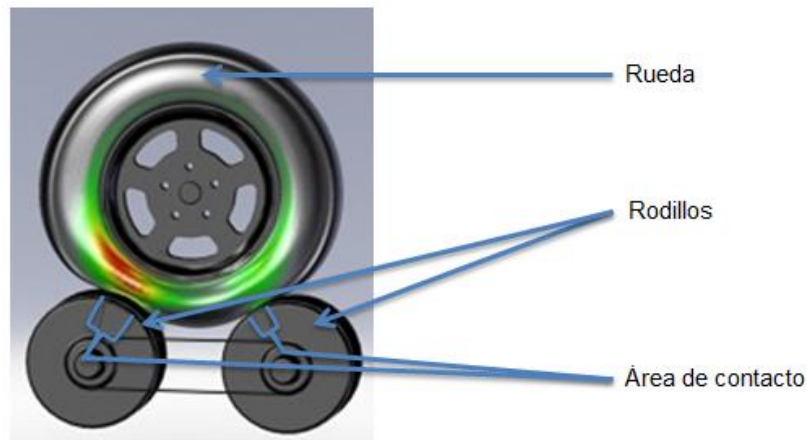
### 3.4.4.2. Dos rodillos

El uso de dos rodillos hace que el contacto con la rueda sea un poco pobre, dado que la fricción que garantiza la rodadura depende de la fuerza normal que se aplica a los rodillos, esta fuerza corresponde al peso del vehículo, y al existir dos rodillos la carga tiene que dividirse entre ellos (Figura 15). En pocas palabras cada rodillo tiene menos fuerza normal y por ende más tendencia al deslizamiento.

Para solucionar este inconveniente se usan algunos artilugios como colocar correas o tirantes adicionales de sujeción en las ruedas para aumentar artificialmente el peso del vehículo, e incluso aplicar elementos como la nafta para garantizar la rodadura.

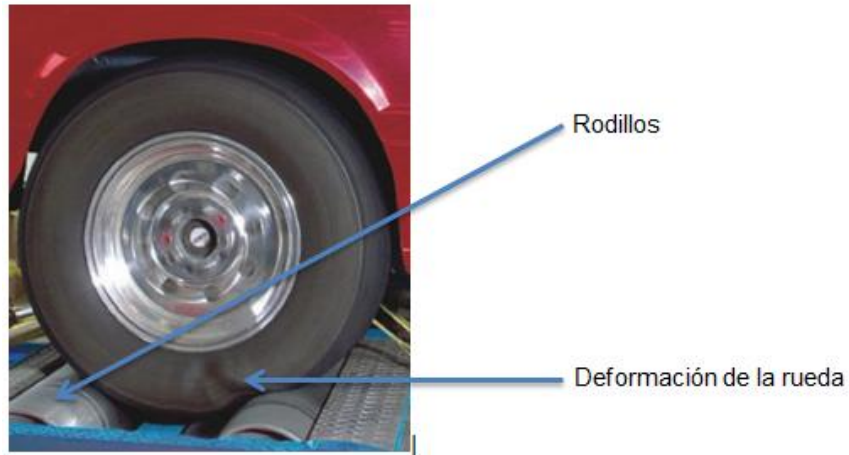
Otra desventaja de los rodillos duales es que atrapan la rueda, y la someten a un alto esfuerzo mecánico, se genera un fenómeno de fatiga de alta velocidad (Figura 16), se incrementa la temperatura de las ruedas y en ocasiones la puede hacer estallar.

**Figura 15.** Contacto de llanta con dos rodillos



**Fuente:** [http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/roll\\_diameter.htm](http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/roll_diameter.htm)

**Figura 16.** Deformación de la rueda debido a esfuerzos dinámicos



**Fuente:** [http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/dyno\\_hp\\_limits.htm](http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/dyno_hp_limits.htm)

### **3.4.5. EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS**

Observando las anteriores clasificaciones y sus respectivas ventajas y desventajas, se acude a validar los criterios antes seleccionados como los más importantes en la matriz de calidad, tales como sistema por masa inercial, adquisición con micro-controladores y sistema de pesado integrado. En la tabla 2 se realiza una calificación final entre las opciones disponibles y los tres requerimientos antes mencionados, donde las puntuaciones son de 5 para una alternativa de solución óptima y 1 para una alternativa deficiente.



### **3.5. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA GANADORA**

Al realizar un estudio minucioso de las variables involucradas en el desarrollo de este proyecto, se ha encontrado una combinación ideal entre las diferentes características, explicadas en este documento arrojando un resultado satisfactorio a la necesidad y teniendo en cuenta las limitaciones y ventajas involucradas en este contexto.

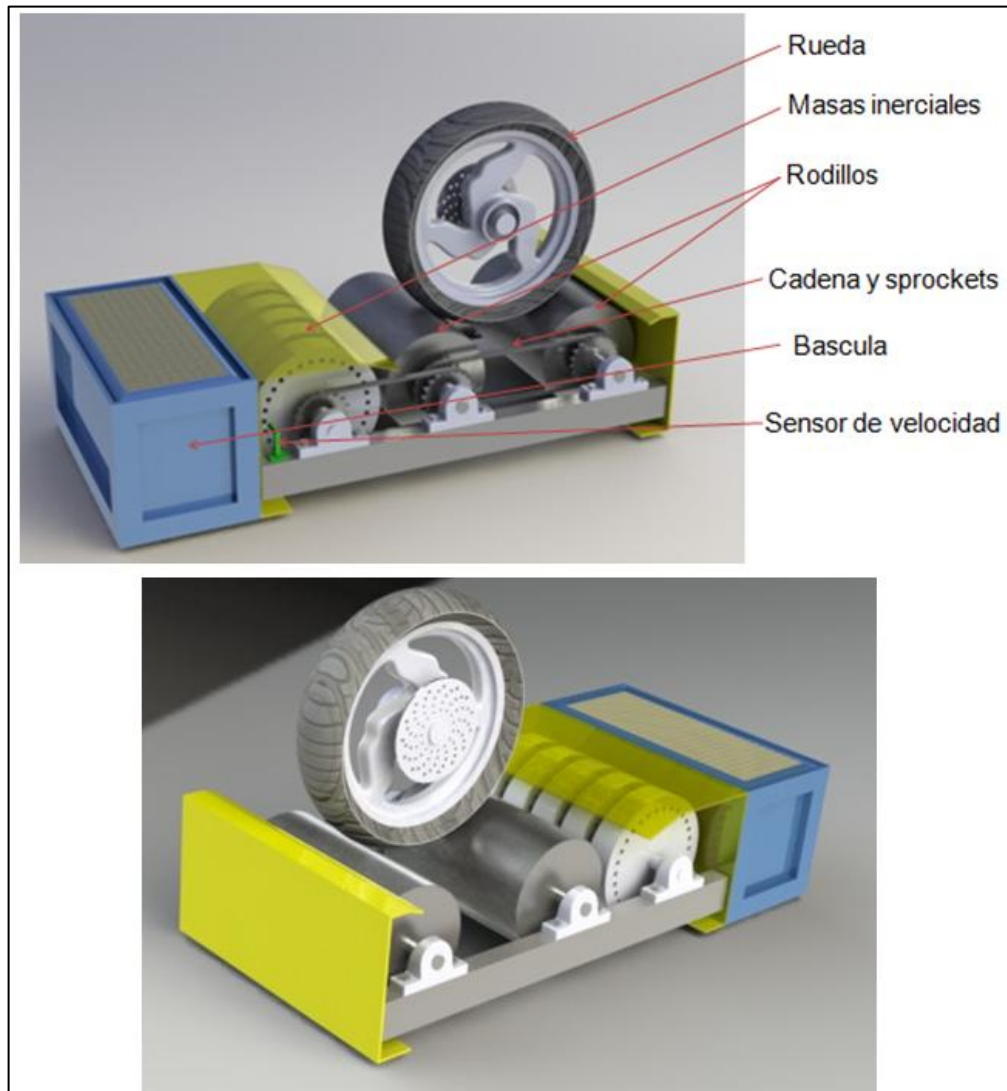
Se decide así entonces diseñar y construir un dinamómetro para motocicletas de gama media con sistema de masas inerciales con dos rodillos que harán contacto con la rueda de esta manera la rueda se favorecerá, al ser encajada permitirá distribuir sus esfuerzos y dará seguridad en la prueba, evitando que la rueda se salga eventualmente, y al ser inercial permitirá un diseño robusto y básico, aspectos que a la larga se traducen en confiabilidad en el funcionamiento normal del equipo. Además irá acompañado de una báscula en la cual se pretende adquirir la masa de la motocicleta para hallar la relación peso potencia. La toma de los datos se hará implementando un micro controlador en una tarjeta electrónica, y una aplicación básica de procesamiento de datos en el software de laboratorio Matlab.

Debido a que se pretende medir potencia efectiva, se deben realizar correcciones de la potencia medida debido a que esta es afectada por la temperatura, presión barométrica y humedad relativa. Para realizar estas correcciones se integraran sensores meteorológicos que miden las variables requeridas.

La modalidad de máquina que se va a construir es el resultado de la evaluación en la tabla 2, y corresponde a un dinamómetro de tipo chasis, es decir adquiere la potencia de la motocicleta desde sus ruedas, en la cual el motor permanece en el chasis del vehículo, siendo una prueba no invasiva. Y dado que su peso es considerable al ser un sistema con masas, será una maquina fija, en lo posible anclada para brindar seguridad. En la figura 17 se presenta un concepto de

maquina a construir, y vale la pena aclarar que estará sujeta a correcciones llevadas acabo en el diseño detallado.

**Figura 17.** Concepto de dinamómetro a diseñar



**Fuente:** Autores

## **4. DISEÑO DE DETALLE**

El dinamometro a diseñar y construir estará compuesto por varios subconjuntos y cada uno de ellos sera diseñado o en su defecto seleccionado según su conveniencia, con el fin de construir una maquina duradera y confiable.

### **4.1. GEOMETRIA DE LOS RODILLOS INERCIALES**

Se escoge un dinamometro inercial de dos rodillos debido a que la rueda de la motocicleta quedara encajada entre ellos, brindandole estabilidad y seguridad a la prueba.

La norma mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999 en el numeral 9.13.2 recomienda un diámetro minimo de los rodillos inerciales de 20,32 cm (8 pulgadas)<sup>3</sup> para que las condiciones de contacto de la rueda con dichos rodillos sean optimas y similares al contacto rueda-carretera. Teniendo en cuenta esto, se procedera a realizar la selección del material con el cual se fabricaran los rodillos inerciales. Ver Anexo B.

#### **4.1.1. Rodillos de acero**

Generalmente los fabricantes usan rodillos de acero macizo para la construccion de dinamometros inerciales debido a su peso y propiedades de resistencia mecanica. Para este proyecto se descarto esta opcion debido al elevado costo que tiene el material y el proceso de mecanizado que hay que realizar no puede ser llevado a cabo en la region debido a su elevado peso y grandes dimensiones. Por lo tanto se plantea otra opcion mas conveniente como se explicara en la siguiente seccion.

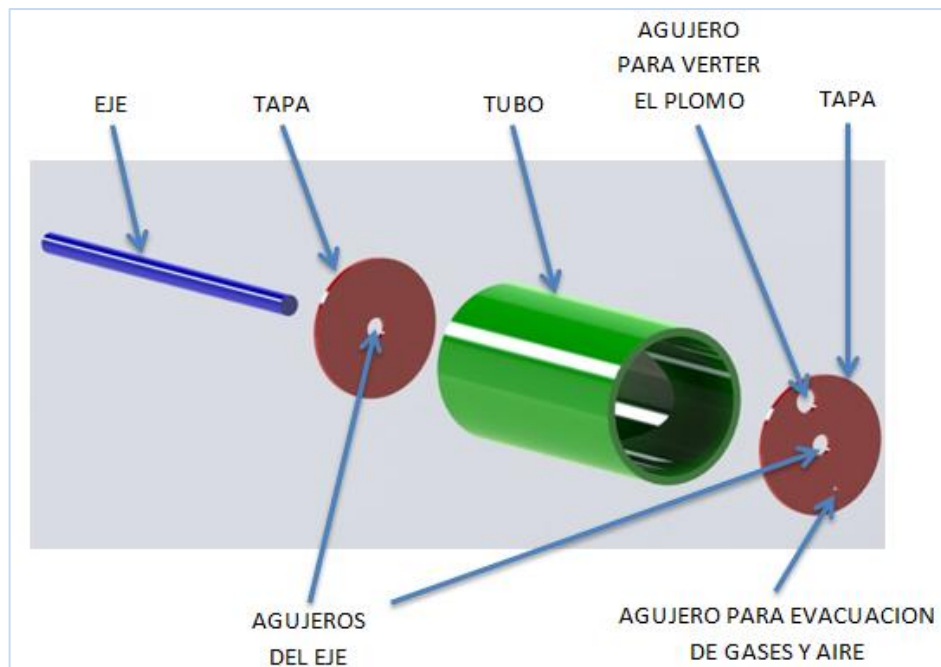
---

<sup>3</sup> <http://200.77.231.100/work/normas/noms/2000/047ecol.pdf>

#### 4.1.2. Rodillos de acero rellenos de plomo

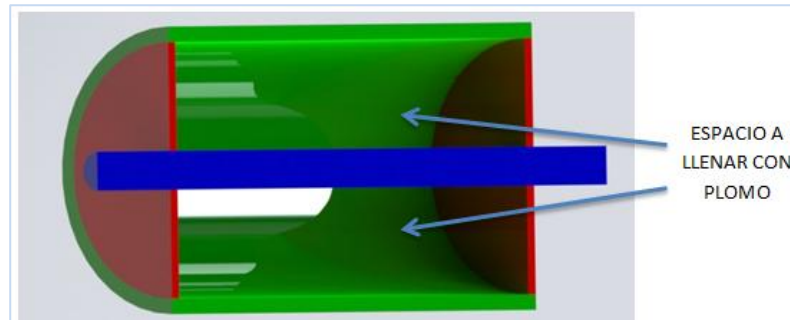
Se plantea ensamblar un tubo de acero con tapas laterales y un eje central de acero, cuya cavidad interior se pretende llenar de plomo debido a su alta densidad y bajo punto de fusión. Esta configuración hará posible llevar a cabo el proceso de manufactura en la región disminuyendo los costos considerablemente y reducción en las dimensiones de los rodillos. Para verter el plomo se debe perforar una de las tapas; realizando un agujero para verter el plomo y otro para que salgan los gases y aire que ocupa el espacio a llenar con plomo. El detalle de esta configuración se muestra en las figuras 18 y 19.

**Figura 18.** Explosión ensamblaje de rodillos inerciales



**Fuente:** Autores

**Figura 19.** Despiece rodillo ensamblado



**Fuente:** Autores

Se selecciona un tubo de diámetro nominal de 10 pulgadas cedula 120 (Tabla 3) para la construcción de los rodillos del dinamómetro, garantizando el cumplimiento de la norma mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999 numeral 9.13.2 que recomienda un diámetro mínimo de los rodillos de 20,32 cm (8 pulgadas).

**Tabla 3.** Especificaciones de tuberías de acero al carbono

Diámetro Nominal	Cedula	Diámetro Exterior		Diámetro Interior		Espesor	
		Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros
8"	40	8,625"	219.08	7,981"	202.72	0,322"	8.18
	60	8,625"	219.08	7,813"	198.45	0,406"	10.31
	80	8,625"	219.08	7,625"	193.68	0,500"	12.7
	100	8,625"	219.08	7,439"	188.95	0,593"	15.06
	120	8,625"	219.08	7,189"	182.6	0,718"	18.24
10"	40	10,750"	273.05	10,020"	254.51	0,365"	9.27
	60	10,750"	273.05	9,750"	247.65	0,500"	12.7
	80	10,750"	273.05	9,564"	242.93	0,593"	15.06
	100	10,750"	273.05	9,314"	236.58	0,718"	18.24
	120	10,750"	273.05	9,064"	230.23	0,843"	21.41
12"	60	12,750"	323.85	11,626"	295.3	0,562"	14.27
	80	12,750"	323.85	11,376"	288.95	0,687"	17.45
	100	12,750"	323.85	11,064"	281.03	0,843"	21.41
	120	12,750"	323.85	10,750"	273.05	1,000"	25.4
	140	12,750"	323.85	10,500"	266.7	1,125"	28.58

**Fuente:** <http://todotubos.com/especificacion-tuberia.php>

Debido al proceso de mecanizado en la superficie del tubo para su rectificación y labrado superficial se espera obtener un diámetro exterior final de 248 mm.

#### 4.1.3. Cálculo de la inercia de los rodillos

Uno de los datos requeridos para el diseño mecánico del dinamómetro es la estimación de la inercia y la masa a implementar para la medición de la potencia. Esta variable afecta la rapidez con que se transfiere la energía de la motocicleta a los rodillos y por ende es un parámetro primordial a la hora evaluar el tiempo de prueba del procedimiento.

El tiempo que dura la medición de la potencia generalmente tiende a ser muy corto y se amplía en la medida que se agregue inercia a los rodillos, este factor a la larga se traduce en más tamaño y masa.

En conclusión existe la necesidad de encontrar un balance adecuado entre inercia y tiempo de prueba. Este cálculo debe realizarse de tal manera que simule lo mejor posible las condiciones reales de aceleración de una motocicleta, así se garantizará un crecimiento paulatino de potencia y torque relativamente igual a si estuviera en un ambiente normal. Por esta razón se realiza un balance entre la energía de la motocicleta desplazándose a una velocidad determinada y la energía que deben adquirir las masas inerciales para estar a una velocidad equivalente.

$$E_{motocicleta} = E_{masa\ inercial} \quad [4.1]$$

$$\frac{1}{2} * m_{motocicleta} * V_{motocicleta}^2 + \frac{1}{2} * I_{llantas} * \omega_{llanta}^2 = \frac{1}{2} * I_{masa\ iner.} * \omega_{masa\ iner.}^2$$

Teniendo en cuenta las siguientes relaciones de cinemática:

$$V = \omega * r \quad [4.2]$$

- Para la llanta trasera

$$V = w_{llanta} * r_{llanta}$$

Dónde:

$r_{llanta}$  (radio promedio de rueda de la motocicleta)

$V$  (Velocidad de traslacion de la motocicleta)

$w_{llanta}$  (Velocidad de rotacion de la llanta)

Entonces se tiene:  $w_{llanta} = \frac{V_{motocicleta}}{r_{llanta}}$  [4.3]

- Para la masa inercial

$$V = w_{masa\ iner.} * r_{masa\ iner.}$$

Dónde:

$r_{masa\ iner.}$  (radio externo de la masa inercial)

$V$  (Velocidad de traslacion de la motocicleta)

$w_{masa\ iner.}$  (Velocidad de rotacion de la masa inercial)

Entonces se tiene:  $w_{masa\ iner.} = \frac{V_{motocicleta}}{r_{masa\ iner.}}$  [4.4]

Inercia de las ruedas de la motocicleta:

$$I_{llantas} = masa_{llantas} * radio\ de\ giro^2$$
 [4.5]

Al reemplazar las expresiones anteriores [4.1], [4.2], [4.3], [4.4] y [4.5] en el balance de energía realizado se obtiene la ecuación [4.6]:

$$\frac{1}{2} * m_{motocicleta} * V_{motocicleta}^2 + \frac{1}{2} * I_{llantas} * \left(\frac{V}{r_{llanta}}\right)^2 = \frac{1}{2} * I_{masa\ iner.} * \left(\frac{V}{r_{masa\ iner.}}\right)^2$$

$$\therefore m_{motocicleta} + masa_{llantas} * \left(\frac{radio\ de\ giro}{r_{llanta}}\right)^2 = \frac{I_{masa\ iner.}}{r_{masa\ iner.}^2} \quad [4.6]$$

Para reducir esta expresión se hace un estudio de las ruedas de las motocicletas con el fin de hallar el cociente representativo entre el radio de giro de la rueda y el radio externo de la llanta. Ver las tablas 4 y 5.

El diámetro medio para este caso es igual al radio de giro y se calculado con la conocida ecuación:

$$D_{medio} = \sqrt{\frac{De^2 + Di^2}{2}} \quad [4.7]$$

**Tabla 4.** Dimensiones típicas de llantas delanteras en motocicletas.

DIMENSIONES DE LLANTAS PARA MOTOCICLETA	Delantera						Relación entre: radio giro <sup>2</sup> / radio llanta <sup>2</sup>
	Ancho [mm]	Altura [%]	D ring [in]	De [mm]	Di [mm]	Dmedio [mm]	
Auteco Pulsar 220	90	90%	17	594	431,8	519	0,76
Qingqi Hercules 150	70	80%	18	569	457,2	516	0,82
Yamaha Libero 125	70	80%	18	569	457,2	516	0,82
Suzuki Best 125	64	80%	17	534	431,8	486	0,83
Yamaha Crypton 115	70	90%	17	558	431,8	499	0,80
AKT Flex 125	64	80%	17	534	431,8	486	0,83
Kymco Agility 150	100	80%	16	566	406,4	493	0,76
Honda Elite 125	90	100%	10	434	254	356	0,67
Yamaha BWS 125	120	70%	12	473	304,8	398	0,71
Suzuki DR 200	70	100%	21	673	533,4	607	0,81
Honda 100 F	70	100%	19	623	482,6	557	0,80
Yamaha XTZ 250	80	90%	21	677	533,4	610	0,81
Kawasaki Ninja 250	110	70%	17	586	431,8	515	0,77
Yamaha Fazer 250	100	80%	17	592	431,8	518	0,77
Yamaha FZ 16	100	80%	17	592	431,8	518	0,77
	PROMEDIO=			572	PROMEDIO=		0,78

Fuente: Autores

**Tabla 5.** Dimensiones típicas de llantas traseras en motocicletas.

DIMENSIONES DE LLANTAS PARA MOTOCICLETA	Trasera						Relación entre: radio giro <sup>2</sup> / radio llanta <sup>2</sup>
	Ancho [mm]	Altura [%]	D ring [in]	De [mm]	Di [mm]	Dmedio [mm]	
Auteco Pulsar 220	120	80%	17	624	431,8	536	0,74
Qingqi Hercules 150	76	80%	18	579	457,2	522	0,81
Yamaha Libero 125	90	90%	18	619	457,2	544	0,77
Suzuki Best 125	70	80%	17	544	431,8	491	0,82
Yamaha Crypton 115	80	90%	17	576	431,8	509	0,78
AKT Flex 125	70	80%	17	544	431,8	491	0,82
Kymco Agility 150	120	80%	16	598	406,4	511	0,73
Honda Elite 125	90	100%	10	434	254	356	0,67
Yamaha BWS 125	130	70%	12	487	304,8	406	0,70
Suzuki DR 200	100	90%	18	637	457,2	555	0,76
Honda 100 F	90	100%	16	586	406,4	504	0,74
Yamaha XTZ 250	120	80%	18	649	457,2	561	0,75
Kawasaki Ninja 250	130	70%	17	614	431,8	531	0,75
Yamaha Fazer 250	130	70%	17	614	431,8	531	0,75
Yamaha FZ 16	140	60%	17	600	431,8	523	0,76
	<b>PROMEDIO=</b>			<b>580</b>	<b>PROMEDIO=</b>		<b>0,76</b>

**Fuente:** Autores

De las tablas 4 y 5 se obtiene el resultado promedio de la relación entre el radio de giro de las llanta y el diámetro externo de las mismas.

$$\frac{\text{radio giro}^2}{\text{radio llanta}^2} \text{ PROMEDIO TOTAL} = 0,77$$

Luego se obtiene:

$$\frac{I_{\text{masa iner.}}}{r_{\text{masa iner.}}^2} = m_{\text{motocicleta}} + 0,77 * m_{\text{llantas}} \quad [4.8]$$

Por ultimo reemplazamos el valor anteriormente seleccionado del radio externo de la masa inercial [4.8] en la expresión,

$$r_{\text{masa iner.}} = 0,124 [m]$$

Expresión final:

$$I_{masa\ iner.} = 0,015 * m_{motocicleta} + 0,012 * m_{llantas} \quad [4.9]$$

Se debe garantizar el tiempo mínimo para que la maquina dinamométrica, pueda realizar la medición de potencia en el rango mencionado como alcance de este proyecto, y dado que se sabe que el tiempo mínimo de prueba se presenta con una motocicleta de alta potencia la cual acelera relativamente rápido los rodillos, entonces se estima la mayor masa de una motocicleta con potencia cercana a 25 hp.

Se usará para efectos de este cálculo los datos de una motocicleta de mayor masa (dentro del alcance de este proyecto), la cual es la KYMCO DOWNTOWN 300i, su masa es de 189 kg, y su potencia máxima desarrollada según el fabricante es de 28.7 Hp, por lo tanto se tiene un factor de sobredimensionamiento del equipo del 15% aproximadamente, destacando el diseño en esta fase inicial como robusto.

Datos:

$$m_{motocicleta} = 189 [kg]$$

$$m_{llantas} = 2 * 8 = 16 [kg]$$

$$I_{masa\ iner.} = 0,015 * m_{motocicleta} + 0,012 * m_{llantas} \quad [4.9]$$

$$I_{masa\ iner.} = 3,0 [kg * m^2]$$

En conclusión los dos rodillos rellenos de plomo deben tener una inercia global de 3 [kg\*m<sup>2</sup>].

#### 4.1.4. Dimensiones de los rodillos inerciales

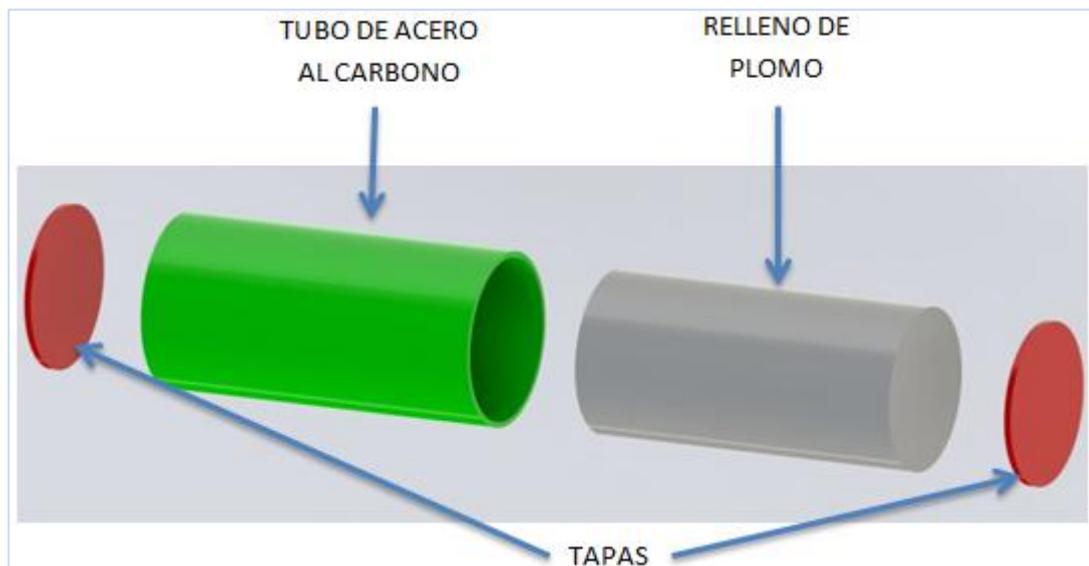
Una vez seleccionado el número de rodillos, método de fabricación, materiales a usar e inercia requerida se realizarán los cálculos para dimensionar los rodillos.

Debido a que los ejes que soportarán los rodillos no se han dimensionado, se realizarán los cálculos despreciando la inercia de estos dado a que como es de suponerse tendrán un radio pequeño comparado con el de las masas inerciales y a su vez considerando el rodillo y las tapas sin agujeros (Figura 20).

Conociendo las dimensiones finales de la tubería seleccionada se calculará la longitud para que cumpla con la inercia requerida.

La inercia requerida se calculará como la suma de las inercias de las tapas laterales de acero, la inercia del tubo y la inercia del relleno de plomo indicados en la Figura 20.

**Figura 20.** Tubo, tapas y relleno de plomo



**Fuente:** Autores

#### 4.1.4.1. Inercia total

La configuración de los dos rodillos inerciales deberán sumar la inercia ya calculada, sabiendo que estos se componen de dos tubos, cuatro tapas y dos rellenos de plomo tenemos:

$$I_{TOTAL} = I_{TUBO} * 2 + I_{TAPA} * 4 + I_{PLOMO} * 2 = 3[kg * m^2] \quad [4.10]$$

#### 4.1.4.2. Inercia del tubo

Para un tubo se tiene que la inercia en su eje axial es:

$$I_{tubo} = \frac{1}{2} * m_t * (R_{ex}^2 + R_{in}^2) \quad [4.11]$$

Para hallar la masa en base de las dimensiones y la densidad

$$m_t = \delta_{ac} * V_t \quad [4.12]$$

$$V_t = \pi * (R_{ex}^2 + R_{in}^2) * l_t \quad [4.13]$$

Combinando [4.11], [4.12] y [4.13]

$$I_{tubo} = \frac{\pi * l_t * \delta_{ac}}{2} * (R_{ex}^4 - R_{in}^4) \quad [4.14]$$

Dónde:

$R_{ex}$  = Radio externo del tubo

$R_{in}$  = Radio interno del tubo

$I_{tubo}$  = Inercia del tubo

$\delta_{ac}$  = densidad de acero del tubo

$V_t$  = Volumen tubo

$m_t$  = masa del tubo

$l_t$  = longitud del tubo

Datos conocidos del tubo:

$$R_{ex} = 0,124 \text{ m}$$

$$R_{in} = 0,115 \text{ m}$$

$$\delta_{ac} = 7853 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}^4$$

#### 4.1.4.3. Inercia de las tapas laterales

Para un disco delgado tenemos que la inercia será:

$$I_{tapa} = \frac{1}{2} * m_{tapa} * R_{tapa}^2 \quad [4.15]$$

Para hallar la masa en base de las dimensiones y la densidad

$$m_{tapa} = \delta_{ac} * V_{tapa} \quad [4.16]$$

$$V_{tapa} = \pi * R_{tapa}^2 * e_{tapa} \quad [4.17]$$

Además el radio externo de la tapa es igual al radio interno del tubo.

$$R_{tapa} = R_{in} \quad [4.18]$$

---

<sup>4</sup> Densidad del acero al carbono a 30°. Fuente: EES academic professional V8.4

Combinando [4.15], [4.16], [4.17] y [4.18] tendremos la inercia de una tapa.

$$I_{tapa} = \frac{\pi * e_{tapa} * \delta_{ac}}{2} * R_{in}^4 \quad [4.19]$$

Dónde:

$e_{tapa}$  = espesor de cada una de las tapas laterales

$I_{tapa}$  = Inercia de una tapa

Datos conocidos de las tapas

$$e_{tapa} = 0,0095 \text{ m}$$

#### 4.1.4.4. Inercia del relleno de plomo

Para un cilindro circular tenemos:

$$I_{plomo} = \frac{1}{2} * m_{pb} * R_{pb}^2 \quad [4.20]$$

Para hallar la masa en base de las dimensiones y la densidad

$$m_{pb} = \delta_{pb} * V_{pb} \quad [4.21]$$

$$V_{pb} = \pi * R_{pb}^2 * l_{pb} \quad [4.22]$$

La longitud del relleno de plomo debe ser la longitud del tubo menos dos veces el espesor de la tapa.

$$l_{pb} = l_t - 2 * e_{tapa} \quad [4.23]$$

Además, el radio externo del rodillo de plomo es el radio interno del tubo, entonces:

$$R_{pb} = R_{in} \quad [4.24]$$

Combinando [4.21], [4.22], [4.23] y [4.24] tenemos:

$$I_{plomo} = \frac{\pi}{2} * \delta_{pb} * R_{in}^2 * (l_t - 2 * e_{tap}) \quad [4.25]$$

Dónde:

$R_{pb}$  = Radio externo del relleno de plomo

$I_{plomo}$  = Inercia del relleno de plomo

$\delta_{pb}$  = densidad del plomo

$V_{pb}$  = Volumen del relleno de plomo

$m_{pb}$  = masa del relleno de plomo

$l_{pb}$  = longitud del relleno de plomo

Datos conocidos para el relleno de plomo

$$\delta_{pb} = 11337 \frac{Kg}{m^3}^5$$

Solucionando las ecuaciones [4.10], [4.14], [4.19] y [4.15] con los datos conocidos, tendremos las dimensiones de cada uno de los elementos, sus masas e inercia en el cuadro de la tabla 6.

---

<sup>5</sup> Densidad del plomo a 30°C. Fuente: EES academic professional V8.4

**Tabla 6.** Especificaciones para los rodillos

COMPONENTE	CANTIDAD [unidades]	MASA C/U COMPONENTES [Kg]	INERCIA C/U COMPONENTES [Kg-m <sup>2</sup> ]	MASA TOTAL COMPONENTE [Kg]	INERCIA TOTAL COMPONENTE [Kg-m <sup>2</sup> ]	DIMENSIONES [m]
TUBO	2	20,8	0,2974	41,6	0,5948	r_int=0.115
						r_ext=0.124
						espesor=0.009
						longitud=0.39
TAPA	4	3,1	0,0205	12,4	0,082	espesor=0.0095
						radio=0.115
RELLENO DE PLOMO	2	175,7	1,162	351,4	2,324	radio=0.115
						longitud=0.37
TOTAL (DOS RODILLOS)				405	3	

**Fuente:** Autores

#### 4.1.5. Distancia entre rodillos.

Las pruebas de medición de potencia, tienen la complejidad de las diferencias con las condiciones normales del vehículo en la carretera, para garantizar que no exista un gran deslizamiento entre la llanta y el rodillo es necesario separar los rodillos para aumentar la fuerza normal sobre estos. Esta separación también es ventajosa para aliviar esfuerzos de la llanta, pues cuando la zona de alto esfuerzo abandona el rodillo delantero tiene un lapso de tiempo más largo de recuperación comparado con si se ubican una distancia cercana.

Según las recomendaciones de la norma oficial mexicana NOM-047-ECOL-1999, la distancia adecuada para separación entre centros ( $lc$ ) de los rodillos inerciales se calcula con la ecuación:

$$lc = (61,913 + D) * \text{sen}(31,62)$$

Donde  $D$  es el radio de los rodillos inerciales en [cm]; reemplazando se obtiene:

$$D = 24,8 \text{ [cm]}$$

$$lc = (61,913 + 24,8) * \text{sen}(31,62) \quad \therefore \quad lc = 45,5 \text{ [cm]}$$

Pero esta expresión hace alusión a un tamaño de llanta promedio de vehículo, esta dimensión es igual a 66 cm de diámetro<sup>6</sup> (Anexo C, Figura 2), es decir salta la necesidad de corregir esta distancia entre centros para el promedio de rueda de una motocicleta estudiado anteriormente igual a 58 cm.

Distancia entre centros corregida para llantas de motocicletas:

$$lcc = 45,5 * \frac{58}{66} \text{ [cm]} \quad \therefore \quad lcc = 40 \text{ [cm]}$$

#### **4.1.6. Textura superficial de los rodillos.**

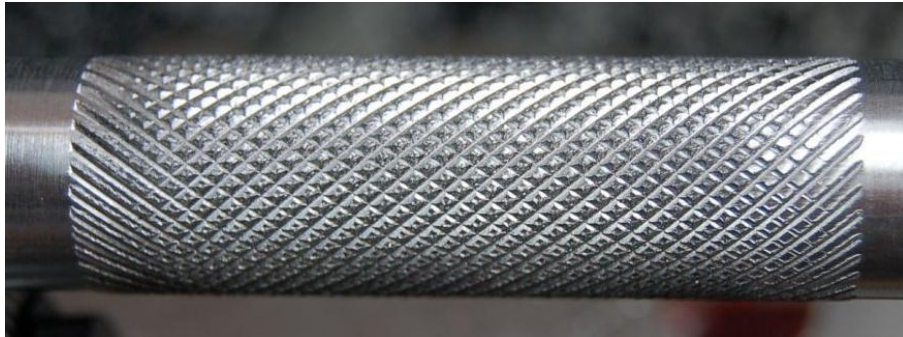
La condición de adherencia entre la llanta y el asfalto en la carretera es muy buena y la única manera de igualar esta condición en este el banco de potencia, es con un maquinado superficial, dado que el material del rodillo es un metal no presenta buenas prestaciones de adherencia.

Se selecciona un texturizado muleteado como se indica en la figura 21 ya que su mecanizado es relativamente rápido en un torno paralelo. Comparado con un ranurado; es un poco menos agresivo con la banda de rodadura de la rueda durante la prueba de medición de potencia, evitando sobre esfuerzos en la llanta. Es un acabado adecuado que incorpora superficie irregular y baja profundidad en los valles del mecanizado, concluyendo en una transferencia de potencia relativamente suave.

---

<sup>6</sup> MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM 23 al 25 DE SEPTIEMBRE, 2009 CD. OBREGÓN, SONORA. MÉXICO

**Figura 21.** Moleteado sobre superficie cilíndrica



**Fuente:** <http://www.lamaneta.com/restauracion/moleteadora/moleteado005.jpg>

## **4.2. SELECCION DE LA TRASMISIÓN**

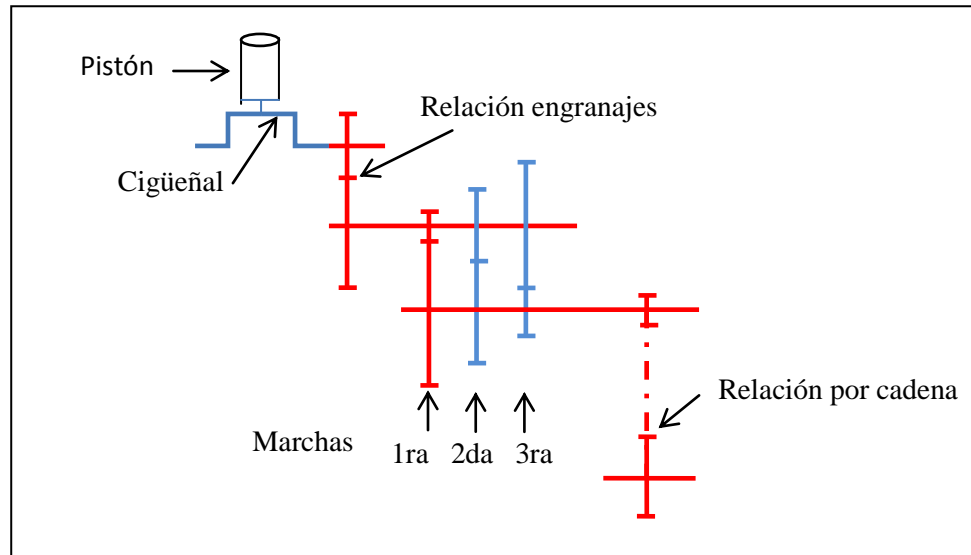
### **4.2.1. Torque máximo de la moto sobre los rodillos.**

Para determinar el torque máximo sobre los rodillos del dinamómetro, se utilizan los datos obtenidos en la siguiente tabla, la cual relaciona el torque máximo desarrollado en las motos para diferentes motocicletas, con el torque ideal trasladado a la rueda trasera, por medio del cálculo de la relación total de la cadena cinemática en la primera marcha. Esta tabla de datos se generó a partir del catálogo de motocicletas de Yamaha, el cual a diferencia de los demás fabricantes indica el dato acerca de las relaciones de engranajes en las diferentes marchas de la caja de cambios.

El máximo torque se da en la mayor relación de transmisión y esta ocurre en la primera marcha.

Para el alcance de este proyecto se debe estimar el torque transmitido al rodillo inercial por una motocicleta de 25 Hp, y gracias a la visualización de los datos de la tabla 7 se puede estimar que este torque es aproximadamente 250 [Nm] mediante el uso de una extrapolación simple.

**Figura 22.** Esquema de trasmisión de potencia en una motocicleta



**Fuente:** Autores

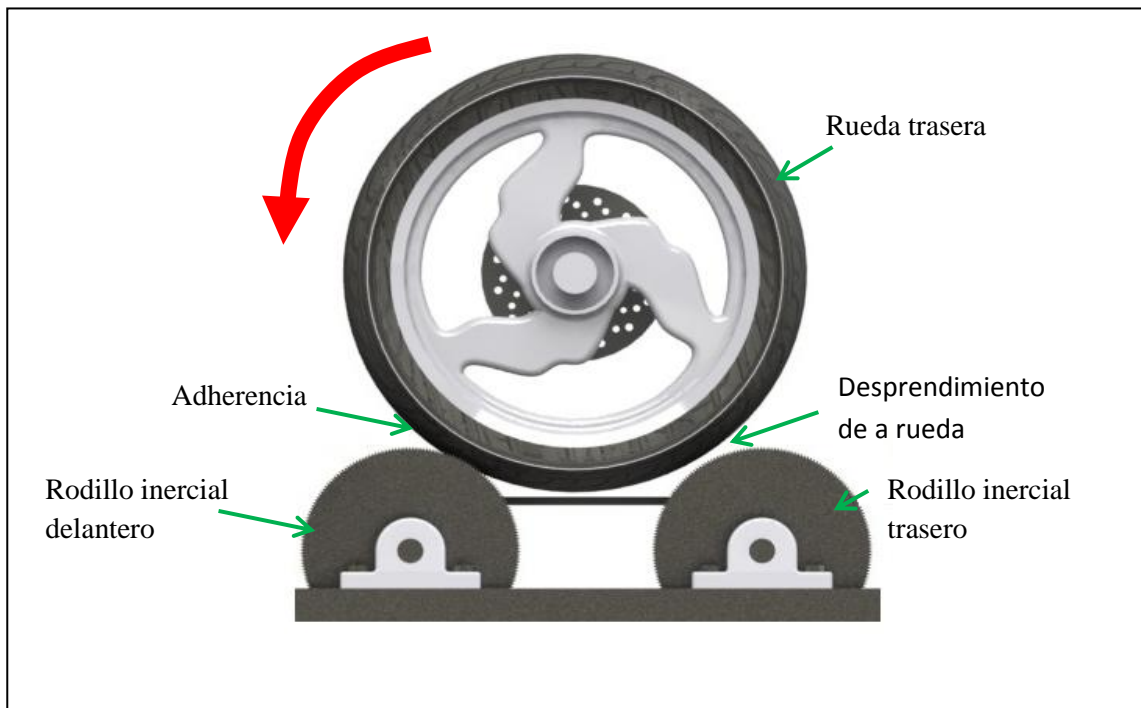
**Tabla 7.** Torque en rueda de motocicletas.

Motocicleta	Relación engranaje	Relación cadena	Relación primera marcha	Relación Total	Torque máximo motor [Nm]	Potencia máxima motor [Hp]	Diámetro externo llanta trasera [m]	Torque máximo llanta [Nm]	Diámetro de rodillo inercial [m]	Torque máximo rodillo inercial [Nm]
<b>CRYPTON 115</b>	3,375	2,667	2,833	<b>25,50</b>	<b>8,5</b>	<b>8</b>	0,576	217	0,248	<b>93</b>
<b>XTZ 125</b>	3,400	3,571	2,643	<b>32,09</b>	<b>11,6</b>	<b>9,9</b>	0,633	372	0,248	<b>146</b>
<b>YBR 125</b>	3,400	3,214	3,000	<b>32,78</b>	<b>10,4</b>	<b>10,7</b>	0,579	341	0,248	<b>146</b>
<b>FAZER 16</b>	3,409	2,857	2,714	<b>26,43</b>	<b>13,6</b>	<b>13,5</b>	0,600	359	0,248	<b>149</b>
<b>YZF R15 2</b>	3,042	3,133	2,833	<b>27,00</b>	<b>14,6</b>	<b>16,3</b>	0,614	394	0,248	<b>159</b>
<b>XTZ 250</b>	3,083	3,067	2,571	<b>24,31</b>	<b>20,5</b>	<b>20,4</b>	0,649	498	0,248	<b>190</b>
<b>FAZER 250</b>	3,083	3,000	2,571	<b>23,78</b>	<b>20,5</b>	<b>20,6</b>	0,614	487	0,248	<b>197</b>

**Fuente:** Autores

Este criterio conservador de torque en el rodillo obedece a la condición en la cual la motocicleta se desprende del rodillo trasero (Figura 23), trasmitiéndole el máximo torque al rodillo delantero, a la mínima velocidad que obedece al arranque.

**Figura 23.** Perdida de adherencia entre rueda y rodillo trasero



**Fuente:** Autores

En función de que la rueda de la motocicleta tiende a despegarse del rodillo inercial trasero, debe entonces diseñarse un sistema flexible de transmisión de potencia entre las masas inerciales, de modo que se asegure que siempre van a girar simultáneamente oponiendo su carga inercial al movimiento de la llanta, es decir garantizar una inercia constante siempre.

#### 4.2.2. Velocidad máxima de prueba

La velocidad máxima de una motocicleta de 25 Hp de potencia debe estimarse para la selección adecuada de la transmisión.

Según la tabla del fabricante de bancos de potencia (Tabla 8), y por medio de extrapolación simple se recomienda la velocidad máxima de prueba de 150 km/h en un rodillo de 10 pulgadas de diámetro para un vehículo. Pero obviamente para la carga de una motocicleta que es considerablemente menor se estimará en 165 km/h, esto basado en el hecho que la motocicleta Kawasaki 250 de 30,5 Hp, es decir que es de mayor potencia, alcanza esta velocidad límite según el fabricante<sup>7</sup>, generando un diseño confiable y un factor de seguridad por velocidad en la transmisión.

**Tabla 8.** Configuración de recomendadas de rodillos inerciales

Numero de rodillos	Condición	Diámetro de rodillos [in]	Velocidad máxima [MPH]	Velocidad máxima [km/h]
2	Independientes	8,5	95	153
2	Vinculados	12	112	180
2	Vinculados	13	113	182
1	Directa	20	125	201
1	Directa	24	132	212
1	Directa	30	137	220
1	Directa	44	166	267
1	Directa	66	186	299

**Fuente:** [http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/dyno\\_hp\\_limits.htm](http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/dyno_hp_limits.htm)

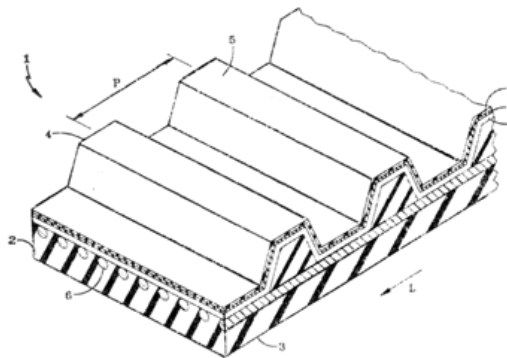
<sup>7</sup> <http://www.kawasaki.com.co/productos/kawasaki/motocicletas/sport-street/ninja-250r>

### 4.2.3. Selección de la transmisión por banda sincrónica

Esta relación de transmisión obviamente debe ser igual a 1, por que la velocidad tangencial debe ser la misma. Se emplea el principio del engranaje de una banda dentada con sus correspondientes poleas también dentadas, las correas sincrónicas por su método de fabricación y elementos muy fuertes no permiten elongaciones, además debido a que no queda juego entre los dientes de la correa y los de la polea, son extremadamente precisas y positivas (no existe deslizamiento entre la polea y la banda).

Las transmisiones con correas dentadas cada vez son de más uso en la industria y pueden dividirse en dos tipos: Las de tiempos cuyas correas poseen dientes en forma trapezoidal (Figura 24) y las sincrónicas con dientes de perfil redondeado (Figura 25). Las transmisiones de tiempo y sincrónicas son ideales para transmitir potencia a medianas y altas velocidades y aventajan a las correas en V pues no se patinan, son más compactas y de gran precisión.

**Figura 24.** Transmisión sincrónica con dientes trapezoidales



**Fuente:** [http://4.bp.blogspot.com/\\_nixuq1inn4w/s9cj8dvnbqi/aaaaaaaaag4/zo94cjsfnxg/s1600/sincronica.gif](http://4.bp.blogspot.com/_nixuq1inn4w/s9cj8dvnbqi/aaaaaaaaag4/zo94cjsfnxg/s1600/sincronica.gif)

**Figura 25.** Transmisión sincrónica de dientes redondos



**Fuente:** [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m2/correas-de-transmision-trapezoidales-14259-2358717.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-m2/correas-de-transmision-trapezoidales-14259-2358717.jpg)

**Ventajas:**

- ✓ No se patinan y son silenciosas
- ✓ Amplio rango de velocidades de operación
- ✓ No requieren lubricación
- ✓ No necesitan excesiva pre-tensión

Se puede concluir que esta es la opción de transmisión más viable para los requerimientos que se tienen del diseño debido a que las bandas sincrónicas no se patinan, trabajan a altas velocidades y pueden transmitir grandes potencias. A continuación se llevará a cabo el proceso de selección del conjunto de poleas y banda apoyándose en la metodología sugerida en el catálogo del fabricante de transmisiones sincrónicas Intermecc S.A. Ver Anexo D.

a) Datos necesarios

Potencia de diseño= 25 Hp

Velocidad de rotación máxima = 3527 rpm

b) Se halla la potencia de selección de la polea multiplicando la potencia de diseño por un factor de servicio.

Se considerara la transmisión del dinamómetro como una máquina herramienta como un taladro o torno.

**Tabla 9.** Factores de servicio para maquinaria

Máquinas herramientas	Taladros, tornos máquinas de tornillo, esmeril fresadoras, cepillos, troqueles	<b>1.6</b> <b>1.7</b> <b>1.7</b>
-----------------------	--	--

**Fuente:** Catalogo transmisión por correas dentadas de tiempo y sincrónicas, Intermec S.A.

Potencia de selección = 25 Hp\* 1,6 = **40 Hp**

c) Con la potencia de selección y la velocidad de rotación máxima se selecciona en la tabla de capacidad el ancho de la correa síncrona y la polea dentada necesaria.

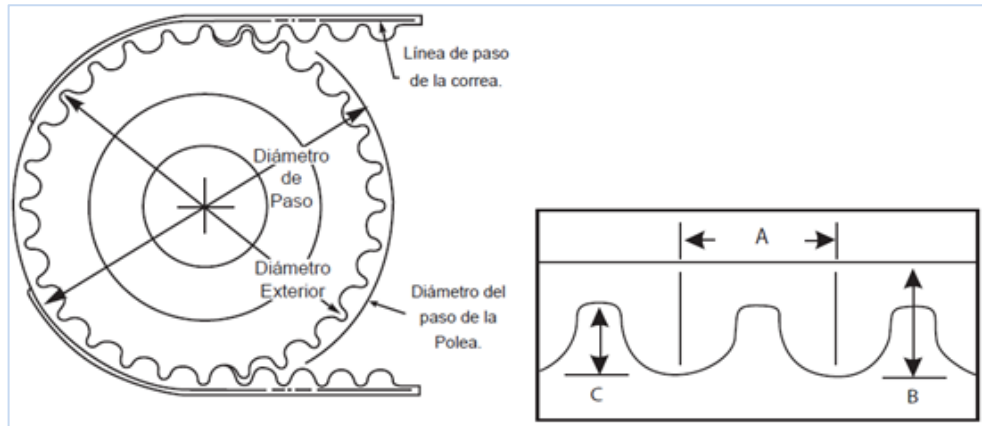
**Tabla 10.** Capacidad correas de 30 mm de ancho paso 8

		RANGO DE HP — 30mm (1.18 pulg.) ancho de correa (8M-30)												
No. de Ranuras		22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	44	48	56
D.P.	mm	56.02	61.12	66.21	71.30	76.39	81.49	86.58	91.87	96.77	101.86	112.05	122.23	142.60
	in.	2.206	2.406	2.607	2.807	3.008	3.208	3.409	3.609	3.810	4.010	4.411	4.812	5.614
RPM DE LA POLEA MENOR	10	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17
	20	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22	0.24	0.25	0.29	0.33
	40	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26	0.30	0.35	0.39	0.44	0.48	0.52	0.57	0.67
	60	0.21	0.23	0.28	0.34	0.39	0.46	0.52	0.59	0.66	0.72	0.79	0.86	1.00
	100	0.34	0.39	0.47	0.56	0.66	0.76	0.87	0.98	1.11	1.19	1.31	1.43	1.67
	200	0.69	0.76	0.94	1.12	1.31	1.52	1.74	1.97	2.21	2.38	2.61	2.83	3.25
	300	1.03	1.13	1.36	1.62	1.90	2.19	2.51	2.84	3.20	3.46	3.77	4.08	4.68
	400	1.38	1.50	1.77	2.10	2.46	2.84	3.25	3.68	4.14	4.48	4.88	5.28	6.06
	500	1.72	1.88	2.16	2.57	3.00	3.47	3.97	4.50	5.06	5.47	5.95	6.44	7.39
	600	2.07	2.25	2.55	3.03	3.54	4.09	4.68	5.30	5.96	6.44	7.02	7.58	8.69
	700	2.41	2.63	2.93	3.47	4.06	4.69	5.37	6.08	6.83	7.39	8.05	8.69	9.96
	800	2.75	3.00	3.30	3.91	4.58	5.29	6.04	6.85	7.70	8.32	9.06	9.78	11.20
	870	2.99	3.26	3.56	4.22	4.93	5.70	6.51	7.38	8.29	8.97	9.75	10.53	12.06
	1000	3.44	3.75	4.06	4.77	5.58	6.45	7.37	8.34	9.38	10.14	11.03	11.9	13.61
	1160	3.99	4.35	4.71	5.45	6.36	7.35	8.40	9.51	10.69	11.55	12.55	13.55	15.48
	1200	4.12	4.49	4.87	5.61	6.56	7.57	8.65	9.80	11.01	11.90	12.93	13.95	15.94
	1400	4.80	5.24	5.67	6.43	7.51	8.67	9.90	11.21	12.60	13.61	14.79	15.94	18.18
	1600	5.48	5.98	6.47	7.22	8.44	9.74	11.13	12.59	14.14	15.28	16.53	17.86	20.33
	1750	5.99	6.53	7.07	7.81	9.12	10.53	12.02	13.61	15.28	16.50	17.90	19.27	21.90
	2000	6.84	7.45	8.06	8.84	10.23	11.81	13.46	15.25	17.12	18.49	20.03	21.53	24.41
	2400	8.18	8.90	9.62	10.55	11.95	13.78	15.73	17.78	19.96	21.53	23.23	24.97	28.16
	2800	9.50	10.34	11.17	12.24	13.59	15.66	17.86	20.19	22.64	24.41	26.33	28.16	31.56
	3200			12.68	13.88	15.15	17.45	19.89	22.47	25.18	27.12	29.17	31.09	34.58
	3500					16.26	18.73	21.34	24.09	26.99	29.04	31.15	33.12	36.58
	4000						20.73	23.60	26.62	29.79	32.01	34.17	36.13	39.38
	4500							25.67	28.93	32.34	34.68	36.8	38.66	
	5000								30.99	34.60	37.03	39.03	40.66	
	5500									36.57	39.03	40.80		

**Fuente:** Catalogo transmisión por correas dentadas de tiempo y sincrónicas, Intermecc S.A.

d) Una vez seleccionada la polea en la tabla 10, se detallan las especificaciones de la polea en la figura 26 y tabla 11.

**Figura 26.** Especificaciones de poleas dentadas



**Fuente:** Catalogo transmisión por correas dentadas de tiempo y sincrónicas, Intermecc S.A.

**Tabla 11.** Datos de la polea seleccionada

Datos de la polea seleccionada	
Ancho de la polea	30 mm
Paso de dientes	8 mm
Número de dientes	48
Diámetro primitivo	122,23 mm
Diámetro externo	120,23 mm
Altura del diente	3,44 mm
<b>Referencia del fabricante</b>	<b>48-8M-30</b>

**Fuente:** Autores

**e)** Se selecciona la correa sincrónica en base al paso del diente, la relación de transmisión, el número de dientes de la polea y la distancia de centros nominales

La distancia entre centros nominales, es la distancia entre ejes anteriormente definida como 40 cm y la relación de transmisión es  $i = 1$  debido a que las dos poleas son iguales.

**Tabla 12.** Selección de correas sincrónicas paso 8 mm

Combinación de Poleas			Distancias de centros nominales mm/pulg.											
Relación de Velocidad	Motriz No. Dientes	Impulsada No. Dientes	Designación de código de la correa mm/pulg.											
			480 18.90	550 22.05	600 23.62	640 25.20	720 28.35	800 31.50	880 34.65	950 37.80	1040 40.94	1120 44.09	1200 47.24	1280 50.39
1.00	80	80										240.0 9.45	280.0 11.02	320.0 12.60
	72	72										232.0 9.13	272.0 10.71	312.0 12.28
	64	64							184.0 7.24	224.0 8.82	264.0 10.39	304.0 11.97	344.0 13.54	384.0 15.12
	56	56						176.0 6.93	216.0 8.5	256.0 10.08	296.0 11.65	336.0 13.23	376.0 14.80	416.0 16.38
	48	48				168.0 6.61	208.0 8.19	248.0 9.76	288.0 11.34	328.0 12.91	368.0 14.49	408.0 16.06	448.0 17.64	488.0 19.21
	44	44		124.0 4.88	144.0 5.67	168.0 6.61	184.0 7.24	224.0 8.82	264.0 10.39	304.0 11.97	344.0 13.54	384.0 15.12	424.0 16.69	464.0 18.27
	40	40		120.0 4.72	140.0 5.51	160.0 6.30	200.0 7.87	240.0 9.45	280.0 11.02	320.0 12.60	360.0 14.17	400.0 15.75	440.0 17.32	480.0 18.90
	38	38		128.0 5.04	148.0 5.83	168.0 6.61	208.0 8.19	248.0 9.76	288.0 11.34	328.0 12.91	368.0 14.49	408.0 16.06	448.0 17.64	488.0 19.21

**Fuente:** Catalogo transmisión por correas dentadas de tiempo y sincrónicas, Intermecc Ltda.

De la tabla 12 se observa que la distancia real entre centros nominales es de **408 mm** de 400 mm requeridos en el diseño, lo cual es muy aceptable.

f) Se detallan las especificaciones de la correa seleccionada sacándolas de la tabla de correas del catálogo Intermecc S.A.

**Tabla 13.** Datos de la polea seleccionada

Datos de la correa seleccionada	
Ancho de la correa	30 mm
Paso de dientes	8 mm
Número de dientes	150
Longitud de la correa	1200 mm
Referencia del fabricante	1200-8M-30

**Fuente:** Autores

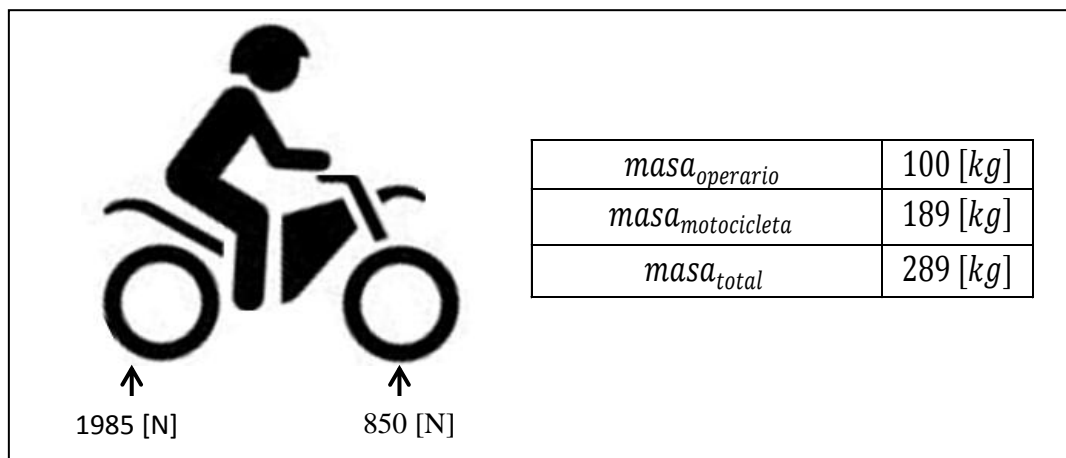
### 4.3. DISEÑO DEL EJE DE LOS RODILLOS INERCIALES.

Otro dato necesario es el peso de la motocicleta y operario soportado por la rueda trasera, actuando sobre los rodillos inerciales, así se presentan dos estados de carga:

- a) La rueda trasera de la motocicleta está directamente encima de uno de los rodillos generando aumento de la carga vertical sobre estos además el torque transmitido por la correa síncrona es el máximo.
- b) La rueda trasera encajada entre los dos rodillos inerciales, generando la máxima fuerza de separación horizontal de estos, además se incluye un inminente deslizamiento de la rueda de la motocicleta en el rodillo inercial trasero lo que hace meritorio tener en cuenta el torque máximo transmitido por la correa síncrona en este análisis.

La distribución de peso de una motocicleta se puede estimar en la siguiente figura, dando el 70% del peso total a la rueda trasera y el 30% restante en la delantera.

**Figura 27.** Distribución de pesos en una motocicleta



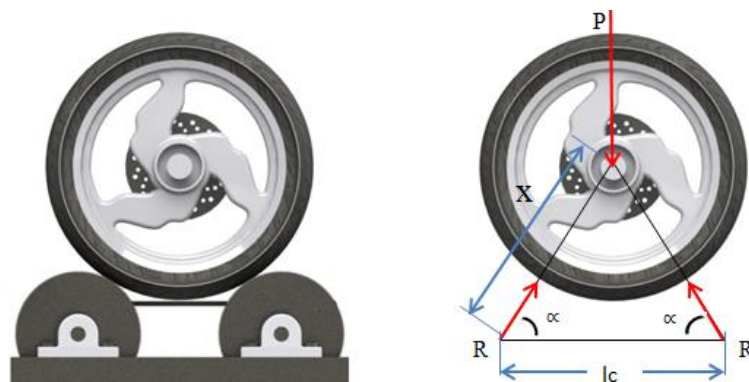
**Fuente:** <http://pixabay.com/es/signo-icono-s%C3%ADmbolo-dibujo-silueta-40000/>

### 4.3.1. Análisis estático método matemático.

#### 4.3.1.1. Estado de carga A.

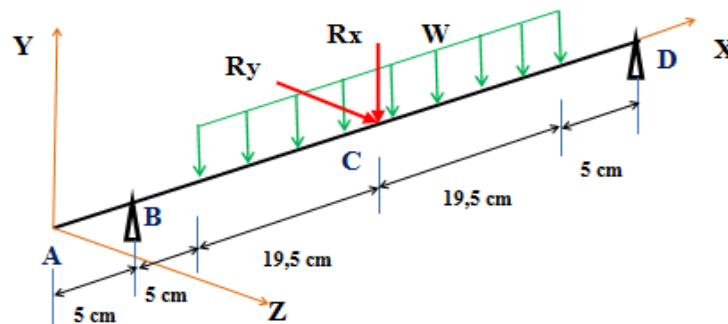
La rueda trasera encajada entre los dos rodillos inerciales, distribuyendo las cargas, allí se genera una carga en el plano horizontal, pero las cargas en el plano vertical son relativamente bajas (Figura 28). La tensión en la correa que enlaza las masas inerciales es muy baja dado que el torque de la rueda se trasmite a ambos rodillos por igual. En la figura 29 se visualiza el diagrama de cuerpo libre del rodillo y luego en la tabla 14 los resultados del estado de carga A.

**Figura 28.** Estado de carga A



**Fuente:** Autores

**Figura 29.** Diagrama de cuerpo libre del rodillo estado de carga A



**Fuente:** Autores

**Tabla 14.** Cálculo estático estado de carga A

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Fuerza total sobre la rueda trasera	$R = P$	$R = P = 1985 [N]$
Peso distribuido rodillo inercial	$w = \frac{202,7[kg]*9,81[m/s^2]}{39[cm]}$	$w = 5100[N/m]$
Radio de llanta promedio	$r_{ll}$	$r_{ll} = 0,290 [m]$
Radio de rodillo inercial	$r_r$	$r_r = 0,124 [m]$
Distancia entre ejes rodillo-rueda	$X = r_r + r_{ll}$	$X = 0,414 [m]$
Distancia entre ejes rodillos	$lc$	$lc = 0,40 [m]$
Angulo de contacto	$\alpha = \cos^{-1}(lc/2x)$	$\alpha = 61,1^\circ$
Reacción horizontal	$R_x = P/(2 * \tan \alpha)$	$R_x = 548 [N]$
Reacción vertical	$R_y = P/2$	$R_y = 923 [N]$

**Fuente:** Autores

#### 4.3.1.2. Estado de carga B.

La rueda trasera de la motocicleta está directamente encima del rodillo delantero y se transfiere el torque máximo a través de la fuerza tangencial de la llanta. El rodillo inercial delantero a su vez trasfiere ese torque al rodillo trasero, para garantizar la inercia rotacional constante. Acontinuacion en la figura 30, el modelo de este estado de carga.

**Figura 30.** Estado de carga B

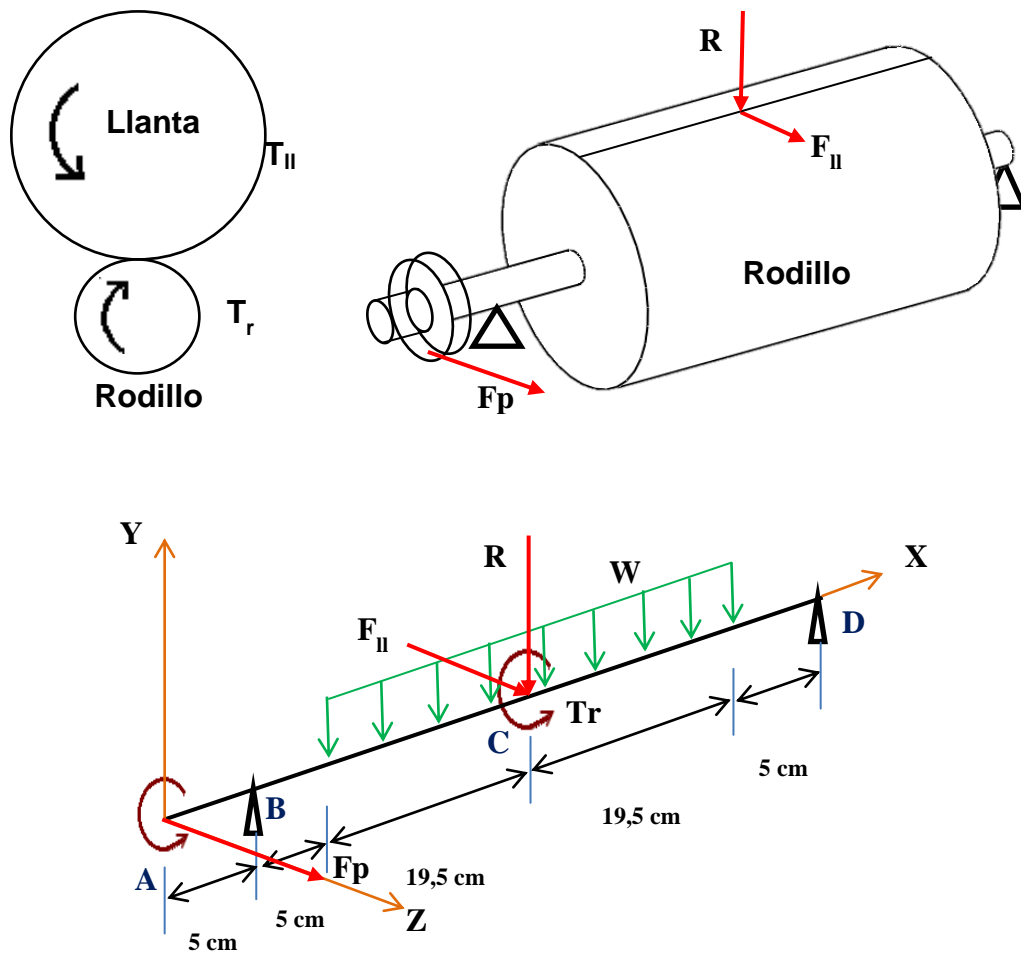


**Fuente:** Autores

Para estimar las cargas en el rodillo es necesario trasladarlas desde la llanta de la motocicleta hacia este, como se enseña en la figura 31.

Como se halló anteriormente el torque máximo en el rodillo inercial es 250 [Nm], producto del torque desarrollado en la motocicleta, este será el máximo es decir el torque de diseño.

**Figura 31.** Diagrama de cuerpo libre del rodillo estado de carga B



**Fuente:** Autores

**Tabla 15. Cálculo estático B**

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Radio de llanta promedio	$r_{ll}$	$r_{ll} = 0,290 [m]$
Radio de rodillo inercial	$r_r$	$r_r = 0,124 [m]$
Torque en el rodillo	$T_r$	$T_r = 250 [Nm]$
Torque en la llanta	$T_{ll} = T_r * \frac{r_{ll}}{r_r}$	$T_{ll} = 585 [Nm]$
Fuerza tangencial llanta	$F_{ll} = \frac{T_{ll}}{r_{ll}}$	$F_{ll} = 2016 [N]$
Radio de polea	$r_p$	$r_p = 0,0611 [m]$
Fuerza tangencial polea	$F_p = \frac{T_r}{r_p}$	$F_p = 4091 [N]$
Peso en rueda trasera motocicleta + operario	$R = P$	$R = P = 1985 [N]$
Peso distribuido rodillo inercial	$W = \frac{202,7[kg]*9,81[m/s^2]}{0,39[m]}$	$w = 5100 [N/m]$

**Fuente:** Autores

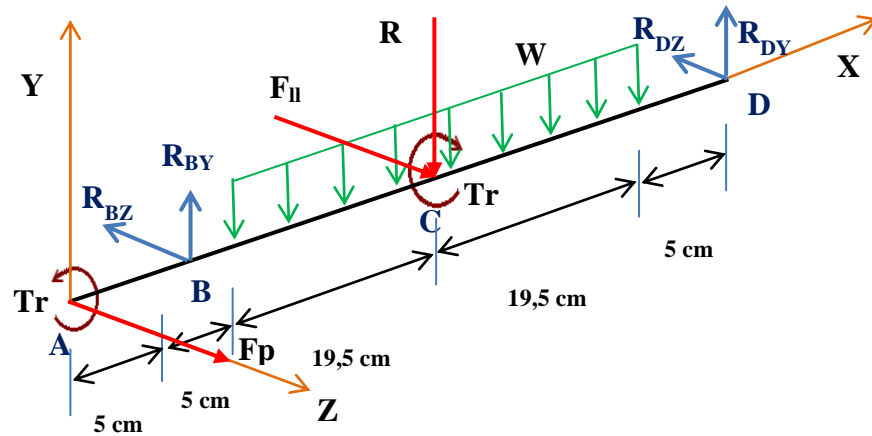
#### 4.3.1.3. Análisis del estado de carga crítico.

De los dos estados de carga anteriores se puede concluir que este último donde la rueda está directamente sobre uno de los rodillos es el más crítico puesto que el peso de la motocicleta se aplica verticalmente y es la condición máxima en la cual con la suma del peso distribuido del rodillo inercial, se genera mayor momento flector en la parte central del rodillo, por lo tanto el estado de carga B será la base de estudio.

#### 4.3.1.4. Diagramas de carga, torque, cortante y momento flector.

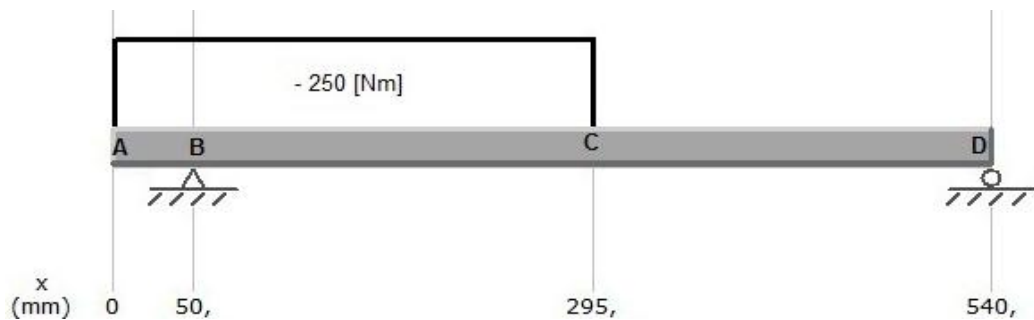
Diagrama de cargas, torque, cortantes y momentos basado en software de mecánica de materiales MD-SOLID (Figuras 32, 33, 34 y 35).

**Figura 32.** Diagrama de cuerpo libre general del rodillo



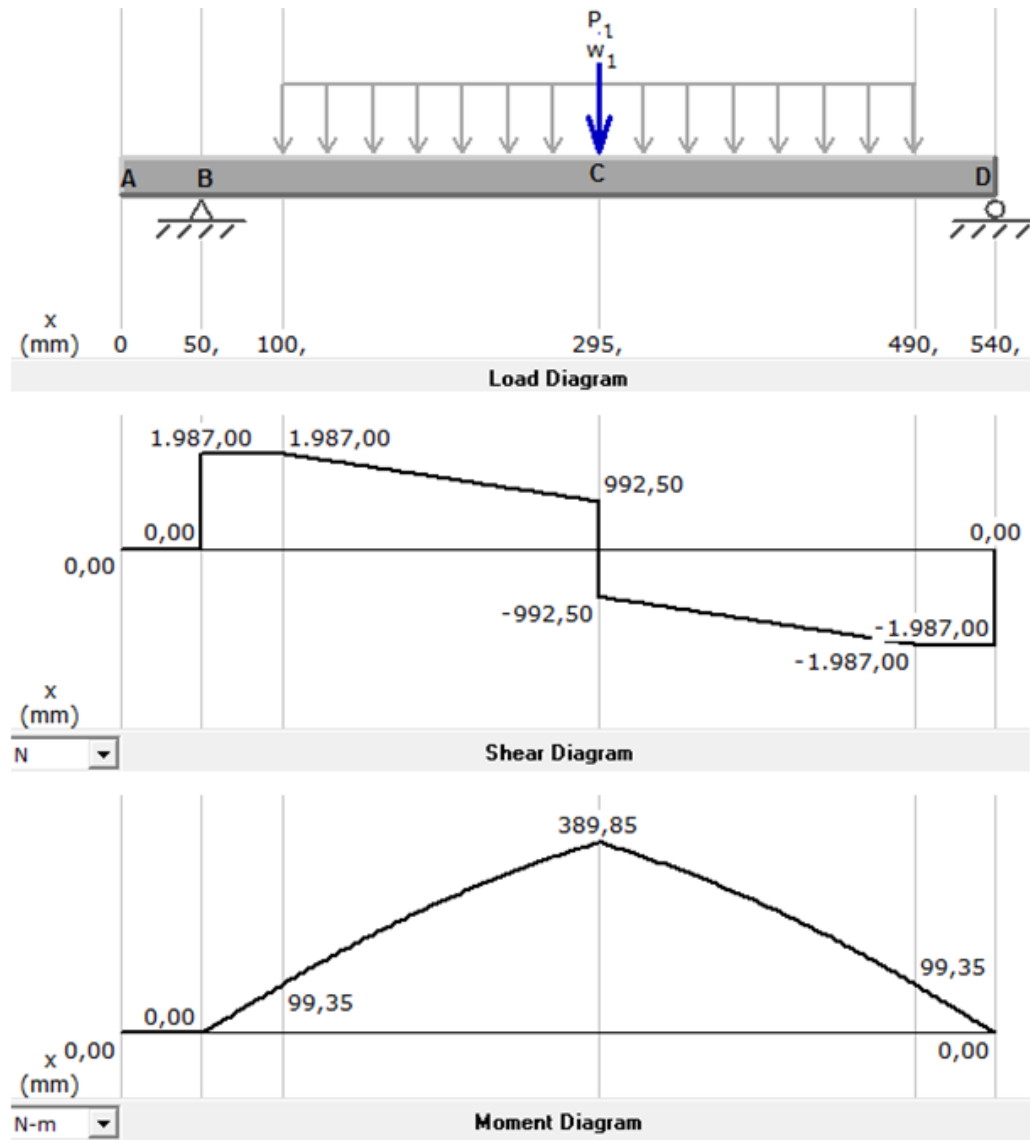
**Fuente:** Autores

**Figura 33.** Diagrama de torque



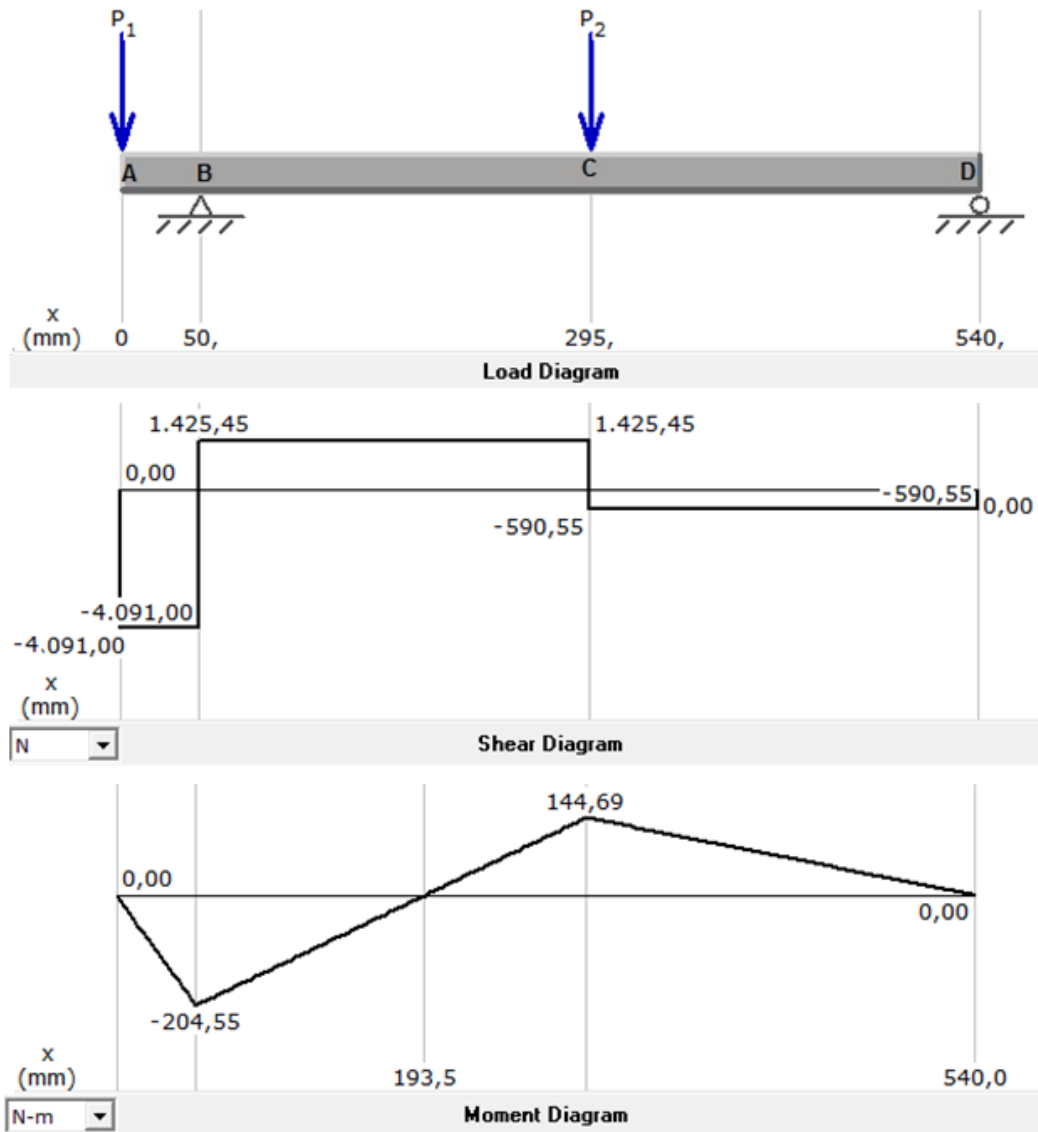
**Fuente:** MD-SOLID

**Figura 34.** Carga, cortante y momento flector en el plano x-y



Fuente: MD-SOLID

**Figura 35.** Carga, cortante y momento flector en el plano x-z



**Fuente:** MD-SOLID

Para una estimación del diámetro del eje, se acude primero a la selección de los rodamientos necesarios para soportar las cargas en las masas inerciales, y su velocidad de rotación, del tamaño de estos dependerá en una primera instancia la dimensión del eje, lógicamente este tamaño se verificara posteriormente con el análisis de los esfuerzos.

#### 4.3.1.5. Selección de los rodamientos.

Dado el diseño de los rodillos inerciales, se encontró que las cargas reactivas de sus apoyos son las expuestas en la tabla 16.

**Tabla 16.** Reacciones en los apoyos

<b>APOYO B</b>		<b>APOYO D</b>	
$R_{BY}$	1987 [N]	$R_{DY}$	1987 [N]
$R_{BZ}$	5516 [N]	$R_{DZ}$	591 [N]
<b><math>R_{resultante\_B}</math></b>	<b>5863 [N]</b>	<b><math>R_{resultante\_D}</math></b>	<b>2073 [N]</b>

**Fuente:** Autores

Para la selección de la chumacera la fuerza radial será  $F_r=5,9$  [KN], de la reacción del apoyo en B. Se sabe que velocidad de rotación máxima de los rodillos es 3527 [rpm].

Con los datos registrados se acude a un fabricante de chumaceras para su selección, en este caso se acude a la reconocida marca SKF, para obtener la opción más idónea. En este caso en la figura 36, se seleccionó un rodamiento de 35 mm cuya referencia es YAR 207-2F.

Con ayuda de su catálogo de selección, es posible calcular las variables de interés del rodamiento seleccionado, tales como carga dinámica equivalente, carga estática equivalente así como la vida útil que tendrá (ver tabla 17).

Figura 36. Catálogo de rodamientos SKF

Rodamientos Y, con prisionero										
<b>SKF</b>										
Tolerancias Juego radial interno Tolerancias del eje, ver el texto										
Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga límite de fatiga $P_u$	Velocidad límite para el eje tolerancia h6	Masa	Designación		
d	D	B	C	C <sub>d</sub>					C <sub>0</sub>	kg
mm										
33,337	72	42,9	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,44	YAR 207-105-2F	
33,337	72	42,9	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,44	YAR 207-105-2F/AH	
34,925	72	35	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,31	YAT 207-106	
34,925	72	42,9	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,41	YAR 207-106-2F	
34,925	72	42,9	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,41	YAR 207-106-2F/AH	
34,925	72	42,9	19	21,6	15,3	0,655	3200	0,42	YAR 207-106-2RF/HV	
35	72	33	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,31	YAT 207	
35	72	42,9	19	25,5	15,3	0,655	5300	0,41	YAR 207-2F	
35	72	42,9	19	25,5	15,3	0,655	3200	0,41	YAR 207-2RF	

Fuente: <http://www.skf.com>

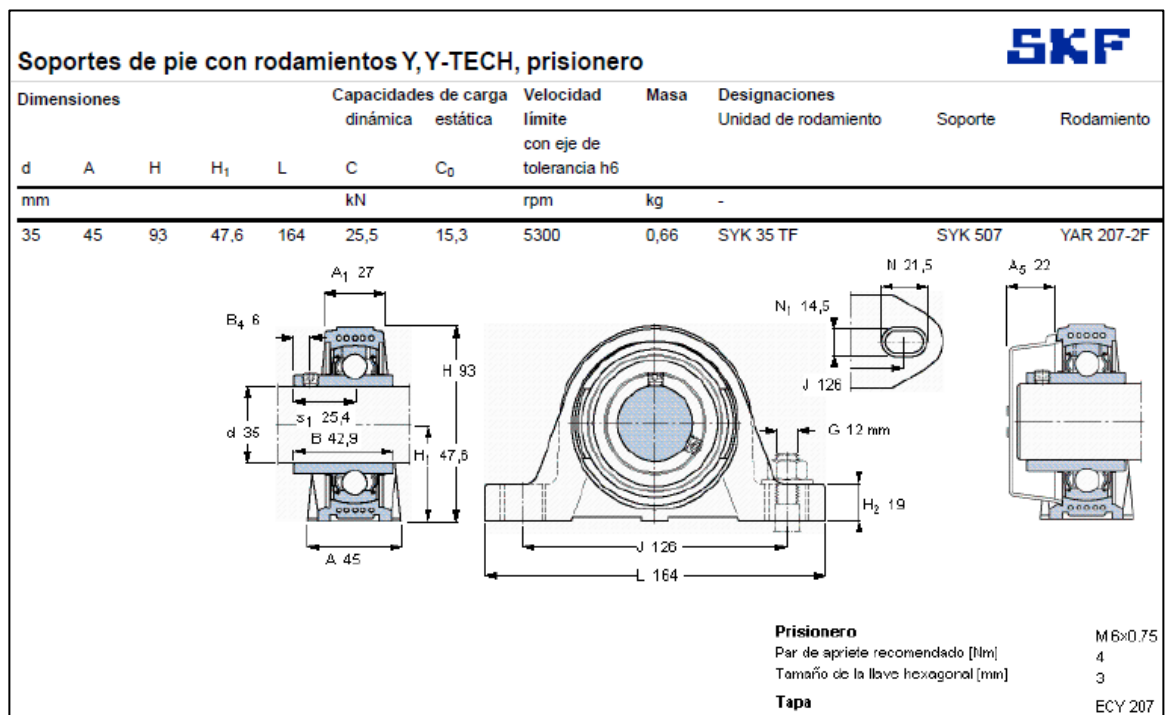
Tabla 17. Cálculos del rodamiento

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Diámetro del eje del rodillo inercial	<i>deje</i>	35 mm
Velocidad tangencial máxima de la rueda o rodillo inercial	<i>V</i>	165 km/h
Radio del rodillo inercial	<i>r</i>	124 mm
Velocidad angular máxima del rodillo	<i>n</i>	3527 rpm
Carga radial real del rodamiento	<i>F<sub>r</sub></i>	4,5 kN
Carga axial real del rodamiento	<i>F<sub>a</sub></i>	0 kN
Factor de carga radial del rodamiento	<i>X</i>	1
Factor de carga axial del rodamiento	<i>Y</i>	0
Factor de carga radial dinámica del rodamiento	<i>X<sub>0</sub></i>	1
Factor de carga axial dinámica del rodamiento	<i>Y<sub>0</sub></i>	0
Carga dinámica equivalente del rodamiento	$P = X * Fr + Y * Fa$	5,9 kN
Carga estática equivalente del rodamiento	$P_0 = X_0 * Fr + Y_0 * Fa$	5,9 kN
Capacidad básica de carga dinámica	<i>C</i>	25,5 kN
Vida nominal básica en millones de revoluciones	$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$	81*10 <sup>6</sup> rev
Vida nominal básica en horas	$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * \left(\frac{C}{P}\right)^3$	<b>383 horas</b>

Fuente: Autores

Los resultados obtenidos indican que soportará la carga, durante aproximadamente 383 horas de funcionamiento en condiciones máximas de operación, es decir con una motocicleta de 25 Hp de potencia funcionando a su máximo torque y a una velocidad máxima. Pero como es obvio que esta condición es netamente teórica y la vida del rodamiento será mucho mayor, lógicamente si se cuenta con una lubricación adecuada. A continuación en la figura 37 se presentan las dimensiones del rodamiento seleccionado.

**Figura 37.** Conjunto de rodamiento y soporte seleccionado



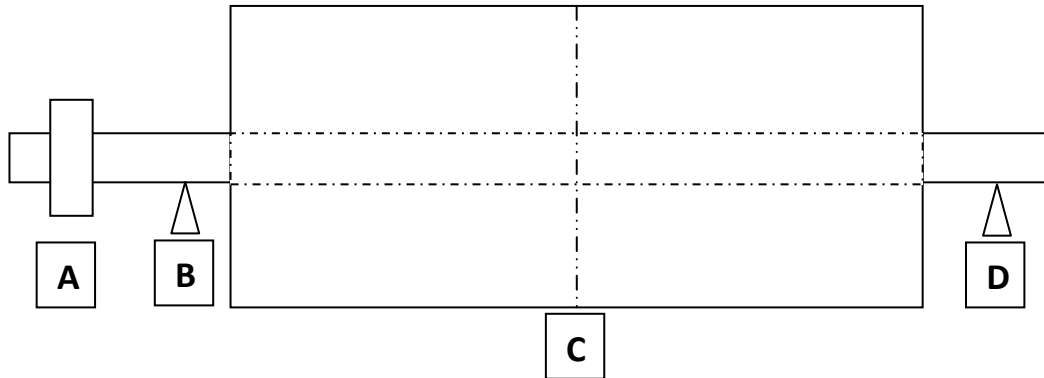
**Fuente:** <http://www.skf.com>

Una vez seleccionados los rodamientos, es posible continuar el diseño mecánico del rodillo inercial en la siguiente sección. Se hará un análisis de esfuerzos en las secciones del rodillo con el fin de encontrar la sección crítica que predominará en el diseño.

#### 4.3.1.6. Análisis de esfuerzos en el eje del rodillo:

Se realizara un análisis de esfuerzos en las 4 secciones del rodillo presentadas en la figura 38.

**Figura 38.** Secciones a analizar

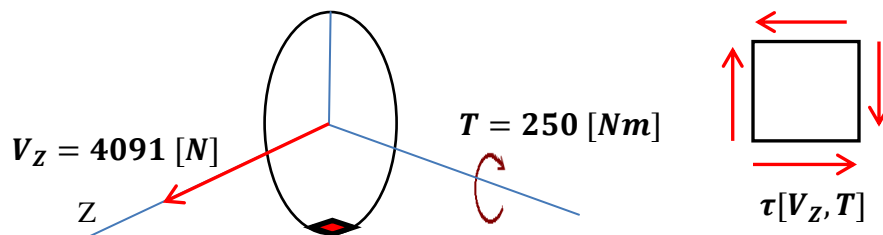


**Fuente.** Autores

##### a) Sección A.

En esta sección está ubicada la polea y tiene como cargas el torque y la fuerza cortante de la tensión de la polea como se indica en la figura 39. Los cálculos respectivos se presentan en la tabla 18.

**Figura 39.** Estado de esfuerzos plano A



**Fuente:** Autores

**Tabla 18.** Calculo de esfuerzos plano A

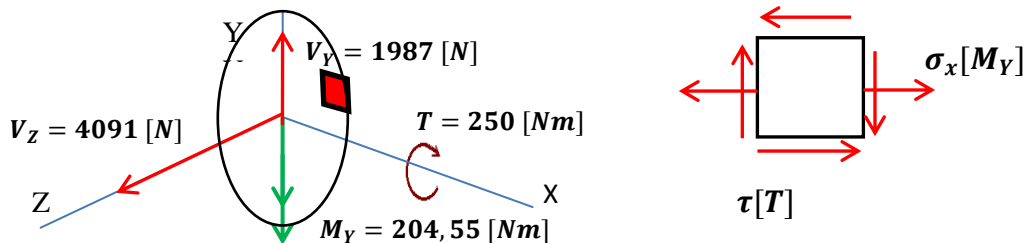
$\tau_{V_Z} = \frac{4 * V_Z}{\pi * d_{eje}^2} = \frac{4 * 4091}{\pi * 0.035^2}$	$\tau_{V_Z} = 4,25 [Mpa]$
$\tau_T = \frac{16 * T}{\pi * d_{eje}^3} = \frac{16 * 250}{\pi * 0.035^3}$	$\tau_T = 29,70 [Mpa]$
$\tau_{Totalxy} = \tau_{V_Z} + \tau_T$	$\tau_{Totalxy} = 33,95 [Mpa]$

**Fuente:** Autores

**b) Sección B.**

En esta sección está ubicado un rodamiento y tiene como cargas las reacciones del rodamiento y el torque que se trasmite hacia la polea como se indica en la figura 40. Los cálculos respectivos se presentan en la tabla 19.

**Figura 40.** Estado de esfuerzos plano B



**Fuente:** Autores

**Tabla 19.** Calculo de esfuerzos plano B

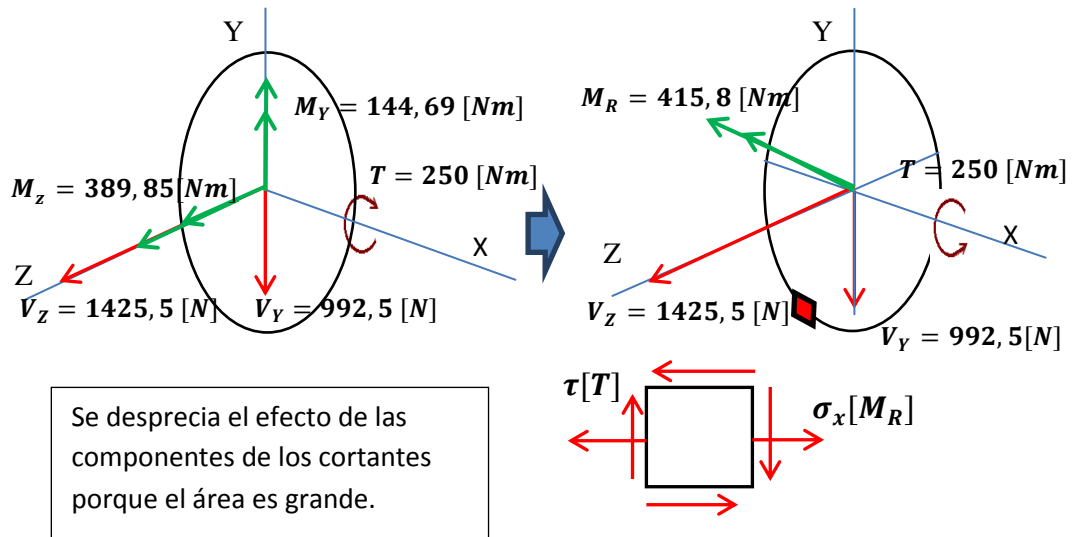
$\sigma_x = \frac{32 * M_y}{\pi * d_{eje}^3} = \frac{32 * 204.55}{\pi * 0.035^3}$	$\sigma_x = 48,60 [Mpa]$
$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d_{eje}^3} = \frac{16 * 250}{\pi * 0.035^3}$	$\tau_{xy} = 29,70 [Mpa]$

**Fuente:** Autores

**c) Sección C.**

En esta sección se encuentra gran parte de la distribución de masa del rodillo y es propensa a fractura, se muestran las cargas en la figura 41. Los cálculos respectivos se presentan en las tablas 20 y 21. Para un análisis conservador, no se tiene en cuenta el aporte del plomo a la resistencia mecánica, ya que su proceso de fundición no es muy controlado.

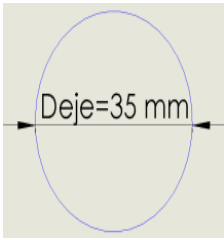
**Figura 41.** Estado de esfuerzos plano C



**Fuente:** Autores

**Tabla 20.** Momentos de inercia de la sección C

Elementos	Geometría	Cálculos
Cilindro		$I = \frac{\pi}{4} * \left( \left( \frac{Do}{2} \right)^4 - \left( \frac{Di}{2} \right)^4 \right) \rightarrow I = 4831,83 \text{ cm}^4$ $J = \frac{\pi}{2} * \left( \left( \frac{Do}{2} \right)^4 - \left( \frac{Di}{2} \right)^4 \right) \rightarrow J = 9663,66 \text{ cm}^4$

Eje		$I = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{Deje}{2}\right)^4 \rightarrow I = 7,37 \text{ cm}^4$ $J = \frac{\pi}{2} * \left(\frac{Deje}{2}\right)^4 \rightarrow J = 14,73 \text{ cm}^4$
RESULTADOS:		$I_T = 4839 \text{ cm}^4 = 4,84 * 10^{-5} \text{ m}^4$ $J_T = 9678 \text{ cm}^4 = 9,68 * 10^{-5} \text{ m}^4$

Fuente: Autores

**Tabla 21.** Calculo de esfuerzos plano C

$\sigma_x = \frac{M_R * C}{I_T} = \frac{415,8 * 0,124}{4,84 * 10^{-5}}$	$\sigma_x = 1,06 [\text{Mpa}]$
$\tau_{xy} = \frac{T * C}{J_T} = \frac{250 * 0,124}{9,68 * 10^{-5}}$	$\tau_{xy} = 0,32 [\text{Mpa}]$

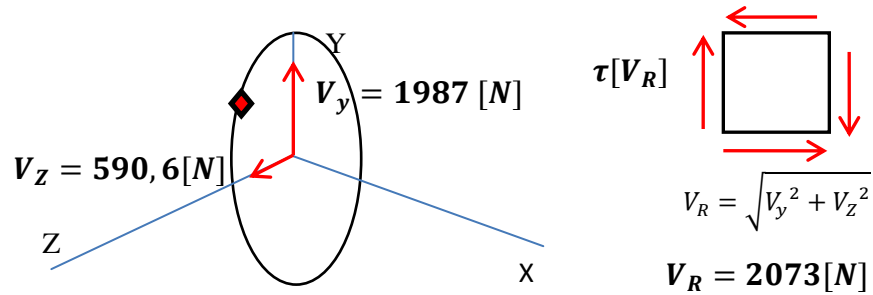
Fuente: Autores

#### d) Sección D

En la sección D existe el segundo rodamiento y el análisis de carga indica que tiene las reacciones horizontal y vertical del rodamiento mostradas en la figura 42.

El esfuerzo se calculó en la tabla 22.

**Figura 42.** Estado de esfuerzos plano D



**Fuente:** Autores

**Tabla 22.** Calculo de esfuerzos plano D

$\tau_{xy} = \frac{4 * V_R}{\pi * d_{eje}^2} = \frac{4 * 2073}{\pi * 0.035^2}$	$\tau_{xy} = 2,15 [Mpa]$
--	--------------------------

**Fuente:** Autores

**e) Análisis de la sección crítica según estática.**

Se puede observar que la sección crítica es B, con los siguientes esfuerzos, generados por una carga combinada y realizando el diseño del eje en carga estática mediante la teoría de Von Mises se obtienen los esfuerzos principales y el esfuerzo efectivo de Von Mises<sup>8</sup> en la tabla 23:

<sup>8</sup>NORTON, Robert L. Diseño de máquinas.

**Tabla 23.** Esfuerzos resultantes sección B

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Esfuerzo normal	$\sigma_x$	$\sigma_x = 48,60 [Mpa]$
Esfuerzo cortante	$\tau_{xy}$	$\tau_{xy} = 29,70 [Mpa]$
Esfuerzo principal 1	$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$	$\sigma_1 = 62,67 [Mpa]$
Esfuerzo principal 2	$\sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$	$\sigma_2 = -14,07 [Mpa]$
Esfuerzo efectivo Von Mises	$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 * \sigma_2}$	$\sigma' = 70,76 [Mpa]$
Límite de fluencia SAE1045	$S_y$	$S_y = 379 [Mpa]$
Factor de seguridad estático	$N = \frac{S_y}{\sigma'}$	$N = 5,3$

**Fuente:** Autores

El factor de seguridad estático igual a 5,3 brinda un apoyo a la confiabilidad del diseño pues es relativamente alto.

#### 4.3.2. Análisis estático por elementos finitos.

El software *Solidworks* en su módulo *simulation* permite realizar un análisis estático por elementos finitos dando como resultado fuerzas de reacción, deformaciones unitarias, tensiones y la distribución del factor de seguridad en la pieza a analizar. Este estudio servirá para confrontar los datos obtenidos en el estudio estático realizado anteriormente. Por simplicidad el análisis solo se llevara

a cabo con el eje central, las tapas laterales y el tubo, el peso del conjunto (incluido el plomo del relleno) se incluirá como una fuerza externa.

El método de análisis por elementos finitos divide el modelo en numerosas piezas pequeñas de formas simples llamadas elementos que hacen que un problema complejo se divida en muchos problemas simples que deben ser resueltos de manera simultánea. Este proceso de división del modelo en pequeñas partes de denomina mallado.

#### **4.3.2.1. Modelado de la pieza**

Inicialmente se debe modelar la pieza en 3D definiendo todas sus dimensiones reales, dichas dimensiones serán tomadas del análisis estático realizado anteriormente. El modelado de la pieza se observa en las figuras 43, 44 y 45, en “A” ira montada la polea de 3 cm de ancho, en “B” y “C” las chumaceras seleccionadas, de la Figura 37 se conocen sus respectivas dimensiones. Se consideró dejar las chumaceras lo más cerca posible al rodillo para así disminuir los esfuerzos en el eje.

**Figura 43.** Modelado del cilindro inercial



**Fuente:** Autores

#### 4.3.2.2. Selección del material con el que se construyó la pieza.

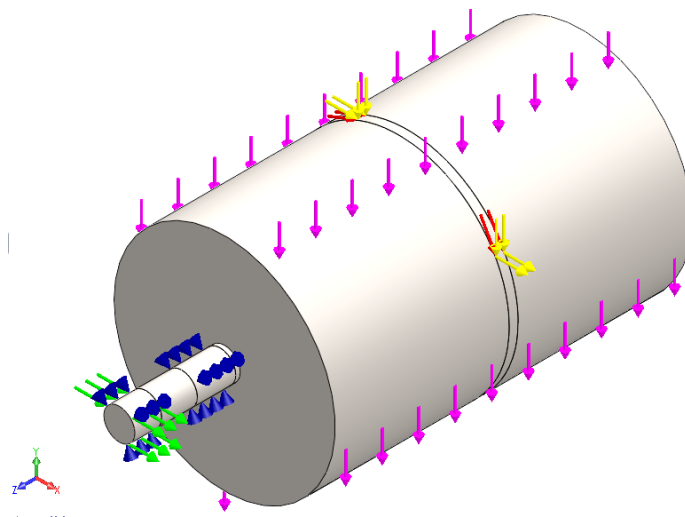
Se crea un nuevo material con las especificaciones dadas por el proveedor debido a que en la biblioteca de materiales de *Solidworks* el acero 1045 estirado en frío no tiene las mismas propiedades. Las propiedades mecánicas Acero 1045 estirado en frío son (ver Anexo E):

Límite de tracción : 620 MPa                      y                      Límite elástico : 379 Mpa

#### 4.3.2.3. Cargas externas






El estado de cargas se conoce del análisis realizado anteriormente, por lo tanto se procede a ubicar las cargas con su magnitud y dirección correspondiente en la figura 44.

**Figura 44.** Cargas externas



**Fuente:** Autores

**Tabla 24.** Cargas externas

Nombre de carga	Símbolo	Detalles de la carga
Fuerza distribuida-1		Debida al peso del rodillo. <b><math>w = 5100 [N/m]</math></b> Dirección: - y
Fuerza-2		Fuerza tangencial de la polea <b><math>F_p = 4091 [N]</math></b> Dirección: x
Fuerza-3		Fuerza tangencial de la llanta <b><math>F_{ll} = 2016 [N]</math></b> Dirección: x
Fuerza-4		Peso en rueda trasera motocicleta + operario <b><math>R = P = 1985 [N]</math></b> Dirección: - y
Momento torsor-1		Fuerza tangencial llanta x radio cilindro. <b><math>T_r = 250 [Nm]</math></b> Eje : z

**Fuente:** Autores

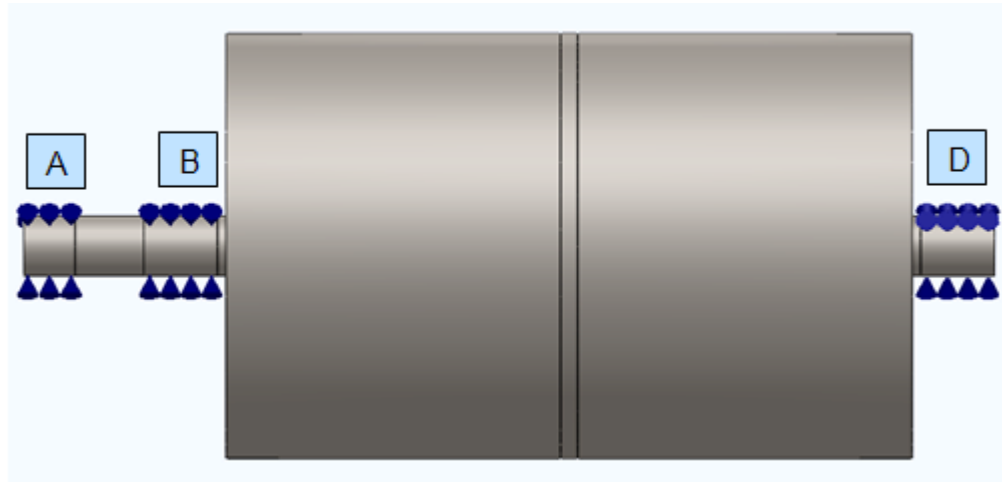
#### 4.3.2.4. Sujeciones

Se tienen dos sujeciones de rodamiento las cuales irán ubicadas en “B” y “D” de la figura 45. Estos apoyos se definirán de tipo unión rígida y permitirán la rotación del eje.

En “A” va montada la polea. Según lo supuesto en el análisis anterior, esta será quien se opondrá al torque de 250 Nm producido por la rueda de la motocicleta. Para este análisis se definirá dicha polea como un rodamiento que permita su alineación automática, con ello se permite el desplazamiento del eje fuera de su línea sin restricciones, además se define su rigidez tendiendo a cero para que no oponga restricción al movimiento,. También se selecciona la estabilización de la rotación del eje para evitar la inestabilidad rotacional causada por el momento torsor, es decir será quien se le opondrá a la rotación del eje. Con dichas

configuraciones se obtiene un comportamiento similar al que tendrá la polea, haciendo posible ejecutar la simulación, para más detalles ver tabla 25.

**Figura 45.** Sujeciones y polea



**Fuente:** Autores

**Tabla 25.** Sujeciones y polea

Nombre de la sujeción	Detalles
Sujeción A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo: Sujeción de rodamiento</li> <li>- Permitir alineación Automática: Si</li> <li>- Unión flexible</li> <li>- Rigidez radial 1e-007</li> <li>- Rigidez axial 1e-007</li> <li>- Estabilizar rotación del eje: Si</li> </ul>
Sujeción B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo: Sujeción de rodamiento</li> <li>- Permitir alineación Automática: No</li> <li>- Unión rígida</li> <li>- Estabilizar rotación del eje: No</li> </ul>

Sujeción D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo: Sujeción de rodamiento</li> <li>- Permitir alineación Automática: No</li> <li>- Unión rígida</li> <li>- Estabilizar rotación del eje: No</li> </ul>
------------	--

**Fuente:** Autores

#### 4.3.2.5. Mallado

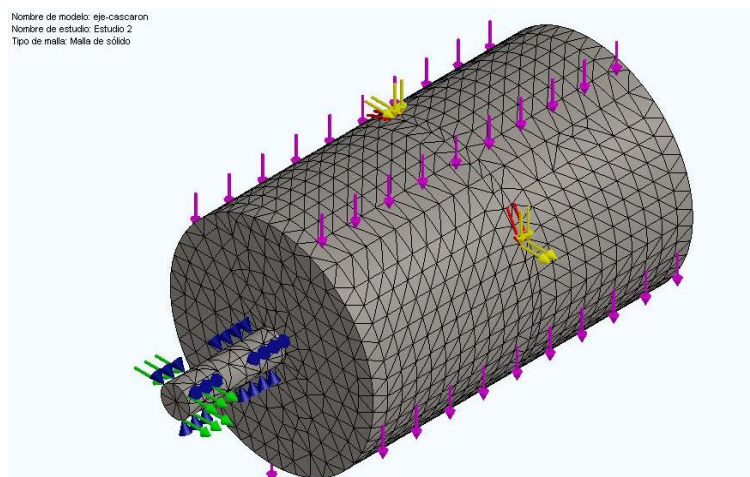
El mallado permite hacer análisis discretos por medio de Solidworks. En la figura 46 se detalla que al crear el mallado el modelo se divide en muchas piezas pequeñas llamados elementos, conectados en puntos comunes llamados nodos.

Detalles del mallado:

Número total de elementos: 7.784

Número total de nodos: 15.511

**Figura 46.** Malla del modelo



**Fuente:** Autores

#### 4.3.2.6. Resultados

Luego de haber definido todos los parámetros necesarios se ejecuta el estudio para obtener los resultados de fuerzas de reacción (Tabla 26), deformaciones unitarias (Figura 47), tensiones (Figura 48) y la distribución del factor de seguridad (Figura 49).

**Fuerzas de reacción:** Se realizará una comparación entre las fuerzas calculadas y las simuladas por el software.

**Tabla 26.** Reacciones en los apoyos, simulación

Sujeción	REACCIONES [N]		
	Componente x	Componente y	Componente z
Polea A	0	0	0
Rodamiento B	-0.176	1935.3	5072.8
Rodamiento D	0.176	2011.7	1034.2

**Fuente:** Autores

**Tabla 27.** Reacciones en los apoyos, cálculos estáticos

Sujeción	REACCIONES [N]		
	Componente x	Componente y	Componente z
Rodamiento B	0	1987	5516
Rodamiento D	0	1987	591

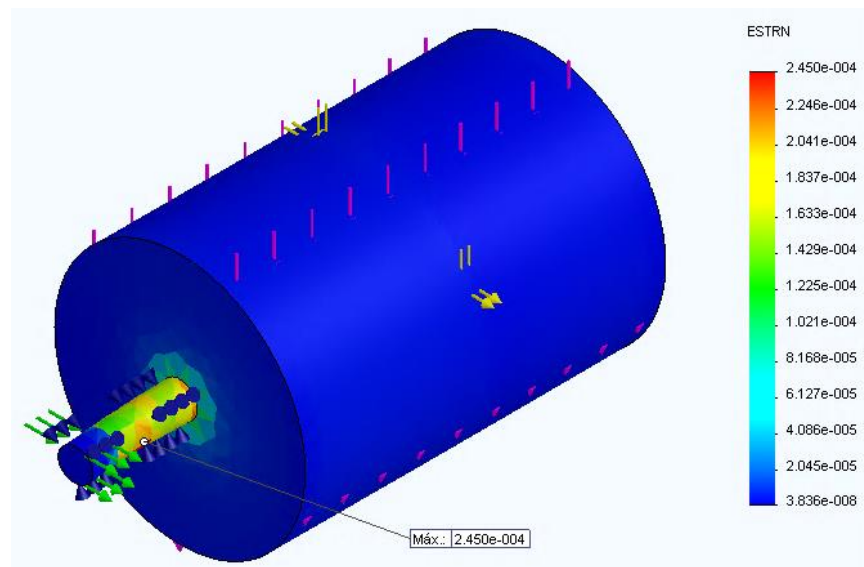
**Fuente:** Autores

Como era de esperarse en la polea A no se obtuvo ninguna reacción, pues se configuro de tal forma que solo impidiera la rotación. En el apoyo B se obtuvo una variación considerable para la componente x, esto debido a que el software toma el apoyo como una unión rígida, es decir, este soportaría toda la fuerza tangencial

de la polea sin transmitírsele nada al apoyo D, por lo cual también se observa una variación considerable en la componente x de este.

- **Deformaciones Unitarias:** Es la proporción de cambio en longitud con respecto a la longitud original  $\delta L/L$ . (Ver Figura 47). Se obtiene una deformación unitaria máxima de  $2.45 \times 10^{-4}$  en el punto indicado. (ESTRN: Deformación unitaria equivalente).

**Figura 47.** Deformación unitaria



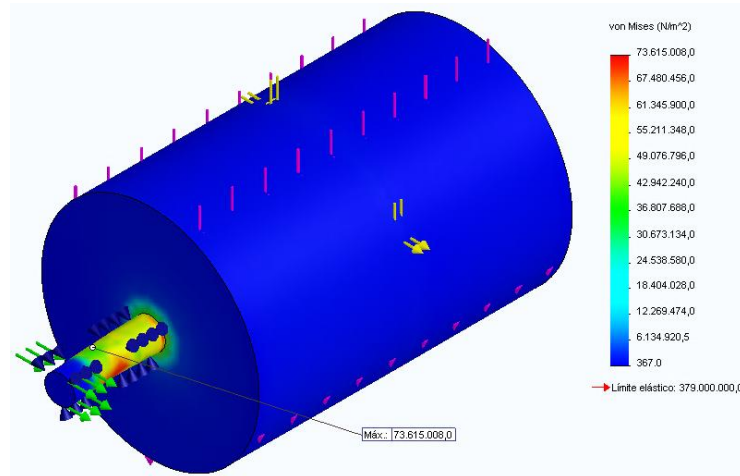
**Fuente:** Autores

- **Tensiones:** El criterio de máxima tensión de von Mises se basa en la teoría de von Mises-Hencky, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de distorsión máxima. Se obtuvo un esfuerzo máximo de 73.6 MPa. En el punto indicado. Muy cercano al calculado teóricamente (70.75 MPa). (Ver Figura 48).

- **Distribución del factor de seguridad:** Se realiza el trazado de la distribución del factor de seguridad en todo el modelo.

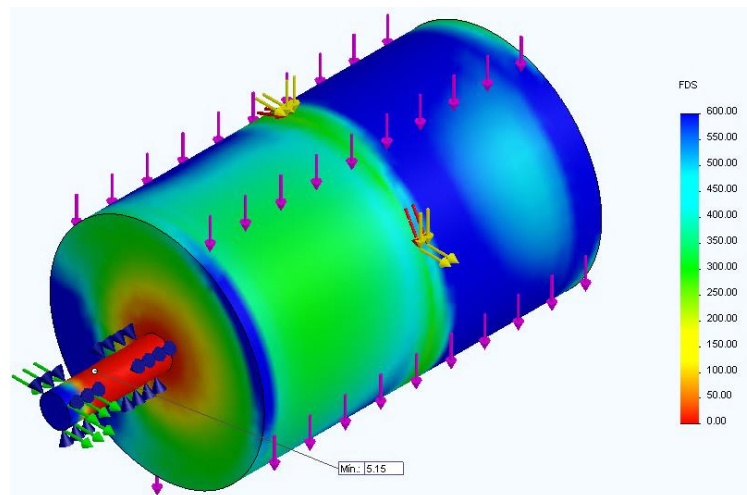
Se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 5.15 en el punto indicado, siendo este valor muy cercano al calculado teóricamente (5.3). (Ver Figura 49)

**Figura 48.** Tensión de Von Mises



**Fuente:** Autores

**Figura 49.** Distribución del factor de seguridad



**Fuente:** Autores

### 4.3.3. Análisis dinámico de la sección crítica B

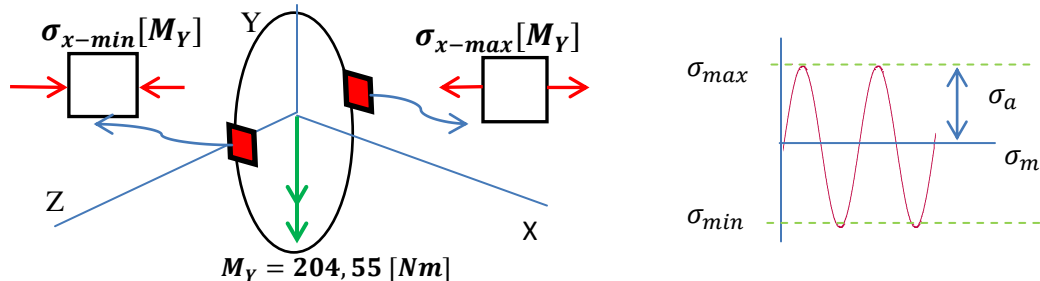
El diseño mecánico incluye factores dinámicos relativos al estado de carga de la máquina, es decir a las fluctuaciones de esfuerzos aplicadas en este caso a el eje de la masa inercial. En una maquina rotativa como lo es el dinamómetro, el cual está sometido a altos ciclos de carga y descarga, los daños internos del material ocasionados por deformaciones plásticas son críticos y requieren de un diseño adecuado para tener bajo control estas afectaciones.

Se realizara un análisis de fatiga en la sección B, puesto que es la sección más crítica, el esfuerzo fluctuante al que es sometido es generado por las reacciones en los ejes Y y Z del rodamiento en B, esto se da porque el eje en operación gira y en consecuencia el área resistente rotará, pasando en cada ciclo de tensión a compresión. Además el torque fluctuara entre un valor nulo y el máximo en cada prueba de potencia.

#### 4.3.3.1. Esfuerzo normal en la sección B.

Este esfuerzo fue descrito en la sección anterior, en el análisis estático, ahora se tendrá en cuenta el esfuerzo mínimo y máximo (Ver figura 50 y tabla 28).

**Figura 50.** Esfuerzo normal sección crítica



**Fuente:** Autores.

**Tabla 28.** Calculo esfuerzos normales

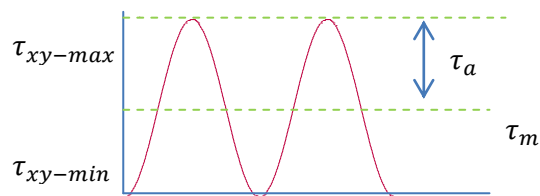
VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Esfuerzo normal	$\sigma_x = \frac{32 * My}{\pi * d_{eje}^3}$	<b>48,60 [Mpa]</b>
Esfuerzo normal máximo	$\sigma_{x-max}$	<b>48,60 [Mpa]</b>
Esfuerzo normal mínimo	$\sigma_{x-min}$	<b>-48,60 [Mpa]</b>
Esfuerzo normal alternante	$\sigma_a$	<b>48,60 [Mpa]</b>
Esfuerzo normal medio	$\sigma_m$	<b>0 [Mpa]</b>

**Fuente:** Autores.

#### 4.3.3.2. Esfuerzo cortante en la sección B.

Este tipo de esfuerzo es generado por la variación del torque transmitido, en condiciones extremas de adherencia entre la llanta y el rodillo trasero. (Ver figura 51 y tabla 29).

**Figura 51.** Esfuerzo normal sección crítica



**Fuente:** Autores.

**Tabla 29.** Calculo esfuerzos cortantes

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Esfuerzo cortante	$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * d_{eje}^3}$	<b>29,70 [Mpa]</b>
Esfuerzo cortante máximo	$\tau_{xy-max}$	<b>29,70 [Mpa]</b>
Esfuerzo cortante mínimo	$\tau_{xy-min}$	<b>0 [Mpa]</b>
Esfuerzo cortante alternante	$\tau_a$	<b>14,85 [Mpa]</b>
Esfuerzo cortante medio	$\tau_m$	<b>14,85 [Mpa]</b>

**Fuente:** Autores.

#### 4.3.3.3. Esfuerzo medio y esfuerzo alternante equivalentes Von Mises

En presencia de carga combinada se acude a encontrar los esfuerzos normales equivalentes tanto para el esfuerzo alternante, como para el esfuerzo medio. (Ver figura tabla 30).

**Tabla 30.** Calculo esfuerzos equivalentes

Esfuerzo cortante alternante equivalente	$\sigma_a' = \sqrt{\sigma_a^2 + 3 * \tau_a^2}$	<b>54,99 [Mpa]</b>
Esfuerzo cortante medio equivalente	$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_m^2 + 3 * \tau_m^2}$	<b>25,72 [Mpa]</b>

**Fuente:** Autores.

#### 4.3.3.4. Límite de resistencia a la fatiga<sup>9</sup>

El dinamómetro es una maquina rotativa de alto número de ciclos y por tanto es necesario realizar el diseño de sus elementos, principalmente rodillos inerciales con criterios de resistencia a vida infinita, por lo tanto se halla el límite de resistencia a la fatiga ( $Se'$ )

Para el acero dado SAE 1045, el límite de resistencia a la fatiga se calcula en la tabla 31 como:

**Tabla 31.** Límite de resistencia a la fatiga

Resistencia ultima a la tracción	$S_{ut}$	$S_{ut} = 620 [Mpa]$
Límite de resistencia a la fatiga	$Se' = 0,5 * S_{ut}$	<b><math>Se' = 310 [Mpa]</math></b>

**Fuente:** Autores.

#### 4.3.3.5. Factores de Marin

El límite de resistencia a la fatiga, es afectado por diferentes factores que dependen de las condiciones de la pieza mecánica a construir, incluyendo material, manufactura, entorno de operación y diseño. Para cuantificar estos factores se acude a las estimaciones realizadas por Marin en sus ensayos de resistencia a la fatiga de piezas mecánicas.

---

<sup>9</sup> Budynas-Nisbett, "Shigley's Mechanical Engineering Design". McGraw-Hill. Octava edición. Capítulo 6. 1059 págs.

**a) Factor de superficie  $k_a$**

El acero seleccionado es 1045 Cold Roller, por lo tanto las constantes  $a$  y  $b$  para calcularlo son 4,51 y -0,821 y el factor de superficie se calcula en la Tabla 32.

**b) Factor de tamaño  $k_b$**

Corresponde a corrección debido al tamaño de la pieza, en este caso al diámetro del eje de 35 mm, y por cargas de flexión y torsión se calcula en la Tabla 32.

**c) Factor de carga  $k_c$**

El eje estará sometido a cargas combinadas de flexión y torsión, y se analizara con el esfuerzo equivalente de Von Mises, por lo tanto es igual a 1 (Ver Tabla 32).

**d) Factor de temperatura  $k_d$**

El banco de potencia diseñado, tiene una temperatura de trabajo levemente superior a la temperatura ambiente debido a ganancias de energía por fricción, pero en vista que la temperatura no disminuye el límite de resistencia a la fatiga sino hasta que supera los 300 °C, se considera el factor igual a 1 (Ver Tabla 32).

**e) Factor de confiabilidad  $k_e$**

En vista del alto número de ciclos de los rodillos inerciales se estima una confiabilidad del 99%, para garantizar la integridad de la máquina y seguridad ante accidentes en el momento de la medición de potencia, por lo tanto el factor de confiabilidad es 0,814 (Ver Tabla 32).

**f) Factor de efectos varios  $k_f$**

Los anteriores cálculos se realizaron bajo un criterio conservador, además es evidente que los tiempos de prueba del dinamómetro durante la captura de datos de potencia de la motocicleta son cortos, alrededor de uno o pocos minutos, y teniendo en cuenta que no sufrirá cambios de temperatura considerables, y que se diseña con parámetros conservadores se opta por seleccionar este factor como 1

(Ver Tabla 32). Este eje se ha diseñado liso, no hay fuerzas axiales y por tanto no tiene hombros de soporte, además las poleas dentadas de la transmisión se instalaran usando un cubo basado en fricción, el cual evita concentradores de esfuerzo como cuñeros y en conclusión no se tiene concentradores de esfuerzo primordiales en el eje.

En la tabla 32 se resumen los factores de Marin calculados.

**Tabla 32.** Factores de Marin

<b>Factores de Marin</b>		
Factor de superficie	a	4,51
	b	-0,265
	$K_a = a * S_{ut}^b$	0,821
Factor de tamaño	deje	35 [mm]
	$K_b = 1,24 * deje^{-0,107}$	<b>0,848</b>
Factor de carga	$K_c$	1
Factor de temperatura	$K_d$	1
Factor de confiabilidad	$K_e$	<b>0,814</b>
Factor de efectos varios	$K_f$	1

**Fuente:** Autores.

#### 4.3.3.6. Limite real de fatiga

El límite real de fatiga es el producto del límite de fatiga a vida infinita teórico, multiplicado por los factores anteriormente calculados en la tabla 32.

**Tabla 33.** Limite real de fatiga

Limite real de fatiga.	$Se = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * Se'$ $Se = 0,821 * 0,848 * 1 * 1 * 0,814 * 1 * 310$	<b>Se = 178,68 [Mpa]</b>
------------------------	--	--------------------------

**Fuente:** Autores.

#### 4.3.3.7. Factor de seguridad por fatiga

Según el criterio de falla de la línea ASME-elíptica se realiza el cálculo del factor de seguridad en la tabla 34:

**Tabla 34.** Factor de seguridad por fatiga

Factor de seguridad por fatiga	$N_f = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_a}{Se}\right)^2 + \left(\frac{\hat{\sigma}_m}{Sy}\right)^2}}$ $N_f = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{54,99}{175,68}\right)^2 + \left(\frac{25,72}{379}\right)^2}}$	<b>3,1</b>
--------------------------------	--	------------

**Fuente:** Autores.

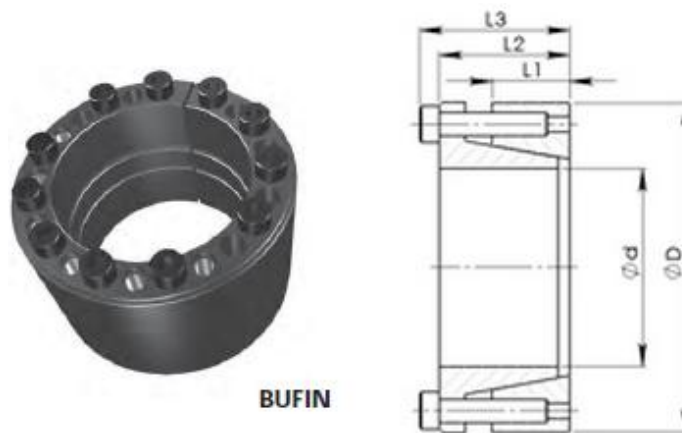
Este factor de seguridad es aceptable y dado que se usó un criterio conservador a lo largo del diseño por fatiga del eje, permite con seguridad continuar con el diseño y selección de los demás componentes del dinamómetro. Para ver los planos de detalle de los rodillos ver el Anexo F.

#### 4.4. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE FIJACIÓN DE LAS POLEAS.

Una vez calculado el diámetro del eje de es posible seleccionar ahora el tipo de sujeción entre la polea y el eje del rodillo inercial. Inicialmente se había hablado de un tipo de cubo en la polea que no requiere ningún tipo de maquinado sobre el eje, de forma que no se genere concentradores de esfuerzo, el fabricante Intermec S.A. en su catálogo ofrece cuatro tipos de cubo, del cual se seleccionó el cubo tipo BUFIN. Este es un sistema de fijación que actúa por fricción, y consiste en dos

piezas cónicas con un corte en la dirección radial, una encaja dentro de la otra, de manera que cuando se ajustan los tornillos que están en un arreglo circunferencial, en dirección axial, las dos piezas cónicas son forzadas y esto las obliga a unirse tanto a la polea como al eje. Ver Figura 52. Ver Anexo D.

**Figura 52.** Sistema de fijación de las poleas



**Fuente:** <http://www.intermec.com.co>

Además se verifica el torque pico que debe ser menor a la capacidad de torque del sistema de fijación, y se calcula así (Ver Tabla 35 y 36):

**Tabla 35.** Factor de servicio

FACTOR DE SERVICIO	
Trabajo	Factor
Uniforme	2
<b>Fluctuante</b>	<b>3</b>
Muy fluctuante	5

**Fuente:** <http://www.intermec.com.co>

**Tabla 36.** Características del acople

VARIABLE	VARIABLE	RESULTADO
Diámetro del eje	d	35 [mm]
Diámetro interno de la polea	D	60 [mm]
Altura de Bufin externo	L1	17 [mm]
Altura de Bufin externo	L2	29 [mm]
Altura total	L3	35 [mm]
Tornillos de fijación	-	8 X M6
Capacidad de torque	$T_{perm}$	1000 [Nm]
Torque nominal	$T_{nominal}$	250 [Nm]
Factor de servicio	$F_s$	3
Torque pico	$T_{pico} = T_{nominal} * F_s$	750 [Nm]

**Fuente:** <http://www.intermec.com.co>

Como se observa el torque pico de operación es 750 [Nm] y es menor que la capacidad del sistema de fijación 1000 [Nm], por lo tanto queda validado. Además es necesario tener en cuenta el torque de apriete de los tornillos del sistema de fijación, según el fabricante se recomienda un valor igual a 14 Nm.

**Tabla 37.** Torque de apriete tornillos de fijación del acople

BUFIN SERIES S y SP	
Diámetro de los Ejes en milímetros	Torque de apriete tornillos
20mm a 40mm	14 Nm
42mm a 65mm	35 Nm
70mm a 95mm	69 Nm
100mm a 120mm	120 Nm
130mm a 200mm	190 Nm
220mm a 260mm	295 Nm

**Fuente:** <http://www.intermec.com.co>

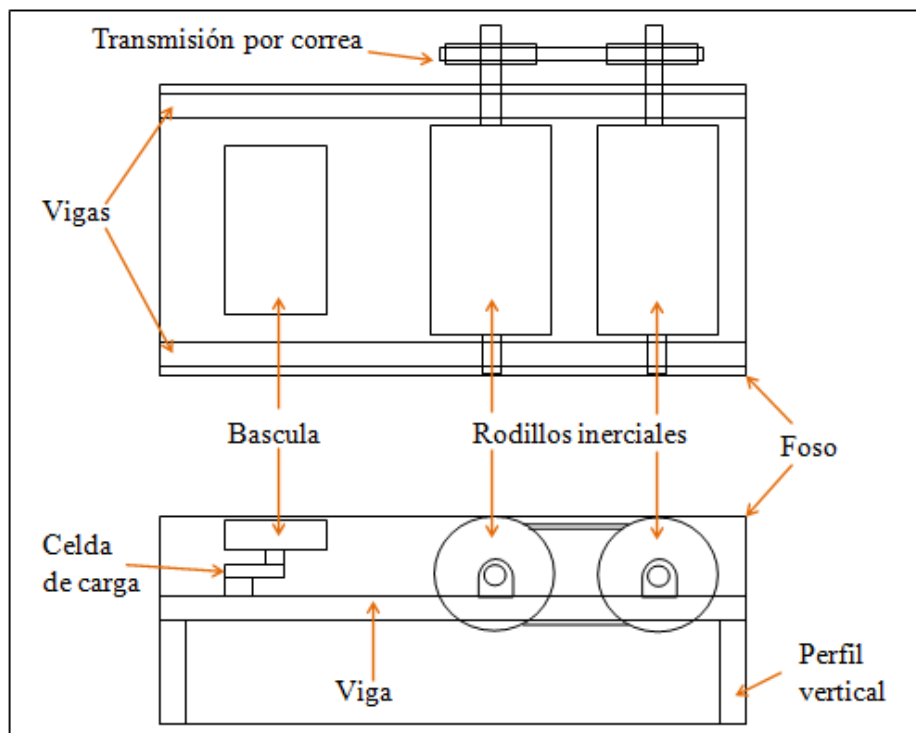
#### 4.5. DISEÑO DEL CHASIS

El chasis tiene dos vigas principales las cuales soportan directamente los rodillos inerciales y estas son las partes más críticas del bastidor, se realizará un análisis estático de la carga aplicada para verificar su integridad. El material seleccionado será acero estructural A36 y la forma geométrica del perfil es canal en U.

Se cuenta con un foso de 1,2 m de largo por 0,7m de ancho, para la instalación del dinamómetro, por ende se tiene un espacio definido para el chasis.

Además se planea incorporar una báscula para pesar la motocicleta. Entonces en un diseño inicial la distribución será la presente en la figura 53:

**Figura 53.** Distribución de subsistemas en el chasis del dinamómetro

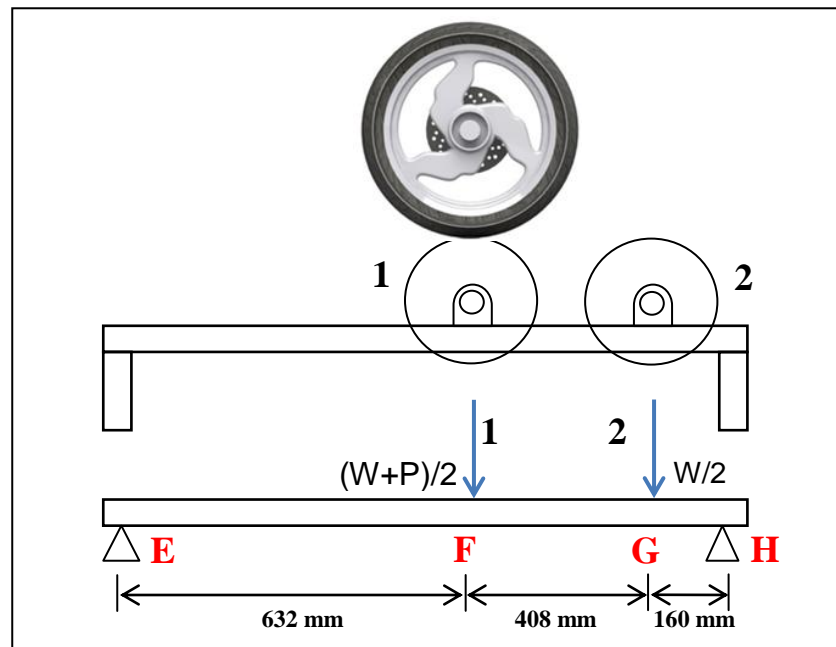


**Fuente:** Autores.

Las cargas a las cuales las vigas principales se someterán será al peso propio de los rodillos que es de 202,7 kg cada uno, el peso de la parte trasera de la motocicleta de 1985 N sobre el rodillo trasero, aplicado en el rodillo 1 ubicado en la posición central, este será el estado crítico. En cuanto al segundo rodillo el 2, estará soportando solo el peso propio. Como se hará el análisis de una viga, se tendrá en cuenta la mitad de las cargas.

En las figuras 54 y 55 se puede ver el diagrama de cuerpo libre del chasis, y en la tabla 38 los respectivos cálculos.

**Figura 54.** Carga crítica sobre el chasis



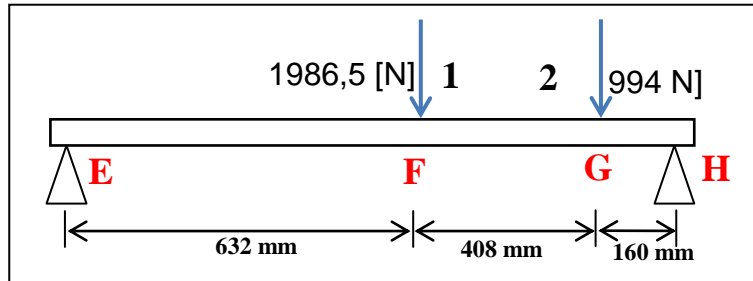
**Fuente:** Autores.

**Tabla 38.** Cargas sobre el chasis del dinamómetro

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Carga sobre la rueda trasera de la motocicleta	$P$	$P = 1985 [N]$
Peso rodillo inercial	$W = 202,7 [kg] * 9,81 [m/s^2]$	$w = 1988 [N]$

**Fuente:** Autores.

**Figura 55.** Cálculo de la carga crítica

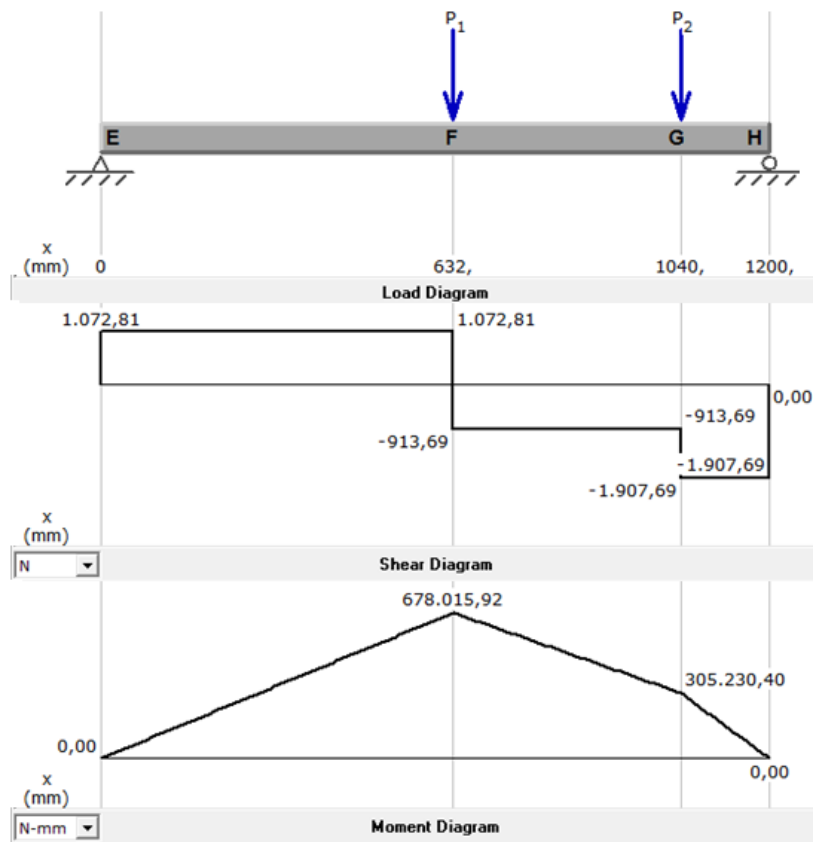


Fuente: Autores.

#### 4.5.1. Análisis estático método matemático.

En la figura 56 se mostraran los diagrama de cargas, cortantes y momentos, de la viga principal del chasis, calculados en software de mecánica de materiales MD-SOLID.

**Figura 56.** Carga, cortante y momento flector en el chasis



Fuente: Autores.

Claramente se observa que en el punto F el momento es mayor y requiere de cuidado en el diseño, y será la sección crítica para evaluar el mínimo factor de seguridad que ofrece la viga estáticamente.

#### 4.5.2. Perfil seleccionado y análisis de la sección transversal.

Se utilizara la sección de perfil de forma vertical tal y como se indica en la figura 57, dado que su resistencia al esfuerzo es mayor, pues su momento de inercia es superior a si se usara horizontal.

Se ha seleccionado un perfil de acero estructural A36 en canal U de 4" del fabricante Ternium S.A, con las características explicadas en la Figura 57.

**Figura 57.** Datos del perfil de la viga

## Ternium Aceros Largos

### Ternium Perfil Canal

**Normas**  
Fabricación:  
NTC 4537 (ASTM A6)  
Acero: ASTM A36

**Descripción**  
Perfiles de acero de sección transversal en forma de U o C, fabricados a partir de palanquillas laminadas en caliente.

**Aplicaciones**  
Estructuras, cerrajería, metalistería, industria metalmecánica y ornamentación.

Referencia	Longitud alma nominal (mm)	Espesor del alma nominal (mm)	Longitud del patín nominal (mm)	Peso metro nominal (kg/m)	Unidades de empaque (2t)
3" x 4.1 lbs/pie	76.20	4.30	35.80	6.10	54
4" x 5.4 lbs/pie	101.60	4.70	40.10	8.04	42

**Geometría Perfil Canal**

d = Altura  
bf = Ancho del Ala  
tf = Espesor del Ala  
tw = Espesor del Alma: Espesor (mm)

**Fuente:** [http://www.ternium.com.co/pdf/Soluciones\\_Ternium\\_Colombia.pdf](http://www.ternium.com.co/pdf/Soluciones_Ternium_Colombia.pdf)

Con esta referencia **4"x5,4** es posible adquirir las propiedades de la sección transversal con la librería de Solidworks, las cuales coinciden con las del fabricante. Únicamente queda seleccionar el tipo de soldadura conveniente, la cual se seleccionara en la sección 4.5.4.

**Tabla 39.** Propiedades de la sección transversal de la viga

VARIABLE	ECUACION	RESULTADO
Esfuerzo de fluencia	$S_y$	36 [ksi] = 250[Mpa]
Área transversal	$A$	1019,2 [mm <sup>2</sup> ]
Momento de inercia x	$I_x$	1'599013 [mm <sup>4</sup> ]
Altura alma nominal	$d$	101,6 [mm]
Ancho del ala (patín)	$bf$	40,1[mm]
Espesor del alma	$tw$	4,7 [mm]

**Fuente:** Solidworks 2012

#### 4.5.3. Análisis de la sección crítica F

Como se pudo observar en la sección F se presenta el mayor momento flector igual a 678,016 [Nm]. Los esfuerzos cortantes son pequeños por lo que se despreciarán para este cálculo. Así se realizará la estimación del esfuerzo normal máximo en la Tabla 40.

**Tabla 40.** Esfuerzos en la sección crítica

Momento flector máximo	$M$	678016 [Nmm]
Momento de inercia x	$I_x$	1'599013 [mm <sup>4</sup> ]
Distancia alejada del eje neutro	$C = \frac{d}{2} = \frac{101,6}{2}$	50,8 [mm]
Esfuerzo normal máximo	$\sigma_x = \frac{M * C}{I_x} = \frac{678016 * 50,8}{1'599013}$	21,54 [Mpa]
Límite de fluencia A36	$S_y$	250[Mpa]
Factor de seguridad estático	$N = \frac{S_y}{\sigma_x} = \frac{250}{21,54}$	11,6

**Fuente:** Autores.

Por lo tanto este perfil es aceptable para esta aplicación, con un factor de seguridad igual a 11,6, es adecuado para un bastidor.

#### 4.5.4. Soldadura del chasis

Vale la pena aclarar que se decidió realizar las juntas soldadas del chasis con soldadura tipo electrodo, WEST ARCO E6013<sup>10</sup>, ideal para estructuras de trabajo semipesado y de relativa fácil aplicación, además al ser un tipo de electrodo muy comercial lo hace económico y fácil de conseguir, su aplicación requiere un equipo básico de soldadura por arco y se recomienda una corriente entre 80-120 amperios, para el electrodo seleccionado de 1/8". Su resistencia a la fluencia esta entre 45-65 ksi (330-450 Mpa), lo que garantiza que antes que falle la soldadura, fallara el material base A36 (acero estructural del chasis), dando seguridad al diseño.

Este tipo de electrodo cuenta con recubrimiento a base de rutilo y potasio, para garantizar la estabilidad durante la aplicación de la soldadura y en su etapa de enfriamiento inmediato. No obstante requiere ser aplicada por un experto.

<sup>10</sup> Anexo G. WEST ARCO; SW613 E6013

#### 4.5.5. Análisis estático por elementos finitos.

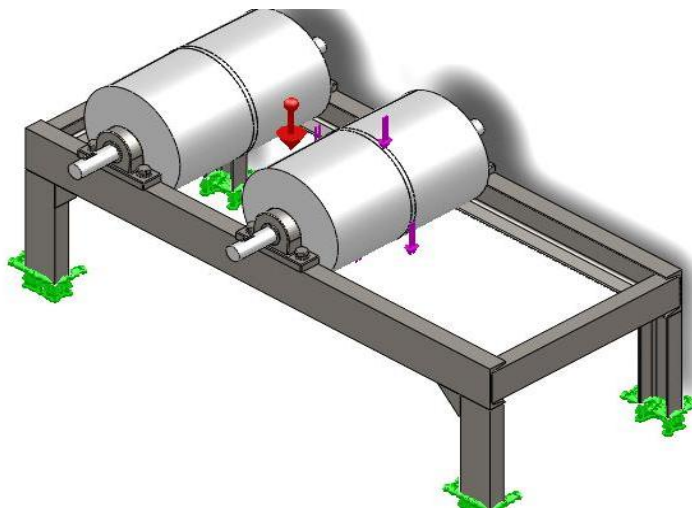
Para un análisis más exacto se acude al software de simulación de métodos finitos Solidworks 2012, allí se realiza un análisis del chasis de la máquina para carga estática, pues es la más relevante. Debido a que el dinamómetro es una máquina que no recibe energía considerable en forma de calor, el estudio térmico se descarta.

El estudio estático se logra aplicando las cargas antes mencionadas de la motocicleta y el operario de 1985 [N], y lógicamente el peso propio de los componentes del ensamble, añadiendo características de sus materiales y la gravedad.

##### 4.5.5.1. Cargas externas y sujeciones



Las sujeciones y condiciones de la simulación se describen a continuación en la figura 58 y la tabla 41, además en la tabla 42 se detallan los materiales de cada componente y sus características para la simulación:

**Figura 58.** Cargas y sujeciones sobre el chasis



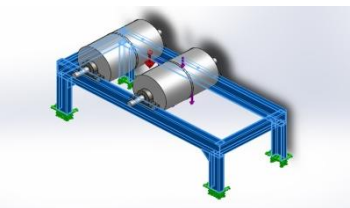
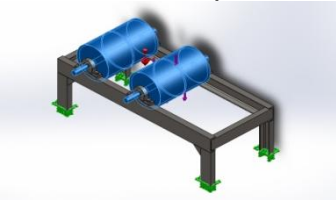
**Fuente:** Solidworks 2012

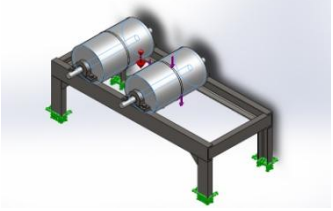
**Tabla 41.** Parámetros de la simulación

SIMBOLO	DEFINICION	CARACTERISTICA
	Sujeción	Fija
	Gravedad	9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
	Carga motocicleta + operario	1985 [N]

**Fuente:** Autores

**Tabla 42.** Definición de los materiales en las piezas del análisis estático

REFERENCIA DE MODELO	PROPIEDADES
<p>Chasis:</p> 	<p><b>Nombre:</b> ASTM A36 Acero</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.5e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente Poisson:</b> 0.26</p> <p><b>Densidad:</b> 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 7.93e+010 N/m<sup>2</sup></p>
<p>Rodillo inercial cuerpo externo:</p> 	<p><b>Nombre:</b> AISI 1045 Cold Rolled</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Límite elástico:</b> 3.79e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 6.2e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2.05e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente Poisson:</b> 0.29</p> <p><b>Densidad:</b> 7850 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8e+010 N/m<sup>2</sup></p>

Rodillo inercial cuerpo interno:	<b>Nombre:</b> Plomo
	<b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal
	<b>Módulo elástico:</b> 1.4e+010 N/m <sup>2</sup>
	<b>Coefficiente Poisson:</b> 0.4
	<b>Densidad:</b> 11000 kg/m <sup>3</sup>
	<b>Módulo cortante:</b> 4.9e+010 N/m <sup>2</sup>

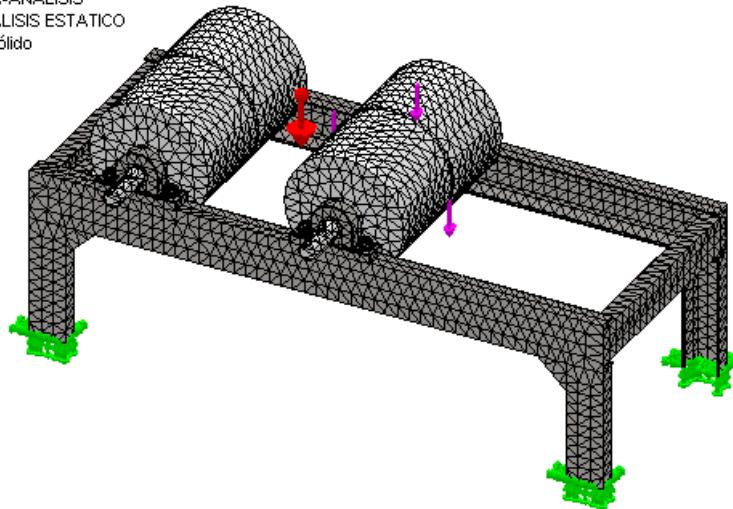
Fuente: Solidworks 2012

#### 4.5.5.2. Mallado del chasis

Una vez definidos los materiales, las cargas y la sujeción adecuada, se procede a realizar el mallado del ensamble, que consiste en hacer discretos los esfuerzos para que el software los analice uno a uno.

**Figura 59.** Mallado del chasis

Nombre de modelo: DINA-ANALISIS  
 Nombre de estudio: ANALISIS ESTATICO  
 Tipo de malla: Malla de sólido



Fuente: Solidworks 2012

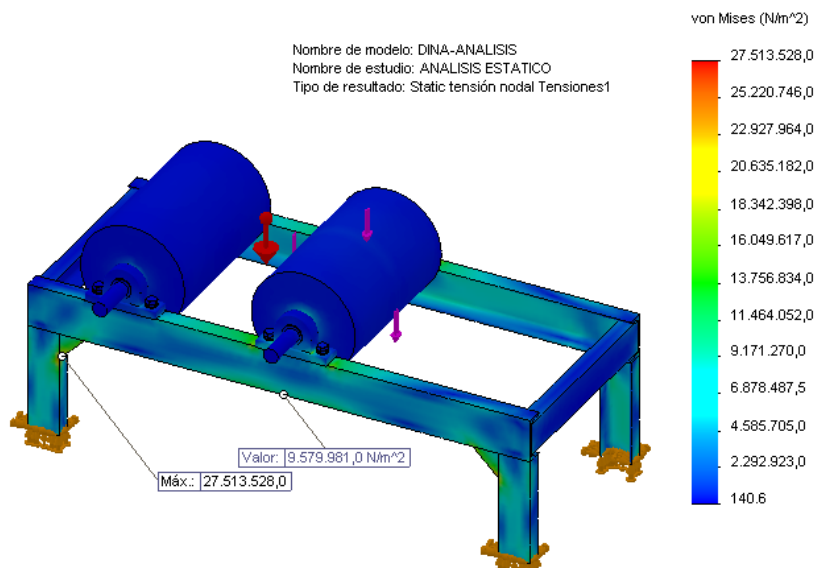
### 4.5.5.3. Resultados del estudio

Gracias al mallado y ejecución del análisis se logra encontrar el esfuerzo y la deformación máxima así como el factor de seguridad mínimo de la estructura. Además los datos puntuales deseados en este caso de la viga principal.

#### a) Esfuerzo principal Von Mises

Se puede observar en el estudio que existirá un esfuerzo máximo de 27,5 [Mpa] en compresión sobre las soldaduras del pie de amigos triangulares y las columnas izquierdas, pero la junta soldada tiene un material de aproximadamente 330 [Mpa] de resistencia a la fluencia en tensión, es decir que no fallará y el material base en esta zona es de acero estructural A36 con límite de fluencia de 250 [Mpa] en tensión, lo que significa que soportará los esfuerzos. Otro punto delicado del chasis se encuentra en las vigas principales, pero en este caso el esfuerzo es de 9,6 [Mpa], inferior al que el perfil tiene capacidad de soportar. (Ver Figura 60).

**Figura 60.** Esfuerzo principal Von Mises

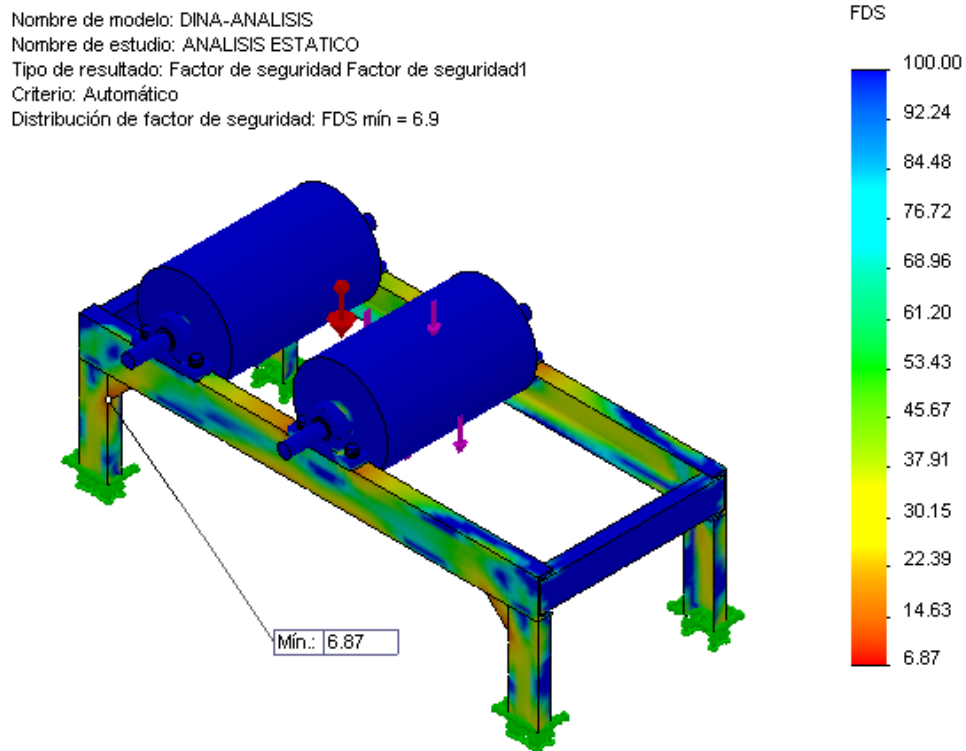


**Fuente:** Solidworks 2012

## b) Factor de seguridad

El mínimo factor de seguridad se presenta en la junta soldada de mayor esfuerzo, como se evidencio anteriormente y el valor del factor de seguridad es de 6,9 pero si se tiene en cuenta que esta zona está a compresión es un buen indicador, no obstante insiste en la importancia de esta soldadura. El punto de estudio específico de la parte central de la viga, considerado como critico presenta un factor de seguridad alto de 26,64 mucho mayor que el calculado, esto es debido a que las teorías de falla son más conservadoras que un estudio por métodos finitos, el cual es más cercano a la realidad. (Ver Figura 61).

**Figura 61.** Factor de seguridad



**Fuente:** Solidworks 2012

### **c) Análisis de los resultados**

De acuerdo a los cálculos tanto matemáticos como de CAE, se demostró que el chasis aprobó satisfactoriamente el estado de carga al cual será sometido y por ello se procederá a su construcción, con los cuidados requeridos la manufactura tal y como lo es la aplicación de la soldadura de una manera adecuada, además es necesario recubrir esta estructura de un elemento anticorrosivo y una pintura de acabado.

## **4.6. DISEÑO DE LA BÁSCULA**

El peso de la motocicleta es un dato importante ya que permitirá realizar el cálculo de la relación peso/potencia para estimar la capacidad de potencia efectiva.

La báscula es el subsistema que permitirá adquirir el peso de la motocicleta, dado que el espacio con el que se dispone es muy pequeño se diseña una pequeña bandeja horizontal, la cual transmitirá el peso directamente a una celda de carga. La medición se realiza tomando el peso de cada eje (delantero y trasero) y luego sumándolos.

Al ser un elemento de medición, la báscula debe brindar repetitividad y exactitud en los datos adquiridos, y ya que se encuentra en un ambiente vulnerable a golpes y malos tratos por el operario, su diseño debe ser robusto.

Se utilizará una celda de carga sensible a la flexión, que se tiene en el inventario del laboratorio de la empresa referencia SKA-30-15, (Ver Figura 62 y Anexo H), sus características mecánicas se citan a continuación en la Tabla 43.

**Figura 62.** Celda de carga



**Fuente:** Autores.

**Tabla 43.** Características mecánicas de la celda de carga

VARIABLE	DATO
Referencia	SKA-30-15
Peso	850 [g] aproximadamente
Montaje	Mediante 2 agujeros 13 [mm] y un taladro M12
Material	Aleación de acero
Fuerza nominal	1500 [kg]
Máxima fuerza operación	150% de la fuerza nominal
Fuerza de ruptura	400% de la fuerza nominal

**Fuente:** Anexo H

Se planea transmitir el peso desde una bandeja en la parte superior de la báscula, hacia el extremo en voladizo de la celda de carga. El diseño realizado con ayuda del CAD Solidworks se muestra en la Figura 63.

**Figura 63.** Bascula



**Fuente:** Autores.



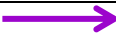
Debido a que la báscula está compuesta por múltiples piezas, el punto crítico de falla puede estar en cualquier lugar, y dado que sus partes son cortas se hace inexacto un tratamiento matemático, por esta razón se realizará un estudio basado en elementos finitos con el programa Solidworks. La carga máxima que soportará la báscula será de 1985 [N], pero estará sometida a carga fluctuante de carga y descarga, y la frecuencia con que se realizará hará necesario un estudio de fatiga.

#### 4.6.1. Análisis estático por elementos finitos.

##### 4.6.1.1. Cargas externas y sujeciones

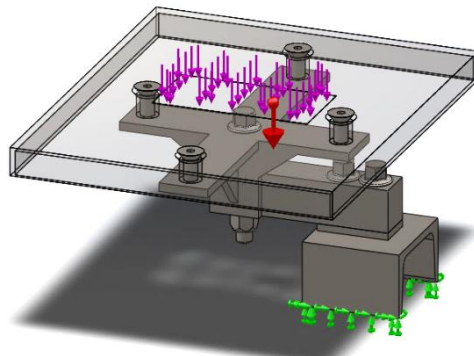
En la tabla 44 se indicaran las cargas y sujeciones que permitirán realizar la simulación del modelo de la figura 64 correspondiente a la báscula.

**Tabla 44.** Parámetros de la simulación

SIMBOLO	DEFINICION	CARACTERISTICA
	Sujeción	Fija
	Gravedad	9,81 [m/s <sup>2</sup> ]
	Carga motocicleta + operario	1985 [N]

**Fuente:** Solidworks 2012

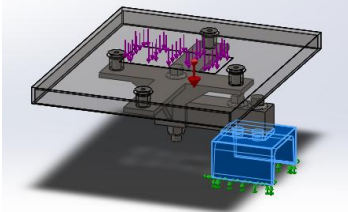
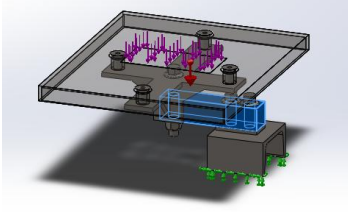
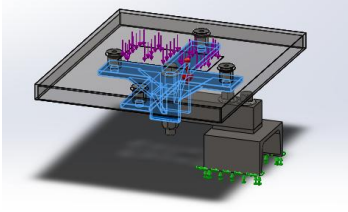
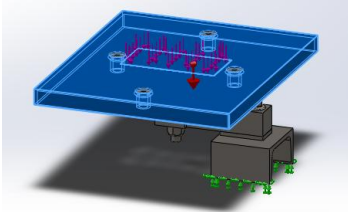
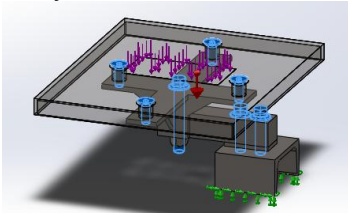
**Figura 64.** Modelamiento bascula



**Fuente:** Autores.

En la figura 45 se dan a conocer las propiedades y características de los materiales de las piezas principales de la báscula.

**Tabla 45.** Propiedades de las piezas de la báscula

REFERENCIA DE MODELO	PROPIEDADES
<p>Soporte y separador:</p> 	<p>Nombre: <b>ASTM A36 Acero</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Límite elástico: <b>2.5e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>4e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.26</b>            Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b>            Módulo cortante: <b>7.93e+010 N/m<sup>2</sup></b></p>
<p>Celda de carga:</p> 	<p>Nombre: <b>STEEL ALLOY</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Límite elástico: <b>6.2e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>7.2e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>2.1e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.28</b>            Densidad: <b>7700 kg/m<sup>3</sup></b>            Módulo cortante: <b>7.9e+010 N/m<sup>2</sup></b></p>
<p>Plataforma:</p> 	<p>Nombre: <b>AISI 1020 Hot rolled</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Límite elástico: <b>3.5e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>4.2e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>2.05e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.29</b>            Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b>            Módulo cortante: <b>8e+010 N/m<sup>2</sup></b></p>
<p>Tapa:</p> 	<p>Nombre: <b>AISI 1020 Hot rolled</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Límite elástico: <b>3.5e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>4.2e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>2.05e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.29</b>            Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b>            Módulo cortante: <b>8e+010 N/m<sup>2</sup></b></p>
<p>Pernos y tornillos:</p> 	<p>Nombre: <b>Acero SAE Grado 5</b>            Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>            Límite elástico: <b>6,3e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Límite de tracción: <b>8.3e+008 N/m<sup>2</sup></b>            Módulo elástico: <b>2.05e+011 N/m<sup>2</sup></b>            Coeficiente de Poisson: <b>0.285</b>            Densidad: <b>7850 kg/m<sup>3</sup></b>            Módulo cortante: <b>8e+010 N/m<sup>2</sup></b></p>

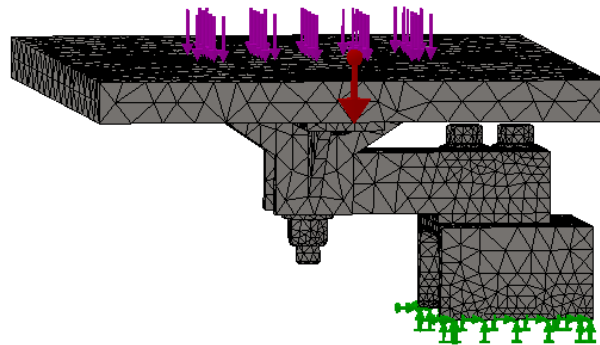
**Fuente:** Autores.

Una vez definidos los materiales, las cargas y la sujeción adecuada, se procede a realizar el mallado del ensamble.

#### 4.6.1.2. Mallado de la báscula

A continuación se visualiza el modelo de la báscula con sus sujeciones y el respectivo mallado. (Ver figura 65).

**Figura 65.** Mallado bascula



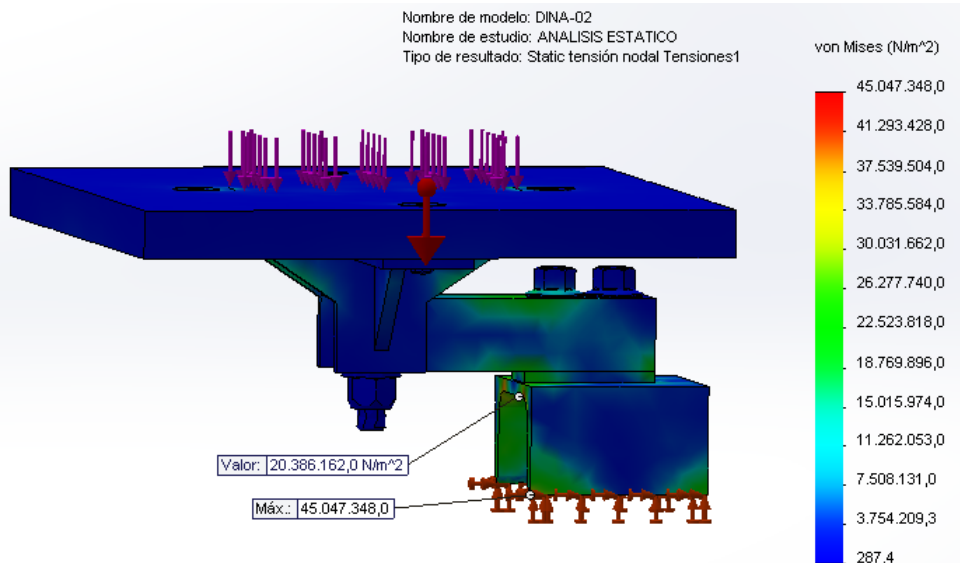
**Fuente:** Autores.

#### 4.6.1.3. Resultados del estudio

Además del estudio estático donde se puede observar la distribución de los esfuerzos de Von Mises, desplazamiento y factor de seguridad, se realizará un estudio por fatiga donde la carga fluctuante es el peso de la motocicleta y el operario soportado por la llanta trasera con el fin de verificar su integridad a vida infinita, dando respaldo a la robustez de este sistema de medición.

### a) Esfuerzo principal Von Mises

Figura 66. Esfuerzo principal Von Mises



Fuente: Autores.

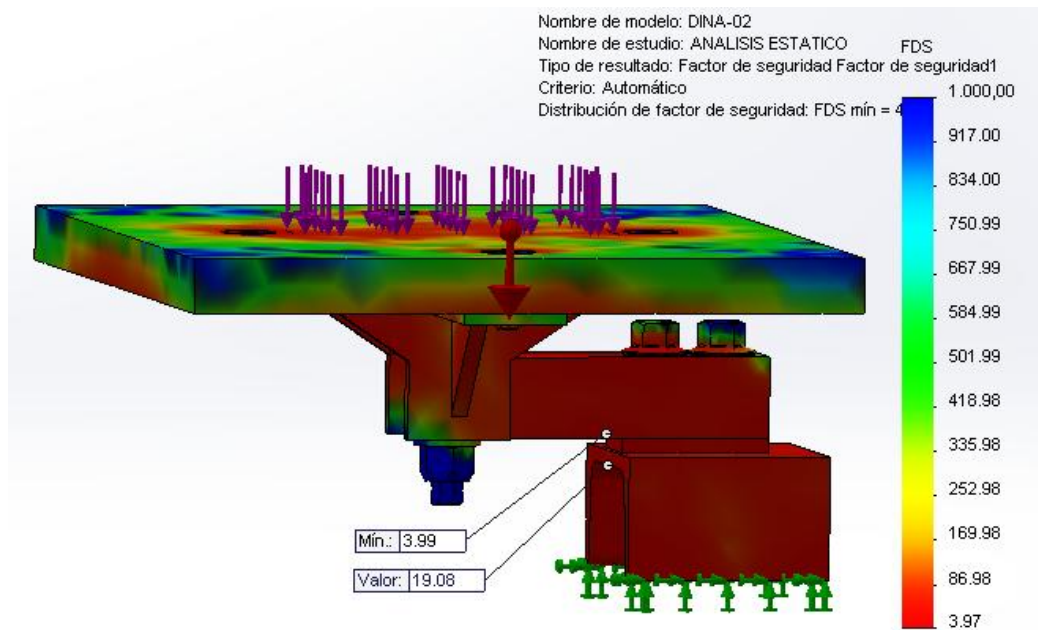
Se evidencia en la figura 66, que el esfuerzo máximo está sobre la sección de perfil estructural A36 seleccionado para el soporte de la báscula, esto sin duda se debe al momento creado por la carga aplicada. No obstante este esfuerzo es un esfuerzo en compresión del cual no se tendrá cuidado.

En cambio el esfuerzo de la parte superior del soporte de 20,4 [Mpa], sí es un esfuerzo que está a tensión y requiere cuidado, pero que al compararlo con el máximo permisible del acero A36 de 250 [Mpa], es mínimo.

## b) Factor de seguridad

Sin duda alguna el factor de seguridad que el software calculó como mínimo y muestra en la figura 67, estará sobre la celda de carga, pero esta celda está diseñada por el fabricante para soportar la flexión, por tal razón el elemento adyacente a analizar es el soporte inferior, y sobre este se observa un factor de seguridad de 19, lo cual es un factor favorable para su aplicación.

**Figura 67.** Factor de seguridad

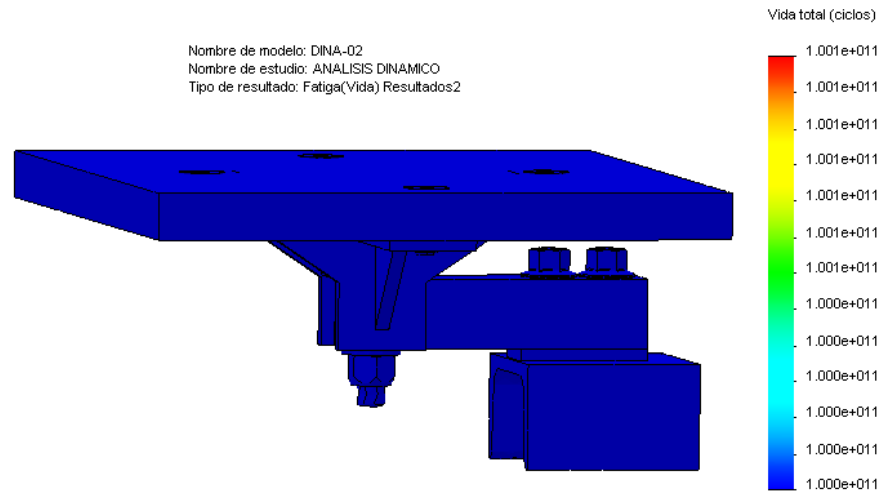


**Fuente:** Autores.

## c) Análisis dinámico fatiga: Vida

El análisis de los efectos de la carga fluctuante sobre la báscula es despreciable, y su diseño se considera confiable y de duración infinita. Ver figura 68.

**Figura 68.** Análisis dinámico fatiga: Vida



**Fuente:** Autores.

#### **d) Análisis de los resultados**

La báscula aprobó satisfactoriamente tanto el estado de carga estático como el dinámico al cual será sometido y por ello se procederá a su construcción, siendo un subsistema muy fuerte que realizará las mediciones demandadas con repetitividad y exactitud.

### **4.7. SELECCIÓN DE LOS VENTILADORES**

Una parte importante en el dinamómetro es el sistema de refrigeración a usar. Como bien se sabe todos los vehículos y motocicletas que funcionan con un motor de combustión interna requieren de elementos auxiliares para evacuar el calor generado por su funcionamiento. Una motocicleta en movimiento genera una gran interacción con el aire y por ende es evidente una transferencia de calor por convección. Aun cuando las motocicletas cuenten con elementos de refrigeración como agua o aceite, requieren del aire para igualmente enfriarse.

Es así que se requiere un alto coeficiente de convección para el motor, y dado que la motocicleta estará en una prueba donde estará estática (no hay traslación), los ventiladores son necesarios. La empresa JB-SPI cuenta con dos ventiladores y se propone usarlos para tal requerimiento. Los datos de placa del motor son:

**Tabla 46.** Datos de placa del motor

<b>DATO</b>	<b>VALOR</b>
Voltaje	110 V
Frecuencia	60 Hz
RPM	3560 rpm
Corriente	5.4 A
Potencia	0.5 Hp

**Fuente.** Autores

Debido a que no conoce el flujo de aire por ser unos ventiladores ensamblados localmente se realizara la medición de esta variable con un anemómetro (Figura 69). Los datos de velocidad de velocidad del aire en la descarga en cada uno de los ventiladores se pueden ver en la tabla 47.

**Tabla 47.** Mediciones de velocidad del aire en la descarga de los ventiladores

<b>MEDICION</b>	<b>Velocidad ventilador #1 [m/s]</b>	<b>Velocidad ventilador #2 [m/s]</b>
Medición 1	16.8	18.7
Medición 2	17.1	18.0
Medición 3	16.5	18.5
<b>Promedio</b>	<b>16.8</b>	<b>18.4</b>

**Fuente.** Autores

**Figura 69.** Mediciones de velocidad del aire en la descarga de los ventiladores



**Fuente.** Autores

La cantidad de aire que refrigera un motor en una motocicleta corresponde al aire que esta desplace lo cual está directamente relacionado con la velocidad de la motocicleta.

De la Tabla 47 se encontró que la velocidad promedio del aire en la descarga es 16.8 m/s y 18.4 m/s lo cual equivale a 60.48 km/h y 66.24 que son velocidades típicas de desplazamiento de una motocicleta, y en cuanto al área de descarga de estos ventiladores, es tal que cubre la superficie frontal del motor típico de motocicleta de medio y bado cilindraje, en pocas palabras el flujo de aire para la refrigeración se garantiza.

#### **4.8. BALANCEO DE MASAS INERCIALES**

En una máquina que funciona con elementos rotativos a altas velocidades es necesario garantizar que los elementos rodantes no generen vibraciones, las cuales pueden ser originadas en este caso por desbalanceo o desalineamiento.

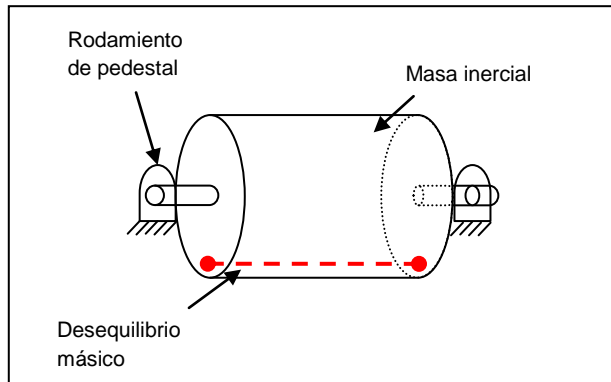
Los rodillos inerciales son los elementos dinámicos en el sistema de medición de potencia, de ellos depende la estabilidad del dinamómetro en lo referente a la vibración de la estructura. Como se puede observar los rodillos manejan una alta inercia y peso, y es altamente probable que se presente un alto desbalanceo de los mismos dado sus procesos de manufactura. Por tal razón se realiza un balanceo para obtener la menor oscilación posible en la máquina, ya que puede afectar su resistencia con el tiempo, generar daños por fatiga de sus elementos y también ocasionar daños y molestias en los alrededores de la máquina.

El proceso de balanceo de las dos masa inerciales consiste básicamente en dos pasos, el primero es un balanceo estático y luego el balanceo dinámico.

##### **4.8.1. Balanceo estático**

El balanceo estático es necesario para altos grados de desbalanceo y genera una aproximación muy cercana al balanceo ideal, de no hacerse este balanceo estático, el bastidor de la maquina donde se realizará el balanceo dinámico estará sometida a altos esfuerzos por vibración excesiva. Este proceso consiste en ubicar la masa inercial sobre cojinetes de baja fricción y luego hacer girar la masa de manera manual y detectar el punto de equilibrio estático, en la parte inferior de esta posición estará la mayor concentración de peso y se debe corregir este valor, como indica la figura 70, ya sea retirando masa o en su defecto adicionándole solidariamente masa al lado contrario, en este caso se decidió retirar material como se ve en la figura 71.

**Figura 70.** Esquema de rodillo inercial



**Fuente:** Autores

**Figura 71.** Procedimiento de balanceo mediante retiro de material



**Fuente:** Autores

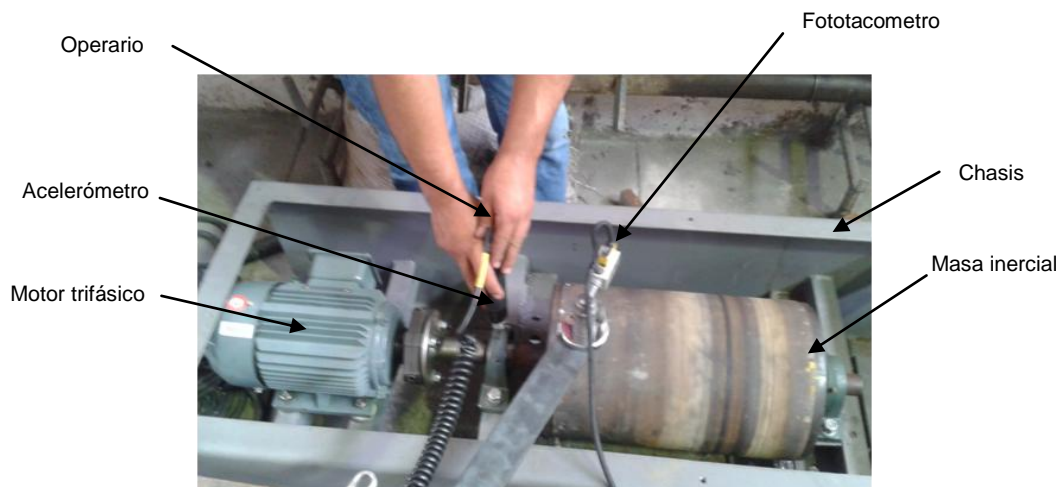
#### 4.8.2. Balanceo dinámico

Una vez realizado el balanceo estático, se procede a realizar el montaje de cada uno de las masas a balancear una a la vez. Se usará un motor acoplado directamente al eje de la masa, usando un acople elástico que mitigará efectos de desalineamiento. El motor es un motor eléctrico típico trifásico de 1,5 Kw de potencia y velocidad de giro 1760 rpm. El montaje se visualiza en la figura 72.

El chasis dispuesto para el balanceo dinámico debe fijarse rígidamente al piso para evitar lecturas erróneas en la vibración por ejemplo soldadura. Luego se procede a instalar el motor junto con la masa inercial, allí se debe cuidar que no exista ningún tipo de desalineamiento, para obtener únicamente lecturas de desbalanceo.

El balanceo dinámico básicamente se realiza con la medición de dos variables en los apoyos, que en este caso serán el desplazamiento máximo en micrómetros, y la fase o posición angular en grados de este desplazamiento. Dadas las dimensiones del rotor, este balanceo se realiza en dos planos.

**Figura 72.** Montaje de rodillo inercial en chasis de balanceo



**Fuente:** Autores

El equipo dedicado para el balanceo es un analizador de vibraciones CSI 2120 (Ver figura 73), el cual tiene dos sensores uno llamado foto tacómetro, de allí se derivan datos como la velocidad de giro del rotor y fase o ángulo del desbalanceo. Para poder medir esta variable es necesario colocar una cinta adhesiva reflectiva sobre el perímetro del rodillo a balancear, allí estará ubicado el punto de referencia de la posición angular. Este Fototacómetro debe estar sujeto firmemente para capturar de manera adecuada la señal (Ver figura 72).

**Figura73.** Analizador de vibraciones CSI



**Fuente:** Autores

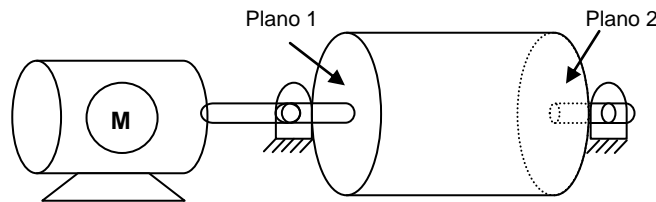
El otro tipo de sensor usado es un acelerómetro que permite adquirir datos acerca del desplazamiento máximo, este sensor es colocado en el apoyo o cojinete más cercano del plano del rodillo a analizar (Ver figura 72).

Una vez finalizado el montaje tanto del motor como de los sensores, se puede realizar el encendido del motor y una vez estabilizada la velocidad de régimen normal se realizan las mediciones respectivas.

El proceso de medición para la corrección del desbalanceo consiste en los siguientes pasos:

- a. Se enciende el motor y se realiza la medición de la vibración en desplazamiento y fase en el plano 1 del rodillo inercial, luego se procede a realizar la medición en el plano 2 y después se apaga el motor.

**Figura 74.** Acople del rodillo inercial con el motor eléctrico



**Fuente:** Autores

- b. Se ubica una masa de prueba o de excitación conocida en el plano 1, en un ángulo conocido con respecto a la referencia en este caso  $0^\circ$ , esta masa ha sido previamente pesada en una pequeña balanza de resolución en decimas de gramo, posteriormente se enciende el motor, y una vez estabilizado el rotor se realizan las mediciones del paso anterior en los planos 1 y 2.
- c. Se retira la masa de prueba del plano 1 y se ubica a un ángulo distinto en el plano 2, después se repite el paso 1.
- d. Una vez finalizada la toma de datos, estos se registran en una hoja de cálculo basada en cálculos vectoriales, con la cual se logra calcular la masa de corrección a retirar, en la posición indicada.

Este proceso se aplica a cada rodillo por aparte, es iterativo y se realiza hasta que la calidad del balanceo de cada uno de ellos sea la adecuada, en este caso solo requirió realizar el proceso una vez para cada rodillo y los resultados se presentan en las tablas 48 y 49 de la siguiente sección.

#### 4.8.2.1. Rodillo 1

Se realizan los pasos anteriores en el rodillo #1, para determinar la masa de corrección. Luego de la corrección se realizan lecturas en el rodillo para determinar la calidad del desbalanceo.

**Tabla 48.** Datos de balanceo rodillo #1

ESTADO INICIAL						
Plano de excitación	Vectores de excitación		Vibración inicial medida			
	Masa [gr]	Posición angular [°]	Plano 1		Plano 2	
			Amplitud [ $\mu\text{m}$ ]	Fase [°]	Amplitud [ $\mu\text{m}$ ]	Fase [°]
-----	-----	-----	65	71	77	47
1	36.5	0	63	96	56	77
2	36.5	90	53	49	58	25
CORRECCION			ESTADO FINAL			
Plano de corrección	Masa de corrección	Posición angular	Plano 1		Plano 2	
			Amplitud	Fase	Amplitud	Fase
1	18.3	91.4	11.2	37	8	357
2	74.5	33.9	<b><i>n [rpm]</i></b>	<b>1760</b>	<b>Grado balanceo</b>	<b>2.5</b>

**Fuente:** Autores

En este caso la calidad del desbalanceo se calcula con el doble de la amplitud máxima de la vibración en desplazamiento y la velocidad de rotación a la cual se realizó el balanceo, que en este caso fue 1760 rpm, concluyendo una calidad de G-2.5 según la norma ISO 1940 (Ver figura 52 del Anexo I).

#### 4.8.2.2. Rodillo 2

Se realizan los pasos anteriores en el rodillo 2, para determinar la masa de corrección. Luego de la corrección se realizan lecturas en el rodillo para determinar la calidad del desbalanceo.

**Tabla 49.** Datos de balanceo rodillo #2

ESTADO INICIAL						
Plano de excitación	Vectores de excitación		Vibración inicial medida			
	Masa [gr]	Posición angular [°]	Plano 1		Plano 2	
			Amplitud [ $\mu\text{m}$ ]	Fase [°]	Amplitud [ $\mu\text{m}$ ]	Fase [°]
-----	-----	-----	48.8	306	28	359
1	8.1	0	49	298	27.2	4
2	8.1	90	52.2	301	26.1	350
CORRECCION			ESTADO FINAL			
Plano de corrección	Masa de corrección	Posición angular	Plano 1		Plano 2	
			Amplitud	Fase	Amplitud	Fase
1	49.9	202	11.6	314	10	60
2	70.2	12	<b><i>n [rpm]</i></b>	<b>1760</b>	<b>Grado balanceo</b>	<b>2.5</b>

**Fuente:** Autores

En este caso la calidad del desbalanceo es de G-2.5 según la norma ISO 1940 (Ver figura 52 del Anexo I).

#### 4.8.2.3. Resultado

Se dejan así los rodillos con un balanceo de grado 2.5 según la ISO 1940, categorizándolos en el mismo nivel de afinación que otros tipos de máquinas como turbinas, generadores, armaduras de motores eléctricos y maquinas herramientas.

## **4.9. DISEÑO ELECTRÓNICO**

### **4.9.1. Requerimientos**

Según los requerimientos de la norma SAE J1349, numeral 9.1.6 (Anexo J), es necesario medir las siguientes condiciones ambientales:

- Humedad relativa
- Presión barométrica
- Temperatura ambiente
- Velocidad del viento

**Nota:** La velocidad del viento no se medirá debido a que la norma SAE J1349 en el numeral 9.1.6 sugiere una velocidad del viento inferior a 7 m/s y la maquina se instalara en un entorno cerrado.

Para realizar la medición de potencia se deben medir:

- Rango de RPM de los rodillos del dinamómetro
- Rango de RPM del motor de la motocicleta
- Peso del vehículo

### **4.9.2. Diseño de la tarjeta electrónica**

#### **4.9.2.1. Humedad relativa**

Para llevar a cabo la medición de esta variable se empleara un sensor que usa el principio de celda capacitiva (cambia su capacitancia con la humedad relativa). Se seleccionó el sensor HIH-4000 series del fabricante Honeywell debido a que entrega una señal lineal de voltaje vs humedad relativa y no será necesario amplificar el voltaje de salida. (Ver anexo K).

Sus características principales se pueden ver en la tabla 50.

**Tabla 50.** Características sensor de humedad relativa

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Rango de humedad relativa	0-100	%
Voltaje de salida	0.7 - 4.0	Vdc
Voltaje de alimentación	4.0 – 5.8	Vdc
Función de transferencia	$V_{out} = V_{supply} (0.0062(Sensor RH) + 0.16)$	

**Fuente.** Autores

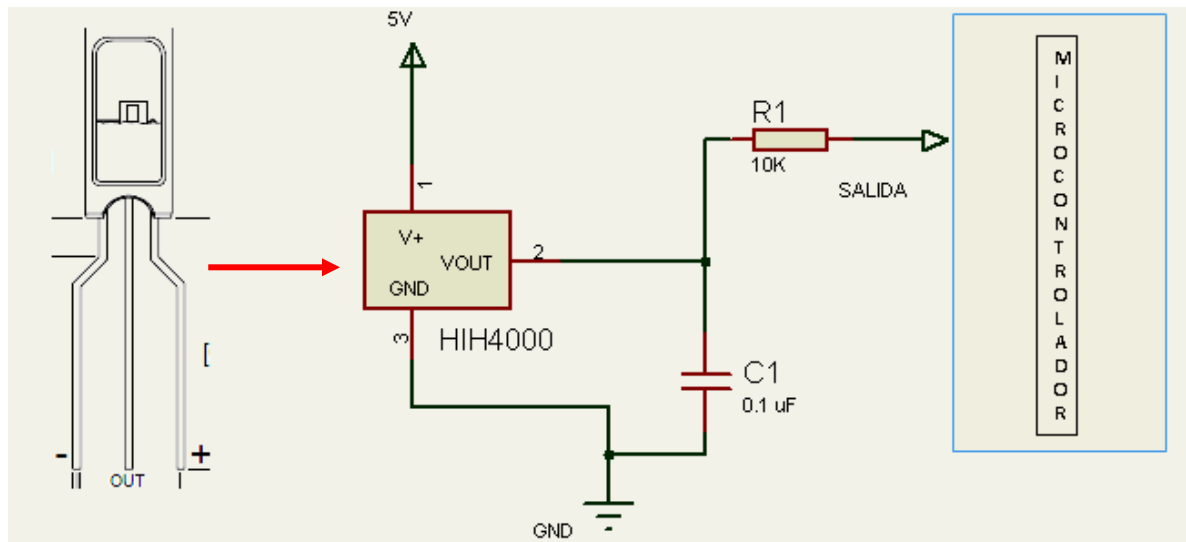
Dónde:  $V_{out}$  = Voltaje de salida del sensor (Voltios)

$V_{supply}$  = Voltaje de alimentacion (5V)

$Sensor RH$  = Humedad relativa (%)

El esquema de la conexión del sensor se puede ver en la figura 75. La resistencia R1 de 10 kΩ usada para la protección del microcontrolador y el capacitor cerámico C1 de 0.1 uF usado para amortiguar las variaciones de la señal y hacer estable la medición.

**Figura 75.** Esquema de la conexión del sensor de humedad relativa



**Fuente.** Autores

#### 4.9.2.2. Presión barométrica

Para la adquisición de la presión barométrica se usara un sensor encapsulado MPX4115AP del fabricante freescale semiconductor que mide presión absoluta. La señal de voltaje que entrega este sensor vs la presión barométrica es lineal y no será necesario amplificar el voltaje de salida. Las características principales de este sensor se pueden ver a continuación. (Ver anexo L).

**Tabla 51.** Características del sensor de presión barométrica

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Rango de presión	15 - 115	kPa
Voltaje de salida	0 - 5	Vdc
Voltaje de alimentación	4.85 - 5.35	Vdc
Función de transferencia	$V_{out} = V_{supply} (0.009 * P - 0.95)$	

**Fuente.** Autores

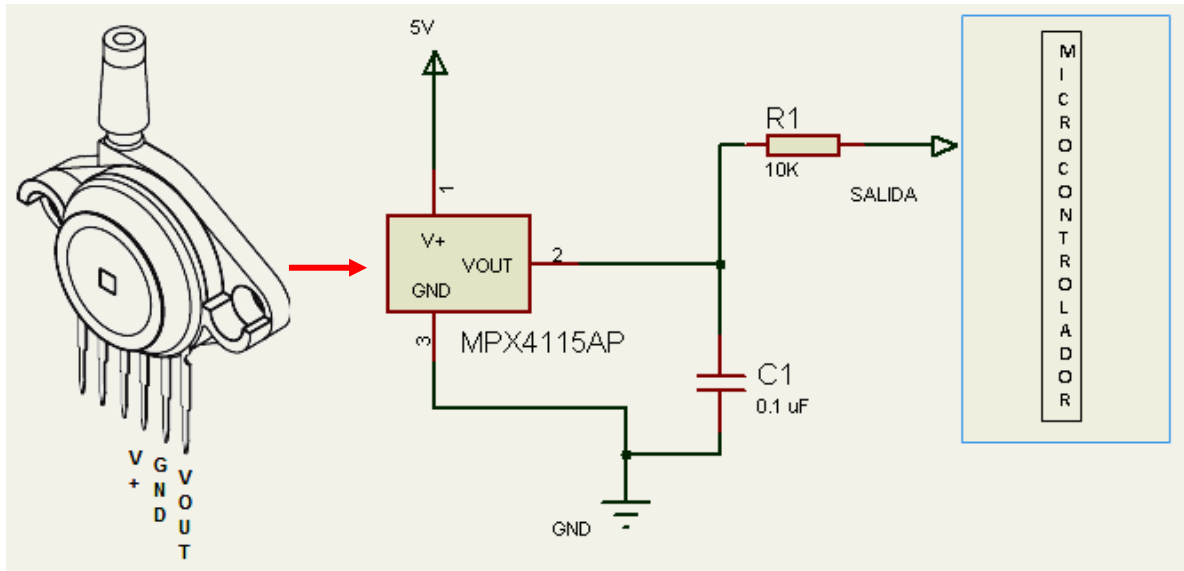
Dónde:  $V_{out}$  = Voltaje de salida del sensor (Voltios)

$V_{supply}$  = Voltaje de alimentacion (5V)

$P$  = Presion barometrica (Kilopascales)

El esquema de la conexión del sensor se puede ver en la figura 76. En la conexión la resistencia R1 de 10 kΩ usada como resistencia de protección del microcontrolador y el capacitor cerámico C1 de 0.1 uF usado para amortiguar las variaciones de la señal y hacer más estable la medición.

**Figura 76.** Esquema de la conexión del sensor de presión barométrica



**Fuente.** Autores

#### 4.9.2.3. Temperatura ambiente

Para la medición de esta variable se usara el sensor encapsulado LM35CZ que entrega una señal lineal de voltaje vs temperatura y no será necesario amplificar el voltaje de salida del sensor. (Ver anexo M).

Las características principales de este sensor se pueden ver en la tabla 52.

**Tabla 52.** Características del sensor de temperatura ambiente

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Rango de temperatura	-40 - 110	kPa
Voltaje de salida	10	mV/°C
Voltaje de alimentación	+35 – -0.2	Vdc
Función de transferencia	$V_{out} = 0.01 * T_{amb}$	

**Fuente.** Autores

Dónde:  $V_{out}$  = Voltaje de salida (Voltios)

$T_{amb}$  = Temperatura ambiente (Grados Celsius)



**Tabla 53.** Características de la celda de carga

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Corriente de salida	1 - 9	mA
Carga	0 - 1500	Kg
Voltaje de alimentación	12	Vdc

**Fuente.** Autores

Debido a que la salida de la celda de carga tiene un rango de 1 a 9 mA, se requiere convertir esta señal a voltaje para que pueda ser leída por el microcontrolador, para tal fin se usara una resistencia y en base a la ley de ohm se medirá la diferencia de voltaje en la resistencia.

Como la salida varía entre 1 y 9 mA y el microcontrolador tiene un rango de medición de 0 a 5V se calculara la resistencia para que los valores de salida se encuentren en este rango. De acuerdo con la ley de ohm.

$$V = I * R$$

Para en voltaje máximo seria:

$$R = \frac{5 V}{0.009 A} = 555.6 \Omega$$

Este valor de resistencia se aproximara a  $500 \Omega$  dado que es una resistencia comercial y dará un margen de protección dado que el voltaje máximo será menos de 5 V .

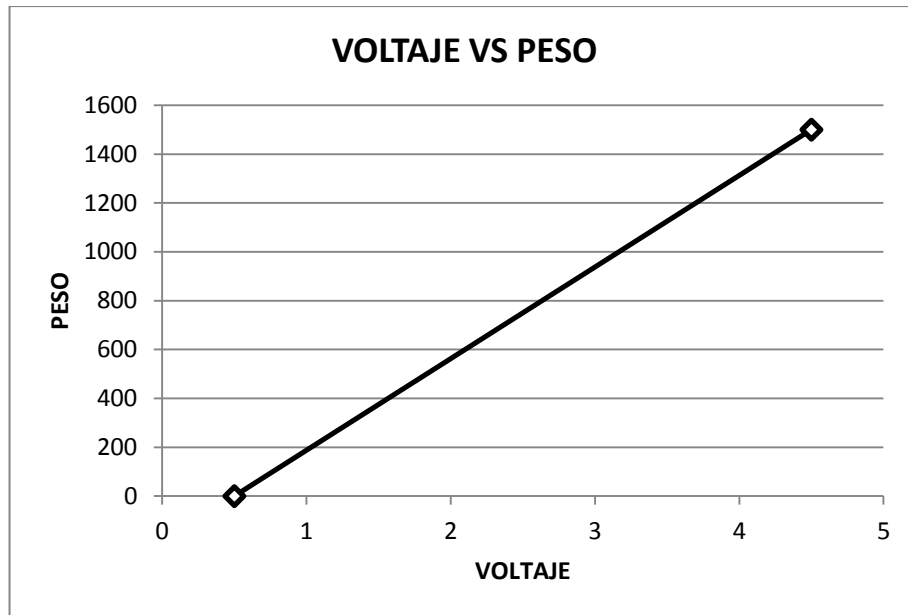
$$V_{maximo} = 0.009 A * 500 \Omega = 4.5 V$$

$$V_{minimo} = 0.001 A * 500 \Omega = 0.5 V$$

En la figura 78 se modelo el comportamiento de la señal en función del peso y se puede deducir la función de transferencia de los valores ya conocidos.

$$Pendiente = \frac{1500 - 0}{4.5 - 0.5} = 375 \frac{Kg}{V}$$

**Figura 78.** Voltaje VS peso para la celda de carga



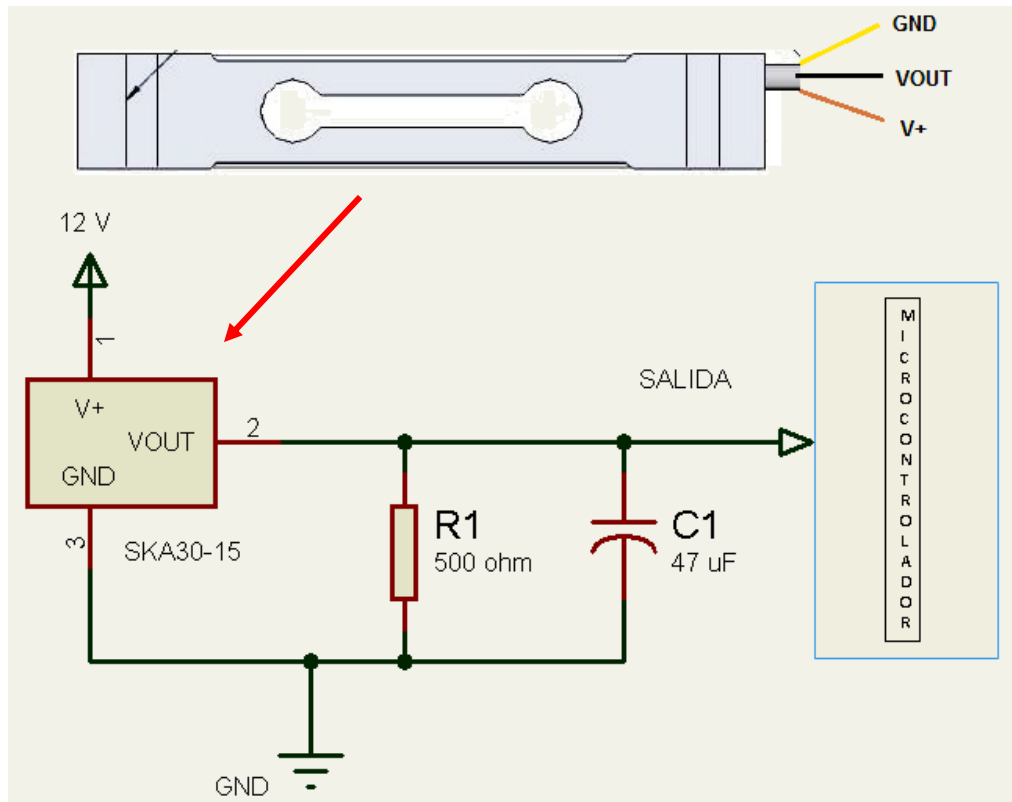
**Fuente.** Autores

Función de transferencia

$$Peso = 375 * (Voltaje - 0.5)$$

El esquema de la conexión de la celda de carga se puede ver en la figura 79, allí se la resistencia ya calculada R1 de 500  $\Omega$  y el capacitor C1 usado para estabilizar la señal.

**Figura 79.** Esquema de la configuración del circuito de la celda de carga



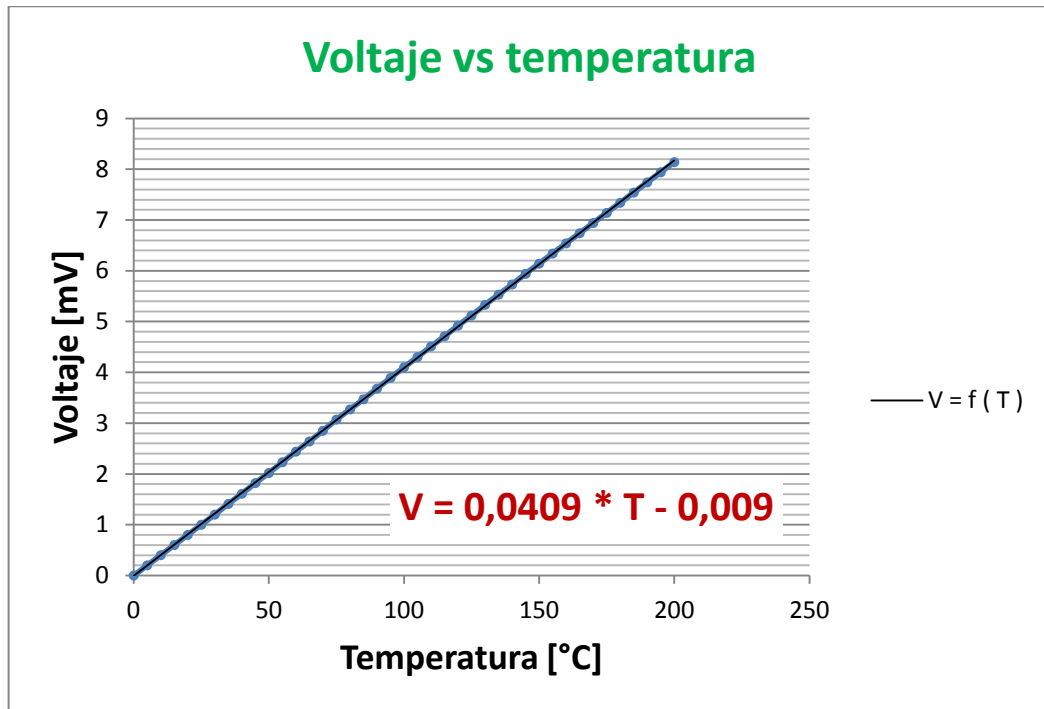
**Fuente.** Autores

#### 4.9.2.5. Temperatura del motor

Para la medición de esta variable se usara una Termocupla tipo K que entrega una señal lineal de voltaje vs temperatura, debido a su bajo nivel de voltaje esta variable no puede ser medida directamente por el microcontrolador y habrá que amplificarla.

La curva característica de voltaje vs temperatura se puede ver en la figura 80, esta curva fue trazada con incrementos de 5°C en la temperatura (Anexo N). Se halló la ecuación de primer orden de la recta para hallar el voltaje en función de la temperatura, es decir la función de transferencia.

**Figura 80.** Caracterización de la Termocupla



**Fuente.** Autores

Para amplificar esta señal se seleccionó un amplificador de instrumentación INA 122P del fabricante Burr Brown (Anexo O). En la figura 81 se puede ver la estructura interna del amplificador y la ecuación de la ganancia.

Para calcular la resistencia de ganancia se tomara la función de transferencia ya deducida y se hallara el voltaje que la termocupla arroja a una temperatura máxima de 300 °C.

$$V_{maximo} = 0.0409 * 300 - 0.009 = 12.26 [mV]$$

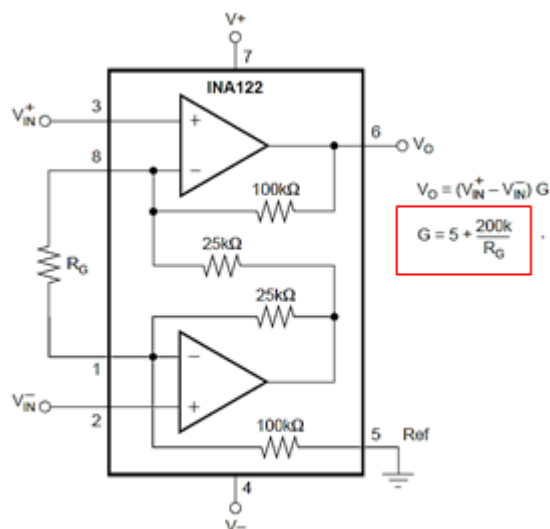
Este será el voltaje máximo que se obtendrá poniendo un límite de 300 °C lo cual es bastante razonable ya que el motor de una motocicleta nunca alcanzara temperaturas tan altas.

Al parecer lo más lógico es calcular la ganancia para que con este voltaje de entrada se obtengan cerca de 5 voltios a la salida del amplificador y así tener una buena resolución en la medición. Pero por pruebas realizadas se encontró que con *altas ganancias* la señal se vuelve inestable y ruidosa, por tal razón lo más conveniente es encontrar un valor de ganancia no tan alto que satisfaga las necesidades sacrificando un poco de resolución.

Por pruebas realizadas con diferentes valores de resistencia de ganancia se encontró que la ganancia con la cual la medición es estable y no tan ruidosa se obtiene con una resistencia de 2.2 kΩ, entonces la ganancia obtenida será.

$$Ganancia = 5 + \frac{200\text{ K}}{2.2\text{ K}} = 96$$

**Figura 81.** Estructura interna amplificador INA122P



**Fuente.** Datasheet INA122P Burr Brown

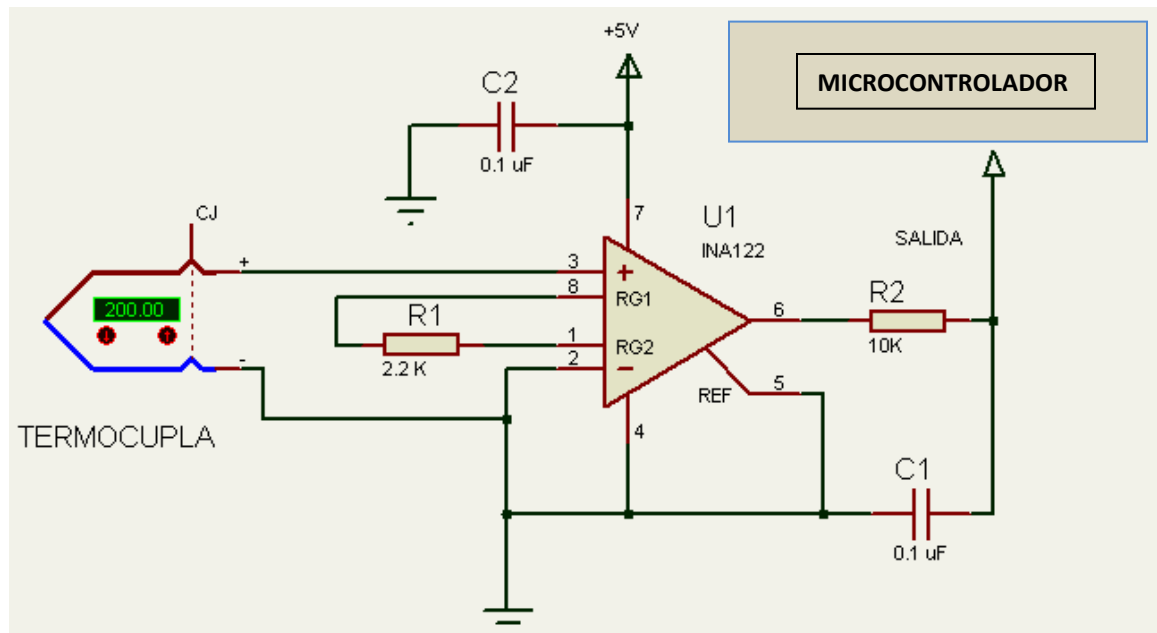
Como la señal fue amplificada, la señal de transferencia también es afectada, por lo tanto es necesario multiplicar la función de transferencia por la ganancia, como se calcula a continuación.

$$V_{out} = 96 * (0.0409 * T - 0.009)$$

$$V_{out} = 3.926 * T - 0.864$$

En el esquemático de la conexión de la figura 82 se puede ver la resistencia R1 de 2.2 kΩ la cual da la ganancia ya calculada, la resistencia R2 de 10 kΩ usada como resistencia de protección del microcontrolador, el capacitor cerámico C1 de 0.1 uF usado para amortiguar las variaciones de la señal y hacer más estable la medición y el capacitor C2 de 0.1 uF que elimina las pequeñas variaciones que puedan ocurrir en el voltaje de alimentación del amplificador.

**Figura 82.** Esquema de la conexión del sensor de temperatura ambiente



**Fuente.** Autores

**Nota importante sobre la temperatura del motor:** Esta variable se incluyó en la tarjeta electrónica para monitorear la temperatura del motor de la motocicleta, pero no será un alcance de este proyecto de grado (solamente se incluyó en el diseño de la tarjeta electrónica) debido a que la prueba toma pocos segundos y se refrigerara la motocicleta durante toda la prueba. Además el software desarrollado en matlab no muestra los datos adquiridos en tiempo real por lo tanto pierde sentido el monitoreo de esta variable debido a que se conocerán los valores de temperatura al finalizar la prueba, es decir no sería útil como variable de control para el operario. La medición de la temperatura del motor quedara implementada en la tarjeta electrónica para un futuro desarrollo de un software que muestre los datos en tiempo real.

#### **4.9.2.6. Encendido y apagado de los ventiladores de refrigeración.**

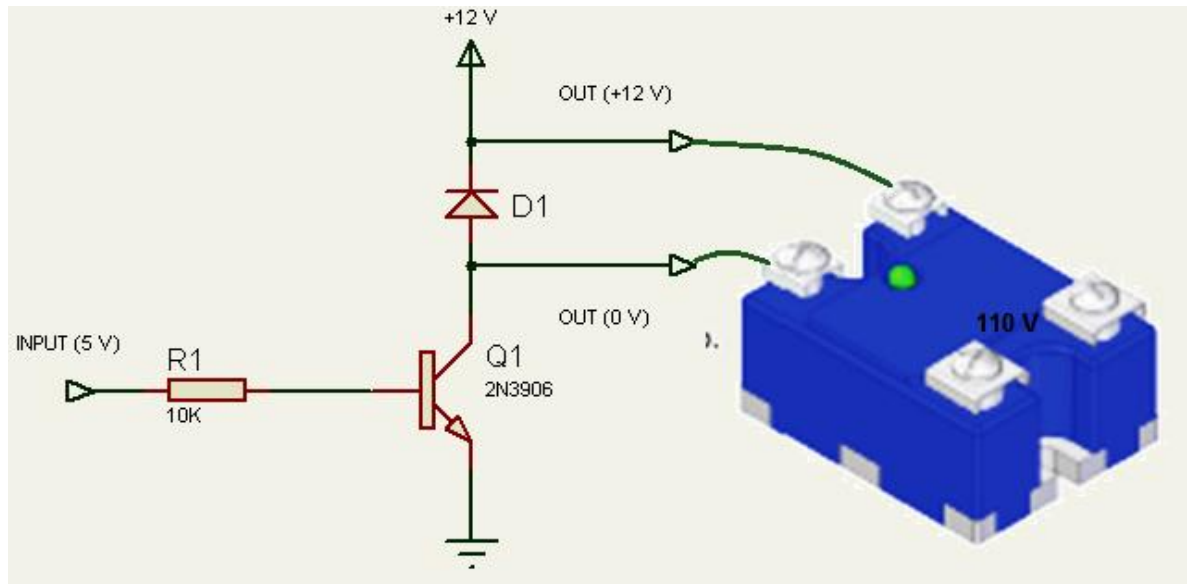
Debido a que se debe refrigerar el motor de la motocicleta por encontrarse estática, se requiere que los ventiladores centrífugos usados para tal fin se enciendan y apaguen automáticamente, para tal fin se usara un puerto digital del microcontrolador que se pondrá en alto o bajo (ON-OFF) dependiendo el requerimiento.

##### **a) Fase de potencia de 5V DC a 12V DC.**

Dado que el microcontrolador maneja baja potencia y no se le pueden exigir altas demandas de corriente, se tendrá una fase de potencia que pasara la señal digital a 12 v. Para tal fin se usa un transistor NPN 2N3906.

El esquema de la conexión de la fase de potencia (5 a 12 V) se ve en la figura 83.

**Figura 83.** Esquema de la fase de potencia de 5 a 12 V.



**Fuente.** Autores

En la figura 85 se observa la entrada del microcontrolador (0 o 5V), luego la resistencia R1 de 10 K $\Omega$  usada para bajar la demanda de corriente al microcontrolador, esta señal se conecta a la base del transistor, este por ser NPN dejara pasar corriente cuando en la base hayan +5V. El colector del transistor se conecta a +12V y al emisor GND, se colocó un diodo D1 entre los terminales de salida para evitar que cuando se conecten cargas como una bobina no hayan retornos de corriente.

#### **b) Fase de potencia de 12 V DC a 110V AC.**

Como los ventiladores a usar funcionan a 110 V AC es necesario realizar una última etapa de potencia.

Las especificaciones de los motores de los ventiladores tienen las especificaciones de la tabla 54.

**Tabla 54.** Especificaciones de los motores de los ventiladores

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Tensión de operación	110	V AC
Corriente	5.4	A
Velocidad de giro	3560	RPM

**Fuente.** Autores

Para pasar de los 12 V DC disponibles a los 110 V AC necesarios se usara un relay de estado sólido dado sus excelentes prestaciones, su alta confiabilidad al no contar con dispositivos mecánicos y su alta durabilidad a los ciclos repetitivos.

Teniendo en cuenta que se tienen dos motores se tendrá un voltaje de operación de 110 v y un consumo de corriente de 5,4 A.

$$I_{2\text{ motores}} = 5.4 * 2 = \mathbf{10.8 [A]}$$

El voltaje de control es de 12 V que provienen de la tarjeta electrónica. Con estas tres variables se seleccionara un relay de estado sólido adecuado para la aplicación.

Se seleccionó un relay de estado sólido del fabricante OPTEC (Anexo P) referencia TD48A15, cuyas características se ven en la tabla 55.

**Tabla 55.** Características del relay seleccionado.

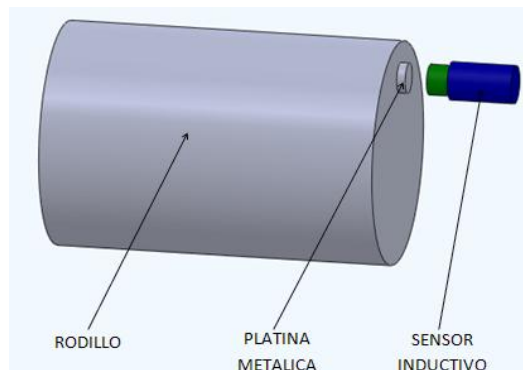
MODELOS MONOFASICOS DE CONTROL DC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VDC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I <sup>2</sup> .T Para Fusibles (Amp <sup>2</sup> .seg)
TD48A15	0.10-15	4-32	24-575	144
TD48A25	0.10-25	4-32	24-575	340

**Fuente.** Manual OPTEC versión 43, página 10.

#### 4.9.2.7. Revoluciones por minuto de los rodillos del dinamómetro.

Para la captura de las RPM's de los rodillos del dinamómetro se empleara un sensor inductivo que detectara el paso de metal de uno de los rodillos del dinamómetro. La configuración quedara como se muestra en la figura 84.

**Figura 84.** Configuración para el montaje del sensor inductivo



**Fuente.** Autores

Una platina metálica de mayor diámetro que el del sensor inductivo se soldo en uno de los rodillos para que el sensor detecte el paso de metal en ese punto, el sensor inductivo genera un pulso al pasar por la platina metálica, se calculara el tiempo entre pulsos para de esta forma obtener las RPM's del rodillo.

Las RPM's máximas que se tendrán en los rodillos son 3527 RPM según lo calculado anteriormente, por lo tanto se requiere que el sensor tenga una respuesta a la frecuencia de mínimo.

$$FR = 3527 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s} = 58.78 Hz$$

Se seleccionó el sensor inductivo PR18-5DP del fabricante autonics (Anexo Q), cuyas características principales se ven en la tabla 56.

**Tabla 56.** Características del sensor inductivo

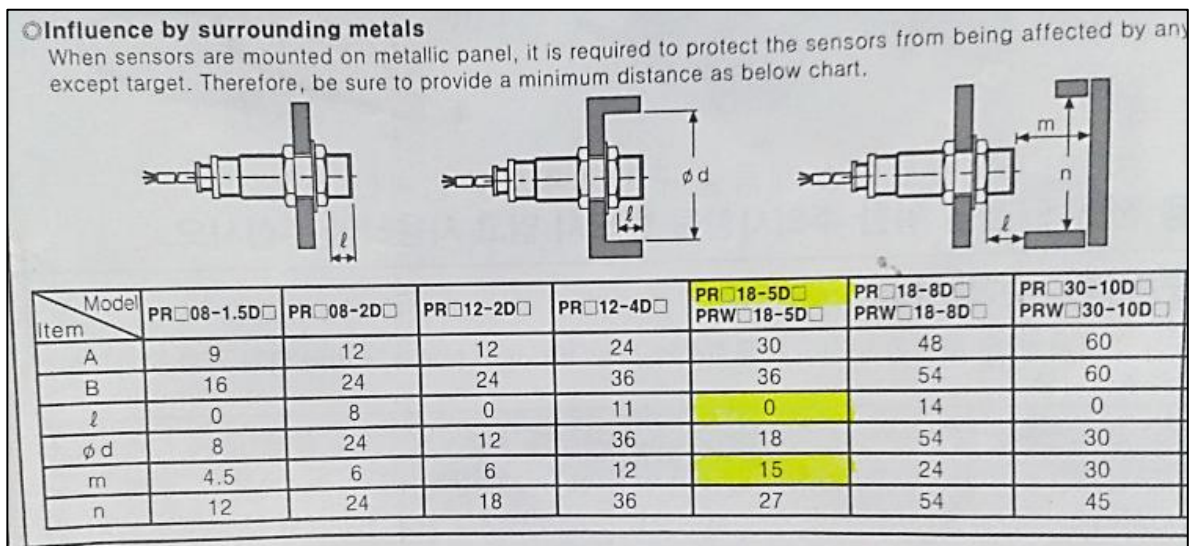
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Respuesta a la frecuencia	500	Hz
Voltaje de salida	0 - 30	V
Distancia máxima de censado	5	mm
Voltaje de alimentación	10 - 30	Vdc

**Fuente.** Autores

Hay que tener en cuenta algunas recomendaciones que especifica la hoja de datos sobre la instalacion del sensor dado que puede ser afectada la medicion por metales de alrededor. En la hoja de datos del sensor (figura 85) se especifican las distancias recomendadas para el montaje y asi obteber un correcto funcionamiento de este.

El sensor seleccionado tiene una distancia de sensado de 5 mm, +/- 10 %, es decir se debe garantizar que la punta del sensor no este alejada mas de 4.5 mm del objetivo metalico. La hoja de datos se puede ver en el anexo Q .

**Figura 85.** Influencia de los metales de alrededor en el sensor inductivo



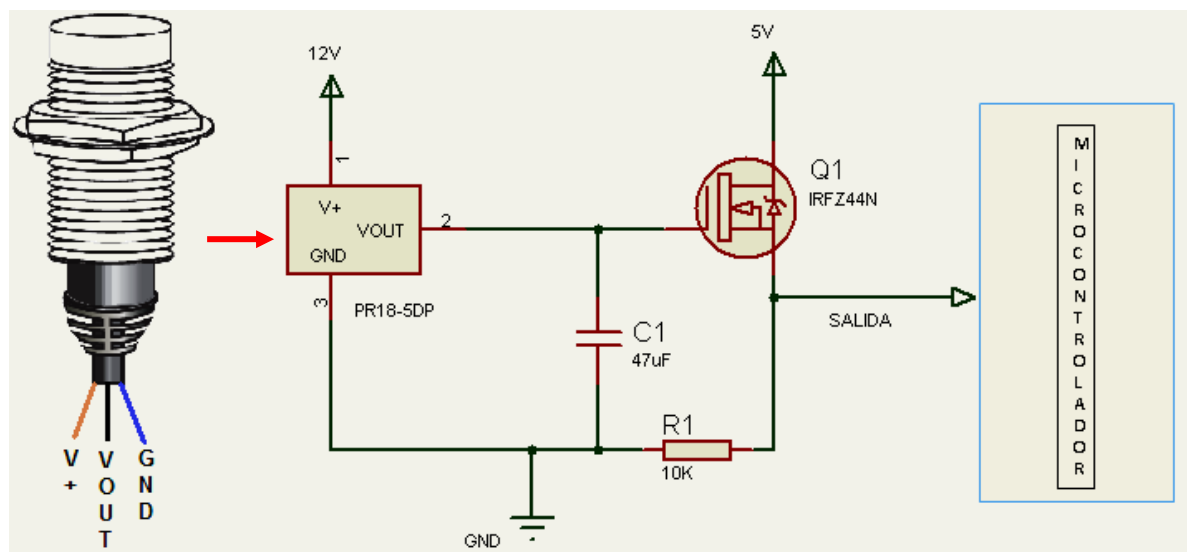
**Fuente.** Catalogo autonics, sensores inductivos

Debido a que el objetivo metalico que detectara el sensor va montado en una superficie metalica se puede llegar a tener influencia de esta, por lo cual se debe cumplir una separacion minima  $m=15$  mm entre el sensor y dicha superficie metalica (figura 85), de modo que solo se sense el objetivo metalico y no la superficie donde ira montado. Ademas se debe tener cuidado con la tuerca de sujeccion, para el sensor seleccionado la distancia recomendada entre la tuerca y la punta del sensor es  $l=0$  mm, ello debido a que el diseño de este viene con carcasa metalica.

Como los pulsos que envía este sensor dependerán del voltaje de alimentación el cual será de 12 voltios y el microcontrolador opera solo de 0 a 5 voltios, será necesario bajar esta tensión, para ello se usó un transistor mosfet IRFZ44N (Q1) el cual será polarizado con los 12V del sensor y alimentado a 5V para que su voltaje de salida sea de 0 y 5V. Se colocara una resistencia (R1) de 10 kΩ para que posibles corrientes parasitas se vayan hacia GND.

La conexión del sensor se puede ver en la Figura 86.

**Figura 86.** Conexión sensor de RPM's del rodillo



**Fuente.** Autores

#### 4.9.2.8. Revoluciones por minuto del motor de la motocicleta.

La medición de esta variable de forma directa se torna compleja debido a que el cigüeñal del motor de una motocicleta se encuentra sellado por la carcasa del motor y para lograr acceder a este habría que desarmar parte del motor, lo que lo convertiría en un método invasivo y dejaría el motor no funcional para la prueba.

Se realizaron pruebas con tres tecnologías de sensores diferentes.

- Sensor de vibraciones ubicado en el chasis de la motocicleta: Para este sensor se observó que logra capturar las RPM correctamente pero el tiempo de respuesta es demasiado lento.

- Sensor de presión sonora ubicado en el tubo de escape: No se obtuvieron buenos resultados debido a que los cambios de presión en la salida del tubo de escape son muy leves debido a que el silenciador atenúa los picos de presión generados por las explosiones del motor.

- Sensor de inducción electromagnética: Consiste en un sensor que logra capturar los pulsos enviados a la bujía los cuales van relacionados con las revoluciones del motor. Este sensor fue el seleccionado debido a que tiene una respuesta muy rápida y una señal que concuerda con la variable medida.

Las RPM's máximas que puede alcanzar una motocicleta de mediana potencia se estiman en 12.000 RPM, por lo tanto se requiere que el sensor tenga una respuesta a la frecuencia mínima de:

$$FR = 12000 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s} = \mathbf{200 Hz}$$

Para ello se usó una pinza inductiva DA-3100 N°1 del fabricante trisco. No se dispone de las principales características de este sensor, pero se espera que logre

responder correctamente a las exigencias de la medición debido a que es usada para tales fines. Se puede ver el sensor usado en la figura 87.

**Figura 87.** Pinza inductiva



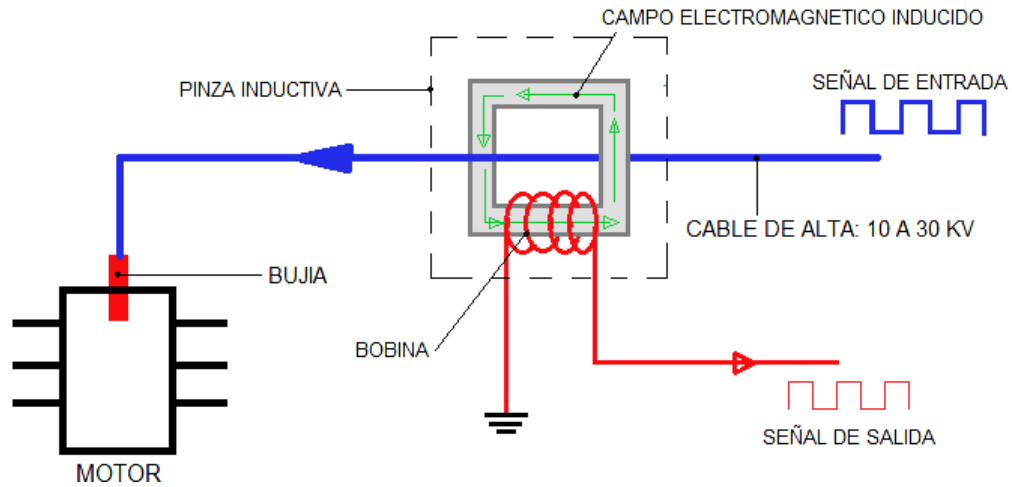
**Fuente.** Autores

Este sensor se conecta al cable de alta de la bujía de la motocicleta y por efecto de inducción electromagnética debido a que la corriente cambia en el tiempo se genera un pulso a la salida del sensor que concuerda con los pulsos enviados a la bujía, se calcula el tiempo entre pulsos y de esta forma se podrán saber las RPM's del motor de la motocicleta. La explicación de tal fenómeno electromagnético se ve en la figura 88.

Debido a que los pulsos que envía la pinza inductiva son muy débiles será necesario amplificarlos y rectificarlos.

En la figura 89 se puede ver la conexión del sensor de RPM's del motor.

**Figura 88.** Inducción electromagnética

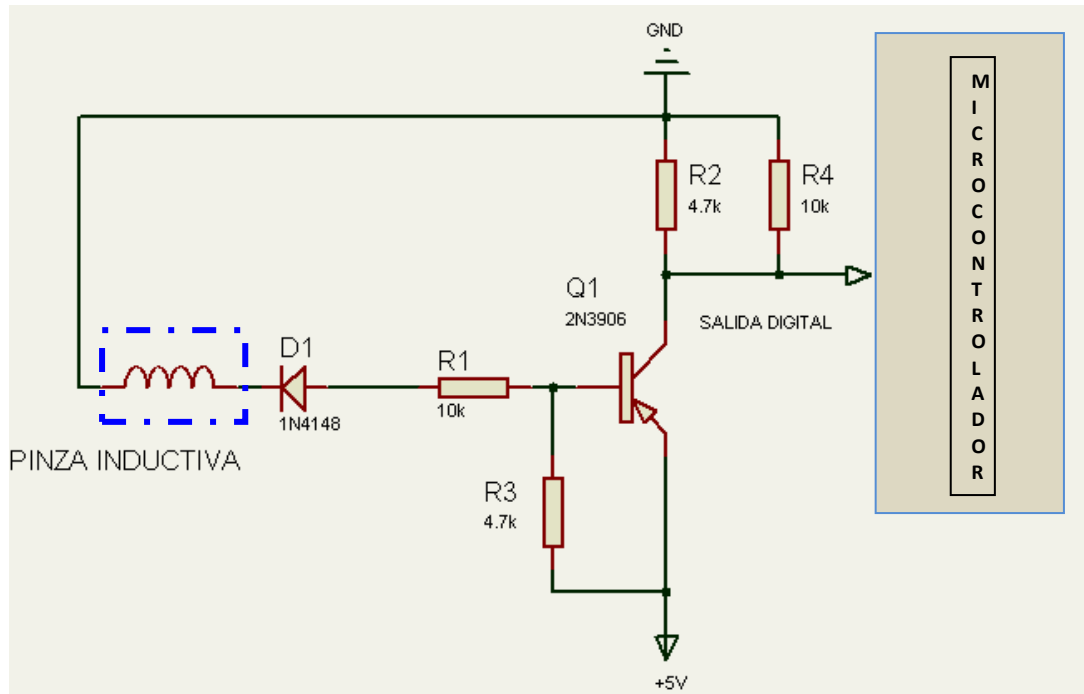


**Fuente.** Autores

A la entrada se usará un diodo 1N4148 (D1) de alta velocidad de conmutación, que en sus especificaciones declara una velocidad de conmutación máxima de 4ns, lo que equivaldría a 250 GHz el cual cumple con los requerimientos. Este se usará como regulador de tensión, es decir mantendrá la tensión casi constante aun cuando la corriente sufra cambios, seguido de este se tiene una resistencia de 10 K $\Omega$  (R1) como protección del circuito debido a que se pueden llegar a presentar picos repentinos (Ver figura 89).

Luego se tiene un diodo PNP 2N3906 usado como seguidor de la señal que entrega el diodo de conmutación rápida, la base del transistor es alimentada con el terminal negativo del diodo, el emisor se conectará a +5V y el colector a GND. La salida digital se une a tierra por medio de una resistencia de 10 K $\Omega$  para eliminar posibles corrientes parasitas. Se conecta un resistor de carga de 4.7 K $\Omega$  en el colector de modo que cuando la base del transistor se polarice este conduce la máxima corriente que le permite el resistor. Se ubica otra resistencia (R3) de 4.7 K $\Omega$  entre la base y el emisor para garantizar que cuando no haya señal en la base del transistor hayan 5 voltios y por ende este totalmente abierto al ser de tipo PNP.

**Figura 89.** Conexión sensor de RPM's del motor



**Fuente.** Autores

#### **4.9.3. Requerimientos generales del microcontrolador.**

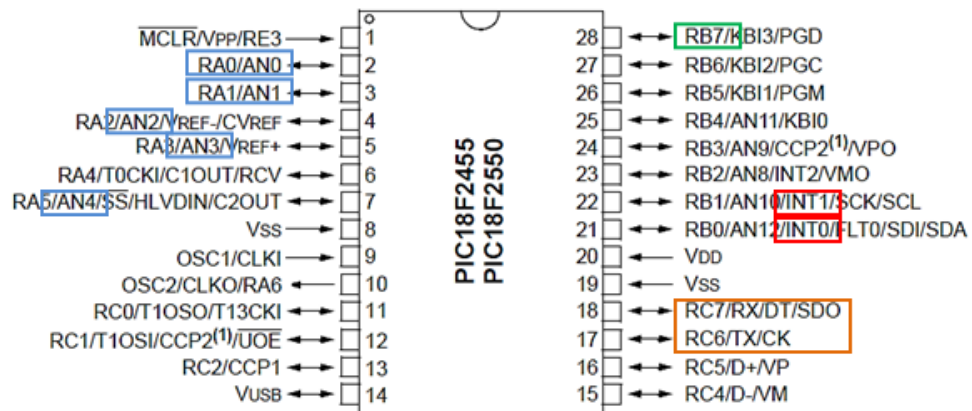
La tarjeta electrónica se desarrollara usando un microcontrolador PIC del fabricante Microchip. Se empleara este microcontrolador debido a su bajo costo, versatilidad, fácil acceso y experiencia en el uso de estos. Los requerimientos para la selección del microcontrolador son los siguientes.

- Frecuencia de muestreo de mínimo 10 Hz (SAE J1349, numeral 9.2.2)
- Mínimo 5 conversores análogo digital para los sensores de:
  - Humedad relativa
  - Presión barométrica
  - Temperatura ambiente
  - Peso del vehículo
  - Temperatura del motor

- Mínimo dos interrupciones externas para los sensores de:
  - RPM's de los rodillos del dinamómetro
  - RPM's del motor de la motocicleta
- Mínimo 3 temporizadores internos para:
  - Calcular el tiempo entre pulsos del sensor de RPM's del motor
  - Calcular el tiempo entre pulsos del sensor de RPM's del motor de la motocicleta
  - Condicionar la frecuencia de muestreo del PIC a un tiempo definido
- Un puerto digital para encender y apagar los ventiladores que enfrían el motor de la motocicleta.
- Comunicación RS232
- Voltaje de alimentación de 5V





EL microcontrolador seleccionado para la aplicación es el PIC18F2550 del fabricante Microchip (Anexo R) que cumple todos los requerimientos. El diagrama del microcontrolador se ve en la figura 90 y la descripción de este en la tabla 57.

**Figura 90.** Periféricos del microcontrolador seleccionado



**Fuente.** Autores

**Tabla 57.** Requerimientos del microcontrolador

ITEM	COLOR
5 conversores análogos	
2 interrupciones externas	
Comunicación RS232	
1 puerto digital	

**Fuente.** Autores

#### **4.9.4. Programación del microcontrolado**

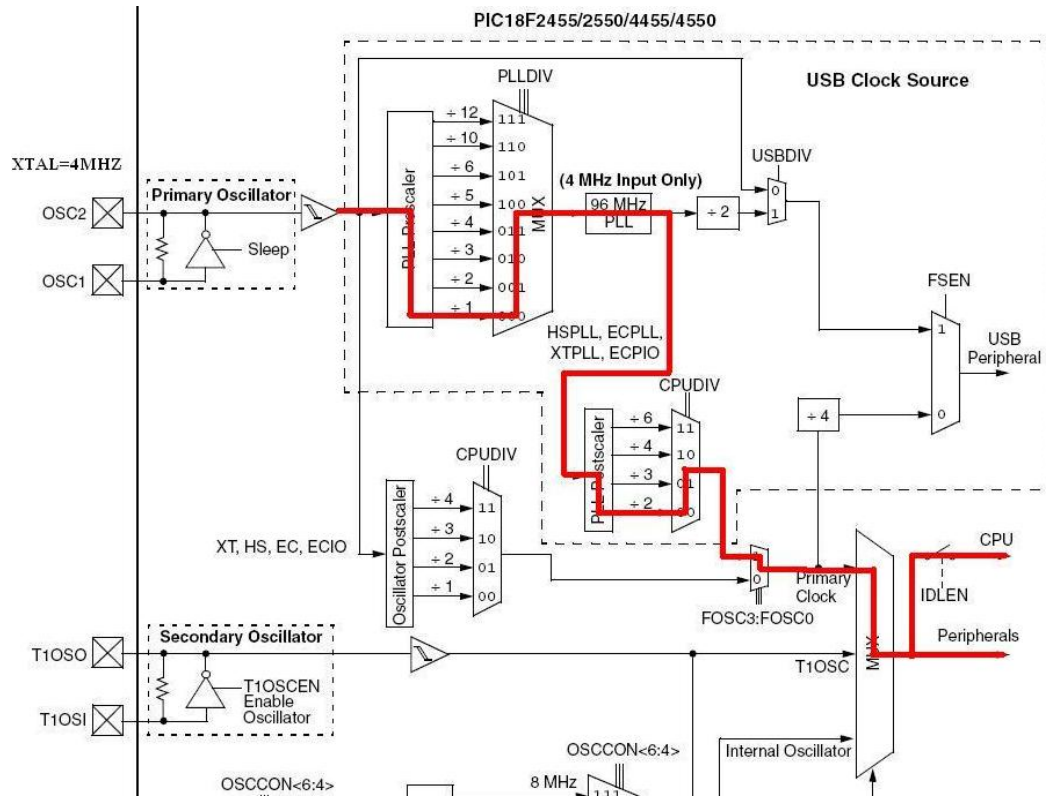
##### **4.9.4.1. Configuración general.**

La configuración detallada del microcontrolador se explica más ampliamente en el anexo R, aquí solo se mencionara lo más relevante.

##### **a. Frecuencia del oscilador.**

Este microcontrolador puede trabajar a un máximo de 48 MHz a partir de un oscilador externo de 4MHz, configurándolo como se ve en la figura 91.

**Figura 91.** Configuración del oscilador del microcontrolador



**Fuente.** [http://picmania.garcia-cuervo.net/invitados\\_primer18f4550.php](http://picmania.garcia-cuervo.net/invitados_primer18f4550.php)

Para lograr que el PIC funcione de la manera ya indicada se deben configurar sus fuses correctamente. Los fuses sirven para configurar ciertos aspectos del microcontrolador y cada fuse activa o desactiva una opción de funcionamiento. La descripción detallada de dicha configuración se puede ver en el anexo U (Código del microcontrolador).

**b. Tiempo de ciclo del microcontrolador.**

Partiendo de que la frecuencia de oscilación del microcontrolador es 48 MHz, se puede calcular el tiempo que tarda un ciclo de máquina.

Debido a la arquitectura de la familia de microcontroladores PIC18F se sabe que realizar una instrucción toma cuatro ciclos del clock (48 MHz), entonces la frecuencia de trabajo del microcontrolador será:

$$Frecuencia_{trabajo} = \frac{48 \text{ MHz}}{4} = 12 \text{ MHz}$$

El tiempo de ciclo del microcontrolador será el inverso de la frecuencia de trabajo del microcontrolador.

$$Tiempo_{ciclo} = \frac{1}{12 \text{ MHz}} = 83.33 \times 10^{-9} [\text{S}] = \mathbf{83.33 \text{ nS}}$$

### **c. Frecuencia de muestreo.**

Para tener una frecuencia de muestreo constante que no dependa de las líneas de código que se estén ejecutando, se debe usar un timer que se interrumpa (cuenta el tiempo de muestreo y se reinicie) cada vez que se cumpla el ciclo de muestreo.

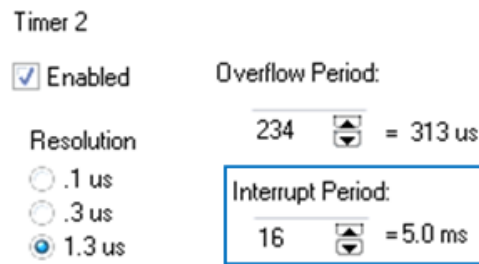
Partiendo de una frecuencia de muestreo de 200 Hz que es la frecuencia de la señal de las RPM máximas del motor se configura el timer con la ayuda del compilador CCS para que logre realizar esta función.

El tiempo de desbordamiento del timer de muestreo será.

$$T_{desbordamiento \ timer \ muestreo} = \frac{1}{200 \text{ Hz}} = 5 \times 10^{-3} [\text{S}] = \mathbf{5 \text{ [mS]}}$$

Se configurara el timer para que se interrumpa en la mitad del tiempo del ciclo de muestreo y se usara un contador para cuando ocurran dos interrupciones del timer, se tome un ciclo de muestreo. La configuración del timer queda como se ve en la figura 92.

**Figura 92.** Configuración del timer de muestreo



**Fuente.** Autores

El fragmento de código generado por el compilador es:

```
setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,234,8);
```

#### 4.9.4.2. Rutinas de medición

Vale aclarar que el código final (Anexo U) se dividió convenientemente en secciones o rutinas para que solo se ejecute la porción de código necesaria aliviándole carga al microprocesador, estas rutinas son (Tabla 58).

**Tabla 58.** Rutinas programadas en el microprocesador

RUTINA	VARIABLES SENSADAS
Toma de peso	Peso del vehículo
Toma de condiciones ambientales	Humedad relativa
	Temperatura ambiente
	Presión barométrica
Medición de potencia	RPM de los rodillos
	RPM del motor

**Fuente.** Autores

Estas rutinas se programaron de acuerdo al proceso de medición, siendo así primero se toma el peso del vehículo, luego las condiciones ambientales y por último se realiza la medición de potencia.

#### **a. Rutina para la toma de peso**

Ya habiendo realizado la conversión a voltaje, de la función de transferencia deducida anteriormente se obtiene el valor del peso.

$$**Peso = 375 * (Voltaje - 0.5)**$$

El valor de 0,5 que se resta al voltaje sale de la conversión de la corriente mínima de 0.001 A multiplicada por la resistencia de 500  $\Omega$ , esto para la celda de carga en vacío, pero sobre ella se encuentra montada una plataforma metálica que hace variar este valor, es decir inicialmente la báscula no marcara cero sin carga. Por lo tanto es necesario hacer un auto cero de la báscula que garantice que el valor medido será el real.

Para tal fin se tomaran 600 lecturas de la conversión digital con la báscula en vacío y se promediara dicho valor, este valor se almacenara y posteriormente será restado en la función de transferencia para obtener el auto cero. Quedando la función de transferencia de la siguiente manera.

$$**Peso = 375 * (Voltaje - Autocero)**$$

El valor de esta variable será enviado por el puerto serie hacia el computador para ser procesado y mostrado en el software.

Esta rutina se ejecutara cada vez que llegue el comando “1” al microcontrolador.

## **b. Rutina para la toma de condiciones ambientales**

Los conversores análogos del microcontrolador son de 10 bits (0 a 1023), por lo tanto para hacer la conversión de bits a voltaje se tiene la siguiente función.

$$\text{Voltaje [Volts]} = \text{Valor de la conversión [bits]} * \frac{5}{1023}$$

- **Humedad relativa**

Ya habiendo realizado la conversión a voltaje, de la función de transferencia se despeja la variable de la humedad relativa para obtener su valor.

$$\text{Sensor RH [\%]} = \frac{V_{out} - V_{supply} * 0.16}{V_{supply} * 0.0062}$$

El valor de esta variable será enviado por el puerto serie hacia el computador para ser procesado y mostrado en el software.

- **Presión barométrica**

Ya habiendo realizado la conversión a voltaje, de la función de transferencia se despeja la variable de presión barométrica para obtener su valor.

$$\text{Presion [KPa]} = \frac{V_{out} + V_{supply} * 0.95}{V_{supply} * 0.009}$$

El valor de esta variable será enviado por el puerto serie hacia el computador para ser procesado y mostrado en el software.

- **Temperatura ambiente**

Ya habiendo realizado la conversión a voltaje, de la función de transferencia se despeja la variable de temperatura ambiente para obtener su valor.

$$T_{amb} [^{\circ}C] = 100 * V_{out}$$

El valor de esta variable será enviado por el puerto serie hacia el computador para ser procesado y mostrado en el software.

Esta rutina se ejecutara cada vez que llegue el comando “2” al microcontrolador.

### **c. Rutina de medición de potencia**

- **Configuración de las interrupciones externas y timers.**

Para lograr la medición de las RPM de los rodillos inerciales y las RPM del motor el microcontrolador debe detectar cada uno de los pulsos enviados por los sensores y calcular el tiempo entre pulso y pulso. Para tal fin se usaran las interrupciones externas debido a su especial cualidad de no dejar escapar ningún pulso que llegue así se esté ejecutando una línea de código diferente, esta se interrumpirá en este punto, atenderá la interrupción y luego continuara ejecutándose la secuencia en donde se encontraba.

Para calcular el tiempo entre pulso y pulso se debe usar un **timer** (contador de tiempo) que se reinicie cada vez que llegue un nuevo pulso.

Los timer del microcontrolador seleccionados son de 16 bits, por lo tanto cuando se “llenen” los 16 bits el timer se desbordara, es decir se reiniciara, por lo tanto se debe contar cuantas veces se desborda el timer y multiplicar este valor por el tiempo de desbordamiento.

El tiempo de desbordamiento del taimer se calcula a partir del tiempo de ciclo y los bits del timer.

$$\mathbf{T_{iempo\ desbordamiento\ timer} = 2^{16} * 83.33x10^{-9} = 0.0054613\ S = 5.4613\ mS}$$

Cada vez que llegue un pulso a la interrupción se ejecutara una línea de código que capturara las veces que el timer se desbordo y el conteo actual de dicho timer. El tiempo transcurrido se calcula así:

$$\mathbf{T_{entre\ pulsos} = Desbordamientos * T_{desbordamiento} + Conteo\ actual\ timer * T_{ciclo}}$$

De esta forma se logra calcular el tiempo entre pulso y pulso tanto para la señal de las RPM del motor y las RPM de los rodillos del dinamómetro.

Remplazando los valores ya calculados (tiempo de desbordamiento y tiempo de ciclo) en la anterior ecuación se tendrá la función que se debe programar en el microcontrolador, sin embargo hay que hacer algunas configuraciones adicionales, estas están detalladas en el anexo x (Codigo del microcontrolador).

$$\mathbf{T_{entre\ pulsos} = (Desbordamientos * 5.4613x10^{-3} + Conteo\ actual\ timer * 83.33x10^{-9})\ [S]}$$

- **Revoluciones por minuto del motor y de los rodillos inerciales.**

Hay que aclarar que para el cálculo de las RPM del motor del vehículo y las RPM de los rodillos inerciales se deben usar timers e interrupciones independientes, debido a que las dos señales son totalmente independientes. Sin embargo el cálculo del tiempo entre pulsos y el cálculo de las RPM (motor y rodillos) son idénticos.

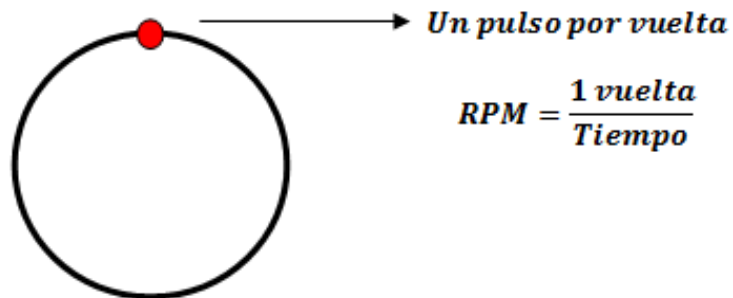
Las RPM tanto para los rodillos inerciales y el motor se calculan de la siguiente forma:

Se tendrá una resolución de una revolución, es decir habrá un pulso cada vez que los rodillos o el cigüeñal del motor den una vuelta.

Como en los rodillos solo existe un objetivo metálico a detectar (Figura 93).

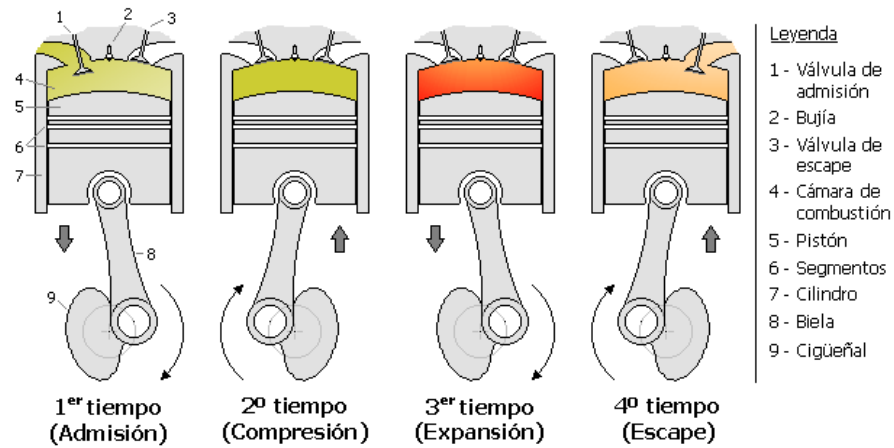
Para un motor de cuatro tiempos se presentara el siguiente ciclo teórico (Figura 94).

**Figura 93.** Revoluciones por minuto de los rodillos



**Fuente.** Autores

**Figura 94.** Ciclos del motor de cuatro tiempos



**Fuente.** [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_de\\_cuatro\\_tiempos](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos)

Este es un ciclo de encendido teórico, donde se presentara una chispa cada dos vueltas. En la práctica se presenta una chispa cada vuelta debido a un fenómeno llamado “chispa perdida”, entonces el cálculo de las RPM del motor será igual al cálculo de las RPM de los rodillos.

Hay que aclarar que este fenómeno solo se cumple en motocicletas de cuatro tiempos, se considera suficiente la aplicación solo para estos modelos debido a que los modelos 2T ya están fuera del mercado actual.

Entonces la función para el cálculo de las RPM del motor y los rodillos inerciales será:

$$RPM_{motor\ y\ rodillos} = \frac{1}{T_{entre\ pulsos}[S]} * 60 [RPM]$$

Esta rutina se ejecutara cada vez que llegue el comando “3” al microcontrolador.

#### 4.9.4.3. Rutinas de control. Accionamiento de los ventiladores

El encendido y apagado de los ventiladores de refrigeración se realizara poniendo en alto o bajo el pin RB7 del microcontrolador.

##### a. Rutina de encendido de los ventiladores

La línea de comando para encender los ventiladores es: *output\_low(PIN\_B7)*. Los ventiladores se deben encender automáticamente cuando se ejecute la rutina de medición de potencia, por lo tanto la línea de comando de encendido de los ventiladores va dentro de ella. Adicionalmente se deben poder encender manualmente por un botón digital en el software, entonces dicha línea de comando también tendrá una rutina independiente dedicada solo al encendido de los ventiladores, esta rutina se ejecutara cada vez que llegue el comando “4” al microcontrolador.

##### b. Rutina de apagado de los ventiladores

La línea de comando para apagar los ventiladores es: *output\_low(PIN\_B7)*. Los ventiladores se deben apagar cada vez que llegue el comando “5” al microcontrolador, por lo tanto tendrá una rutina independiente que ejecute la línea de comando para apagar los ventiladores.

#### 4.9.4.4. Resumen de comandos para las rutinas de medición y control

**Tabla 59.** Resumen de comandos

COMANDO	RUTINA QUE SE EJECUTA
1	Toma de peso
2	Toma de condiciones ambientales
3	Medición de potencia & encendido de los ventiladores
4	Encendido de los ventiladores
5	Apagado de los ventiladores
Otro	No hacer nada

**Fuente.** Autores

#### **4.9.4.5. Frecuencia de muestreo y velocidad de transmisión de datos**

Ya teniendo las rutinas programadas en el microcontrolador, se realiza una simulación en el software proteus para verificar que el microcontrolador pueda cumplir con la velocidad de muestreo calculada anteriormente y se comprobara que el tiempo de muestreo sea mayor que el tiempo que le lleva ejecutarse cada una de las rutinas.

Se debe definir una velocidad de transmisión de datos por el puerto serie para poder realizar la simulación. Por tratarse de un fenómeno que requiere alta velocidad de procesamiento lo más conveniente es elegir la velocidad de transmisión de datos máxima que el microcontrolador puede dar. En el datasheet del microcontrolador (Anexo R, tabla 20-3) se especifica que la velocidad máxima de transmisión es *115200* baudios.

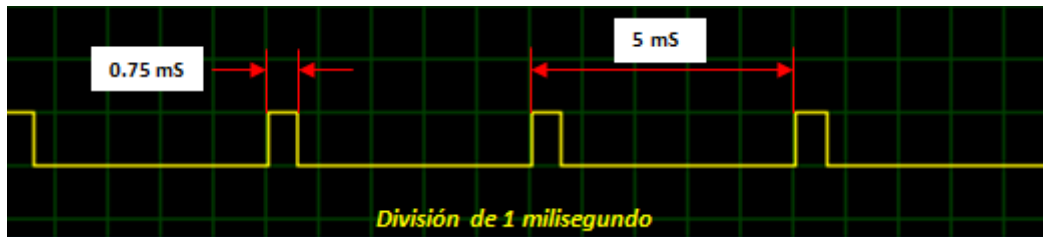
Se realizó una simulación por cada una de las rutinas para verificar el comportamiento del circuito en operación. A continuación se especifican las condiciones con que se realizaron cada una de las simulaciones.

- Condiciones para la rutina de toma de peso
  - Frecuencia de muestreo de 200 Hz
  - Velocidad de transferencia de datos por el puerto serie 115200 baudios
  - Un voltaje constante que simula la señal de la celda de carga
  
- Condiciones para la rutina de condiciones ambientales
  - Frecuencia de muestreo de 200 Hz
  - Velocidad de transferencia de datos por el puerto serie 115200 baudios
  - Un voltaje constante que simula la señal del sensor de humedad relativa
  - Un voltaje constante que simula la señal del sensor de presión barométrica
  - Un voltaje constante que simula la señal del sensor de temperatura ambiente

- Condiciones para la rutina de medición de potencia
  - Frecuencia de muestreo de 200 Hz
  - Velocidad de transferencia de datos por el puerto serie 115200 baudios
  - Una señal de entrada 200 Hz que simula las RPM del motor en su máximo
  - Una señal de 60 Hz que simula las RPM máximas de los rodillos inerciales
  -

Los resultados se pueden ver de la figura 95 a la 97.

**Figura 95.** Resultados de la simulación para la rutina de peso



**Fuente.** Autores

En la figura 95 se puede observar que el tiempo que toma en ejecutarse la rutina (0.75 ms) es menor que el tiempo de muestreo (5 ms).

**Figura 96.** Resultados de simulación para rutina de condiciones ambientales



**Fuente.** Autores

En la figura 96 se puede observar que el tiempo que toma en ejecutarse la rutina (3.5 ms) es menor que el tiempo de muestreo (5 ms).

**Figura 97.** Resultados de la simulación para la rutina de medición de potencia



**Fuente.** Autores

En la figura 97 se puede observar que el tiempo que toma en ejecutarse la rutina (3.9 ms) es menor que el tiempo de muestreo (5 ms). También se concluye que esta es la rutina que toma más tiempo en ejecutarse.

De las gráficas se puede comprobar que la frecuencia de muestreo se esté cumpliendo, esta se obtiene como la inversa del tiempo de muestreo.

$$Frecuencia_{muestreo} = \frac{1}{1 \times 10^{-3} \text{ s}} = 200 \text{ Hz}$$

#### **4.9.4.6. Aceleración de los rodillos inerciales.**

La aceleración de los rodillos inerciales se calculara en el microcontrolador y se enviarán los datos por el puerto serie al computador.

Este cálculo se realiza en base al cambio de velocidad de giro que ocurre en determinado diferencial de tiempo. Entonces.

$$\alpha_{rodillos} = \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

Dónde:

$\alpha_{rodillos}$  = *Aceleración angular de los rodillos inerciales*

$w_1$  = *Velocidad angular en el instante 1*

$w_2$  = *Velocidad angular en el instante 2*

$t_1$  = *Tiempo inicial*

$t_2$  = *Tiempo en el instante 2*

$t_2 - t_1$  = *Tiempo en el que ocurrió el cambio de velocidad angular*

Cabe aclarar que estos cálculos serán llevados a cabo al ejecutar la rutina de medición de potencia y los valores de aceleración instantánea calculados serán enviados al computador junto con las revoluciones por minuto de los rodillos inerciales y las revoluciones por minuto del motor de la motocicleta.

Para observar el esquemático de la tarjeta electrónica se puede ver en el Anexo S, el impreso en el Anexo T y el código programado en el microcontrolador en el Anexo U.

## 4.10. DISEÑO DE SOFTWARE

### 4.10.1. Comunicación del microcontrolador con Matlab.

#### 4.10.1.1. Modulo serial

La comunicación entre el microcontrolador y el software se realiza por medio del puerto serie el cual se configuro a una velocidad de transmisión de 115200 baudios. Hay que tener especial cuidado en que la velocidad de transmisión configurada en el software sea la misma que la configurada en el microcontrolador para que se puedan comunicar correctamente (Ver anexo V).

La rutina con la cual se inicia el puerto serie en matlab es la siguiente.

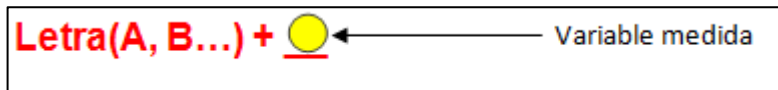
```
clc; % Borra todo en comand window
DINA=serial('COM10'); % Se establece DINA como el COM10
set(DINA,'Baudrate',115200); % se configura la velocidad a 115200
                                Baudios
set(DINA,'StopBits',1); % se configura bit de parada a uno
set(DINA,'DataBits',8); % se configura que el dato es de 8
                                bits, debe estar entre 5 y 8
set(DINA,'Parity','none'); % se configura sin paridad
%set(DINA,'Terminator','CR/LF'); % "c" caracter con que finaliza el
                                envío
set(DINA,'OutputBufferSize',1); % "n" es el número de bytes a enviar
set(DINA,'InputBufferSize',512000); % "n" es el número de bytes a recibir
set(DINA,'Timeout',5); % 5 tiempo que durara leyendo datos
                                des del microcontrolados
```

Esta rutina se deberá ejecutar cada vez que deseemos enviar o recibir datos al microcontrolador.

#### 4.10.1.2. Trama de datos.

La trama de datos que envía el microcontrolador tiene determinada estructura la cual hay que tener en cuenta al momento de leer los datos en el software y poderla decodificar correctamente. La trama de datos enviada por el microcontrolador tiene una estructura la cual se compone del valor de la variable medida o calculada acompañada de una letra como se ve en la figura 98.

**Figura 98.** Estructura de los datos



**Fuente.** Autores

La razón del porque acompañar de una letra las variables medidas y calculadas que se envían desde el microcontrolador al software es que una variable no siempre tiene los mismos dígitos y el software no sabrá cuando termina y empieza otro dato, para ello se usa la letra, entonces cada vez que esta llegue será un indicador de que un nuevo dato está llegando.

#### **4.10.2. Rutinas desarrolladas en el software.**

Al igual que en microcontrolador se tienen rutinas de peso, condiciones ambientales, medición de potencia y de control de los ventiladores de refrigeración, en el software también hay que desarrollar dichas rutinas pero ya no orientadas a capturar datos de sensores sino datos que envía ya procesados el microcontrolador.

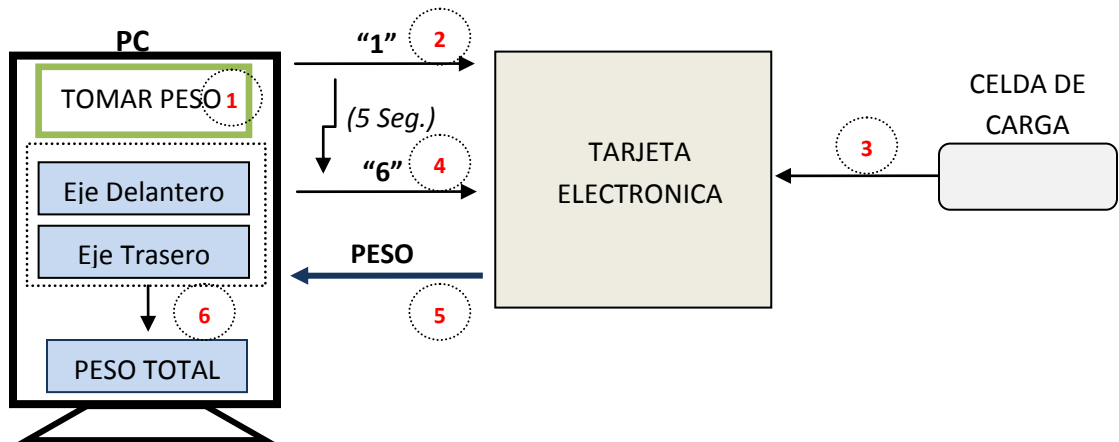
Las funciones principales de cada una de las rutinas del software serán:

- Enviar el comando que inicia una rutina en el microcontrolador
- Leer los datos que el microcontrolador envía durante determinado tiempo
- Enviar un comando para que el microcontrolador pare de leer y enviar datos.

#### 4.10.2.1. Rutina para la toma de peso.

Para tomar el peso del vehículo se envía el comando “1” (Tabla 59) al microcontrolador, se toman lecturas por cinco segundos y se envía el comando “6” para que terminen las lecturas. Las lecturas tomadas se almacenan en un vector y se calcula el promedio. Este promedio será el peso del eje delantero de la motocicleta, se repite el proceso para el eje trasero. Finalizado esto se suma el valor del peso de cada uno de los ejes para obtener el peso total. El diagrama del proceso descrito se ve en la figura 99.

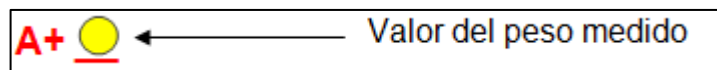
**Figura 99.** Proceso para la toma de peso del vehículo



**Fuente.** Autores.

La trama de datos enviada del microcontrolador tiene la estructura del valor de la variable medida acompañada por una letra (Figura 100) como ya explico anteriormente, para este caso se usa la letra A para saber en qué momento llega otro dato de peso.

**Figura 100.** Trama de datos para el peso



**Fuente.** Autores

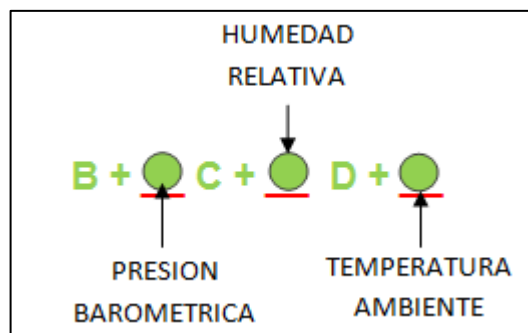
#### 4.10.2.2. Rutina para la toma de condiciones ambientales.

##### a) Condiciones ambientales

Para tomar las condiciones ambientales se envía el comando “2” (Tabla 59) al microcontrolador, este responde enviando los valores de presión barométrica, humedad relativa y temperatura ambiente. Las mediciones se toman durante 5 segundos y finalizado este tiempo se envía el comando “6” para que finalice la medición.

La trama de datos enviada por el microcontrolador tiene la estructura ya mencionada de valor medido acompañado de una letra, dicha estructura se ve más detalladamente en la figura 101.

**Figura 101.** Trama de datos de las condiciones ambientales



**Fuente.** Autores

En este caso la trama se compone de las tres variables medidas y cada una de ellas va acompañada de una letra, la A para la presión barométrica, la C para la humedad relativa y la D para la temperatura ambiente. En el software se podrá decodificar la trama sabiendo que luego de una B llegará el dato de la temperatura y terminara cuando llegue la C, que es donde inicia el dato de la humedad relativa y termina cuando llegue la D, que es donde inicia el dato de la temperatura ambiente y finaliza cuando vuelva a llegar una B.

Luego de adquiridos y decodificados los datos de presión barométrica, humedad relativa y temperatura ambiente se calcula el promedio de cada uno de ellos.

### **b) Corrección de potencia.**

El rendimiento de un motor de combustión interna es afectado por las condiciones del aire que entra al motor y por las características del combustible. En esta sección se tratará únicamente la corrección de potencia por condiciones ambientales (aire que entra al motor).

La norma SAE J1349 en su numeral 5.6.1 (Anexo J) describe un método para corregir la potencia debido a condiciones ambientales. Consta de una correlación que calcula un factor de corrección basándose en los datos de temperatura ambiente y presión parcial atmosférica del aire seco. La correlación se observa a continuación.

$$CA = \left( \frac{99}{Pa_{do}} \right) \left( \frac{t_o + 273}{298} \right)^{0.5}$$

Dónde:

*CA = Factor de correccion de potencia*

*Pa<sub>do</sub> = Presion parcial del aire seco atmosferico*

*t<sub>o</sub> = temperatura ambiente*

Para obtener la potencia corregida se multiplica el factor de corrección por la potencia medida.

Para calcular la presión de aire seco se deben tener los datos de temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica. Para tal fin se usa la tabla 60.

**Tabla 60.** Tabla de presiones de saturación.

Temperatura de bulbo seco [°C]	Presión de saturación
0.01	0.6117
5	0.8725
10	12.281
15	17.057
20	23.392
25	31.698
30	42.469
35	56.291
40	73.851
45	95.953
50	123.520

**Fuente.** Termodinámica Cengel, sexta edición.

De la tabla 60 interpolando se obtiene la presión de saturación a partir de la temperatura ambiente. Se debe calcular la presión parcial del vapor de agua contenida en el aire, esta se obtiene de la siguiente manera.

$$P_{p\text{ agua}} = \frac{P_{\text{saturacion}} * \text{Humedad relativa}}{100}$$

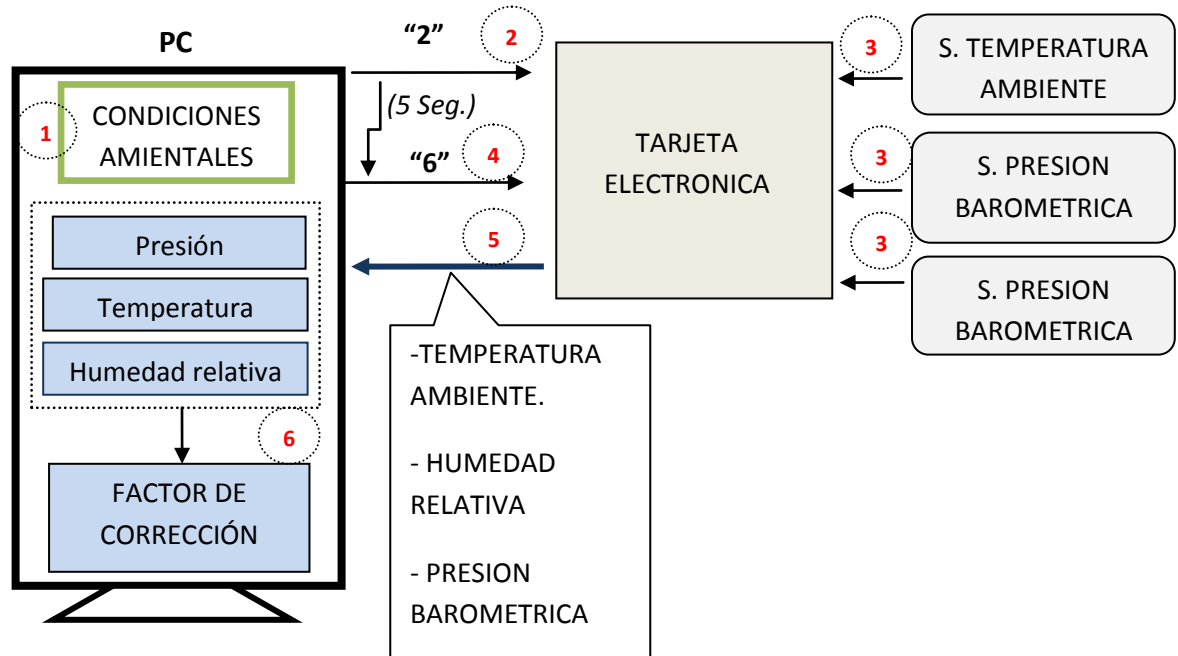
Finalmente para saber la presión parcial del aire seco.

$$P_{p.\text{aire seco}} = P_{\text{atmosferica}} - P_{p.\text{agua}}$$

Así ya se tienen los datos necesarios para calcular el factor de corrección de potencia (temperatura ambiente y presión parcial aire seco).

El diagrama del proceso anterior descrito se ve en la figura 102.

**Figura 102.** Proceso para la toma de condiciones ambientales.



**Fuente.** Autores

#### 4.10.2.3. Rutina para la toma de potencia.

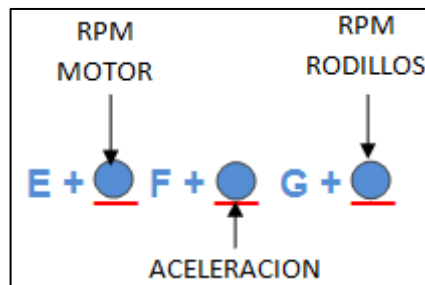
Para la toma de potencia del vehículo se envía el comando "3" (Tabla 59) al microcontrolador, el tiempo que tardara la lectura de los datos es definida por el operario en una casilla del software y corresponde al tiempo aproximado que la motocicleta tarda en alcanzar su velocidad máxima pasando secuencialmente por todas sus marchas.

Las variables medidas al ejecutar el comando de medición de potencia son: las revoluciones por minuto de los rodillos, revoluciones por minuto del motor y aceleración angular de los rodillos. Cabe aclarar que el operario debe iniciar la prueba de potencia simultáneamente con la ejecución del comando de medición para lograr capturar todos los datos desde que la motocicleta arranca hasta que alcanza su velocidad máxima pasando secuencialmente por todas las marchas.

Adicionalmente el comando de medición de potencia también ejecuta la rutina de encendido de los ventiladores para mantener refrigerada la motocicleta durante toda la prueba. Pasado el tiempo de lectura de los datos se envía el comando “6” al el microcontrolador para que finalicen las lecturas.

La trama de datos enviada por el microcontrolador tiene la estructura ya mencionada de valor medido acompañado de una letra, dicha estructura se ve más detalladamente en la figura 103.

**Figura 103.** Trama de datos de la medición de potencia.



**Fuente.** Autores.

En este caso la trama se compone de tres variables y cada una de ellas va acompañada de una letra, la E para las revoluciones por minuto del motor, la F para la aceleración angular de los rodillos y la D para las revoluciones por minuto de los rodillos. En el software se podrá decodificar la trama sabiendo que luego de una E llegará el dato de revoluciones por minuto del motor y terminara cuando llegue la F, que es donde inicia el dato de aceleración angular de los rodillos y termina cuando llegue la G, que es donde inicia el dato de las revoluciones por minuto de los rodillos y finaliza cuando vuelva a llegar una E.

Luego de adquiridos y decodificados los datos de revoluciones por minuto del motor, aceleración angular de los rodillos y revoluciones por minuto de los rodillos se almacenan cada uno de ellos en vectores.

### **a. Cálculo del torque en los rodillos.**

El torque se calcula a partir de la aceleración angular medida y la inercia de los rodillos, entonces:

$$\text{Torque} = \text{Aceleracion angular medida}_{\text{rodillos}} * \text{Inercia}_{\text{rodillos}}$$

Donde la inercia ya fue calculada y corresponde a  $3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$

### **b. Calculo de la potencia.**

La potencia es calculada como el producto entre el torque y la velocidad de giro de los rodillos.

$$\text{Potencia} = \text{Torque} * \text{Velocidad giro}_{\text{rodillos}}$$

### **c. Corrección de potencia.**

La potencia corregida se obtiene del producto entre la potencia medida y factor de corrección ya calculado en base a las condiciones ambientales.

$$\text{Potencia}_{\text{corregida}} = \text{Potencia} * \text{Factor de correccion}$$

Estas operaciones se ejecutan para todos los datos de los vectores. Luego se grafica el vector de potencia corregida contra el numero de muestras tomadas para obtener la curva de potencia corregida de la motocicleta.

Además se muestra el dato de potencia máxima, dicho valor equivale al dato más grande del vector de potencia corregida. El valor de la potencia máxima ocurre a determinado régimen de giro del motor de la motocicleta, dicho valor se saca del vector de las RPM del motor y se encuentra en la misma posición del dato de la potencia máxima, este valor de RPM también se muestra en pantalla.

#### **d. Calculo de la velocidad de la motocicleta.**

La velocidad lineal de la motocicleta es la misma velocidad tangencial de los rodillos inerciales, por lo tanto dicha velocidad se calcula como.

$$Velocidad_{motocicleta} = Velocidad\ giro_{rodillos} * Radio_{rodillos}$$

Este cálculo se realiza para todos los datos del vector de velocidad de giro y se obtiene un vector de velocidad de la motocicleta. Además es mostrada la velocidad máxima de la motocicleta, este valor corresponde al dato más grande del vector de la velocidad de la motocicleta.

#### **e. Calculo de la eficiencia de la transmisión de la motocicleta.**

Toda la potencia generada en el motor de la motocicleta no se transfiere a la rueda, pues gran parte de esta se queda en los elementos mecánicos que transfieren el movimiento. Estos elementos por lo general son, la caja de cambios, el embrague y el conjunto cadena piñones de arrastre; estos elementos tienen ciertas eficiencias y por su modo de funcionamiento consumen energía que se convierte en calor.

Para calcular la eficiencia de la transmisión de la motocicleta se toma el dato de potencia que nos brinda el fabricante en el catálogo de la motocicleta sabiendo que este dato corresponde a la potencia medida en el eje del cigüeñal del motor, por lo tanto no tiene en cuenta las pérdidas por la transmisión.

Se calcula el porcentaje de potencia perdida en la transmisión como:

$$Potencia\ perdida_{transmision} = \frac{Potencia_{catalogo} - Potencia_{rueda}}{Potencia_{catalogo}} * 100$$

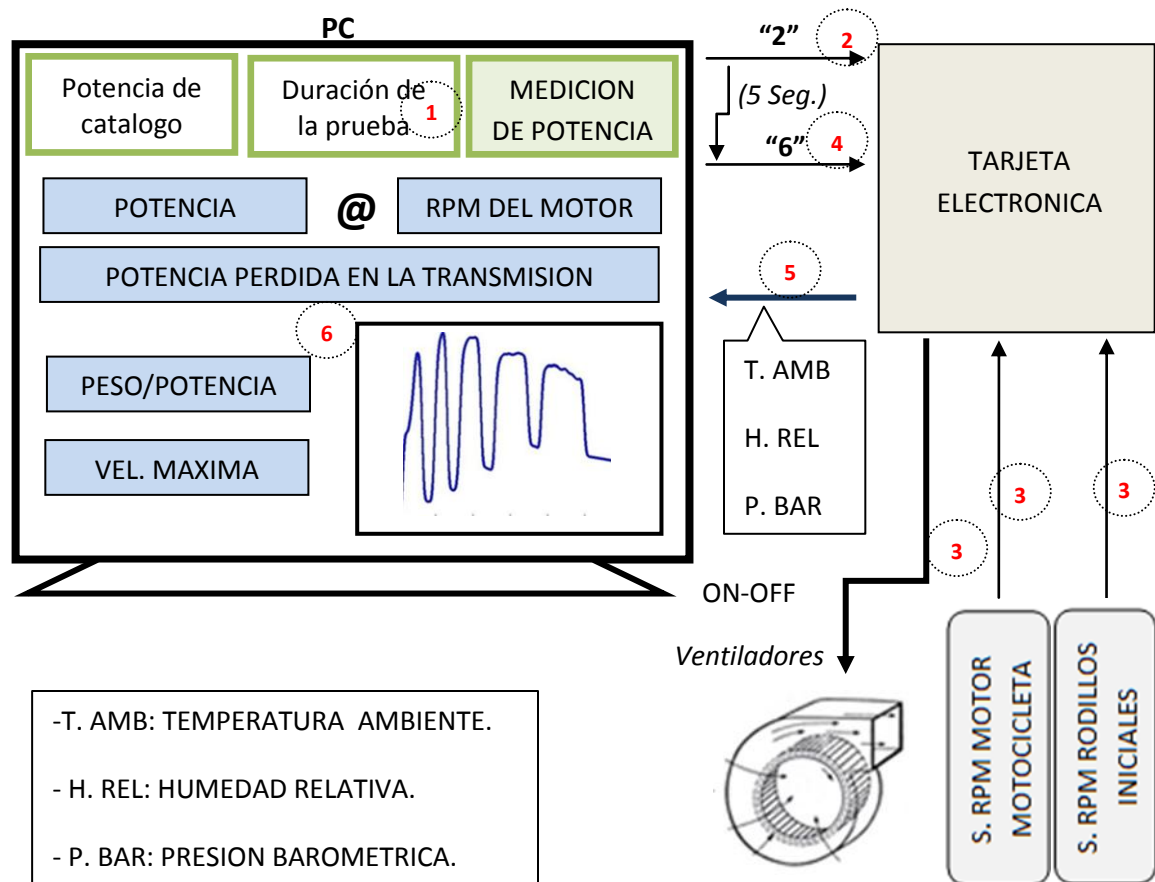
### f. Calculo de la relación peso potencia

Esta relación se calcula debido a que es una variable que permite realizar un comparativo entre diferentes motocicletas, se calcula a partir del peso de la motocicleta y la potencia máxima medida.

$$\text{Relacion peso potencia} = \frac{\text{Peso}_{\text{motocicleta}}}{\text{Potencia maxima}}$$

El diagrama del proceso descrito se observa en la figura 104.

**Figura 104.** Proceso para la medición de potencia.



**Fuente:** Autores

### g. Pérdidas mecánicas internas del dinamómetro

Dado que el dinamómetro es un sistema mecánico, es un equipo con pérdidas inherentes a su principio de funcionamiento de rodamientos y una transmisión. Puesto que estas pérdidas no se pueden evitar, es necesario caracterizarlas para corregir así la medición de la potencia.

Para este fin se realizaron una serie de mediciones las cuales consisten en suministrarle a los rodillos una energía cinética rotacional conocida y calcular el tiempo en que esta energía se disipa, de esta forma se encontraron los resultados mostrados en la 61.

$$Pot. dis. = \frac{E_{perdida}}{tiempo} = \frac{\frac{1}{2} * I * W^2}{t} \quad \text{DONDE } I = 3 [Kg * m^2]$$

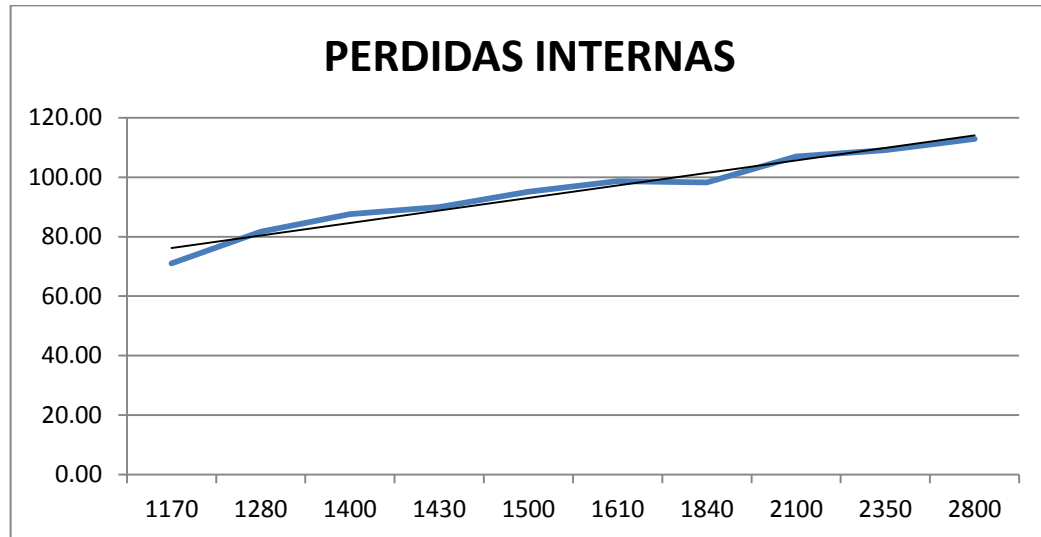
**Tabla 61.** Pérdidas en el dinamómetro.

W. Rodillo [rpm]	W. Rodillo [rad/s]	Tiempo [s]	Potencia dis. [w]
1170	122,52	317	71,03
1280	134,04	330	81,67
1400	146,61	368	87,61
1430	149,75	374	89,94
1500	157,08	389	95,14
1610	168,60	432	98,70
1840	192,68	567	98,22
2100	219,91	678	106,99
2350	246,09	833	109,05
2800	293,22	1143	112,83

**Fuente:** Autores

En la figura 105 se observa el comportamiento del dinamómetro y que la potencia perdida varía entre 75 y 110 watts es decir que en promedio las pérdidas son alrededor de 93 watts, es decir **0,12 Hp**.

**Figura 105.** Perdidas mecánicas internas del dinamómetro



**Fuente:** Autores

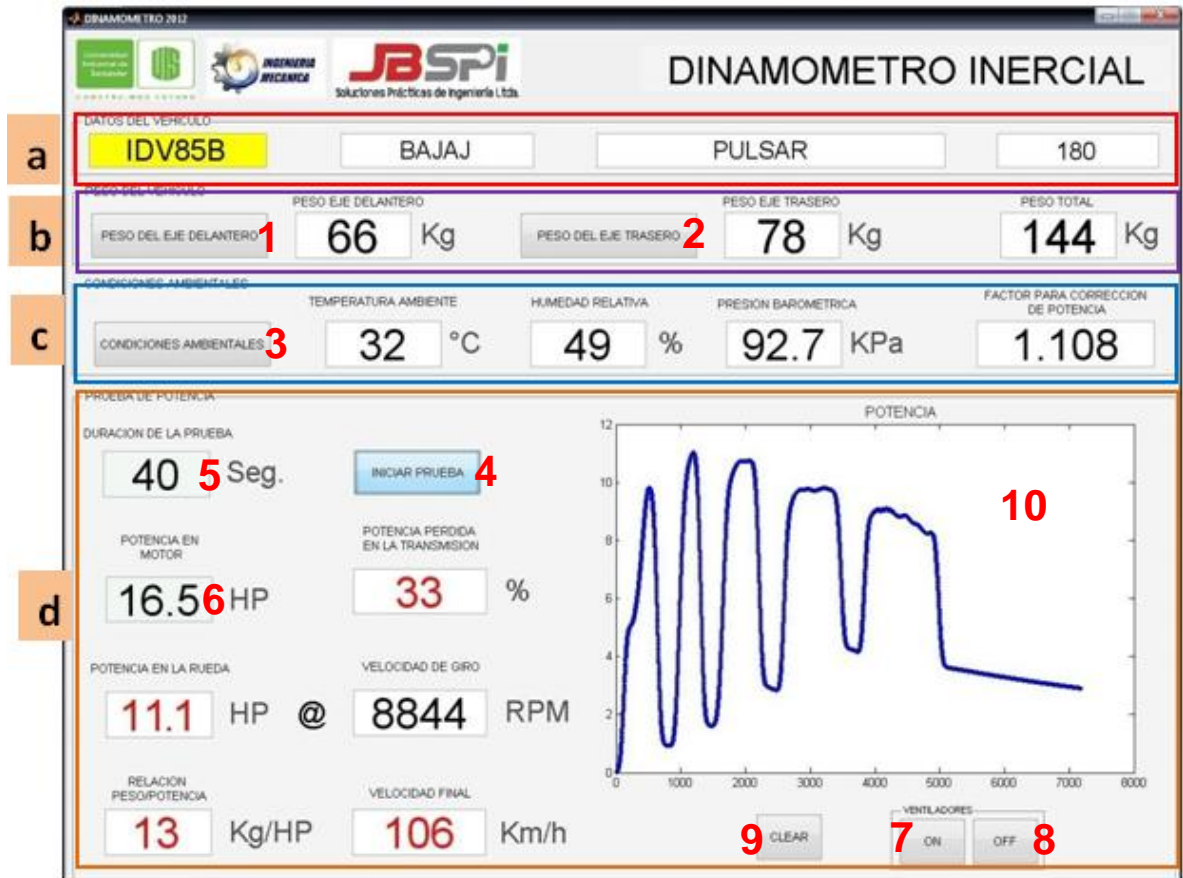
Esta aproximación se realiza teniendo como criterio que el dinamómetro alcanza dichas velocidades durante una prueba típica.

Este factor se sumara a la potencia medida para un mejor resultado.

#### **4.10.3. Interfaz de usuario**

La interfaz final del software es la que se muestra en la figura 106, dicha interfaz fue desarrollada usando el modulo GUIDE del software matlab.

Figura 106. Interfaz de usuario



Fuente. Autores

La interfaz maneja varios módulos los cuales son necesarios para la correcta realización de las pruebas.

**a. Módulo de registro de datos del vehículo:** Este se compone de cajas de texto donde el operario ingresa los datos del vehículo. Marca, modelo y cilindrada.

**b. Módulo de toma de peso:** Aquí se registra el peso del vehículo por cada y el peso total. Se compone de dos botones <1> y <2> para la toma de peso en cada eje. El código cargado a los callback de cada uno de los botones se puede ver en el anexo v.

**c. Módulo de toma de condiciones ambientales:** Aquí quedan registradas las condiciones ambientales al momento de la prueba. Se compone de un botón <3> para la toma de condiciones ambientales (presión barométrica, temperatura ambiente y humedad relativa) y cálculo del factor de corrección de potencia. El código cargado al callback de este botón se puede ver en el anexo v.

**d. Módulo de medición de potencia y velocidad:** Aquí se ejecuta la prueba de potencia y se muestran los datos medidos. Se compone de:

- Un botón de inicio de prueba <4> donde se carga la rutina de medición de potencia (Anexo V) y es calculada la potencia en la rueda, velocidad máxima, relación peso potencia, potencia perdida en la transmisión además se controla el encendido automático de los ventiladores.
- Dos cajas de texto, una para registrar el tiempo estimado de la prueba <5> y otra para registrar la potencia de catálogo de la motocicleta <6>.
- Un botón de encendido <7> y otro de apagado <8> manual de los ventiladores. El código cargado en el callback de estos botones se muestra en el anexo V.
- Un botón CLEAR <9> que borra todos los datos en pantalla y deja lista la aplicación para una nueva medición.
- Un área donde se muestra la gráfica de potencia <10>.

## **5. PRUEBAS**

Una vez concluidas las etapas de investigación, diseño, construcción, implementación y montaje es necesaria esta última etapa, la cual consiste en la realización de pruebas de medición de potencia en varias motocicletas de diferente configuración. Es indispensable evaluar cada una de las variables medidas y calculadas que se requieren para cumplir con la norma SAE J1349 acerca de medición de potencia, tales como peso, temperatura, humedad relativa, presión barométrica, revoluciones por minuto del motor y lo más importante la potencia.

Durante las pruebas se siguió al pie de la letra los procedimientos y metodologías explicadas en el manual de operación presente en este libro.

A continuación se presentan algunos resultados de motocicletas evaluadas, citando su identificación en el territorio colombiano es decir la placa acompañada del modelo al cual se refiere (para ver más examinar Anexo W).

### **5.1. PRUEBA MOTOCICLETA MECÁNICA O DE EMBRAGUE**

Estas motocicletas se caracterizan por tener 4 o 5 marchas las cuales se activan de forma secuencial por medio de un embrague manual. A continuación se presentan los resultados de una de estas pruebas. Ver figura 107.

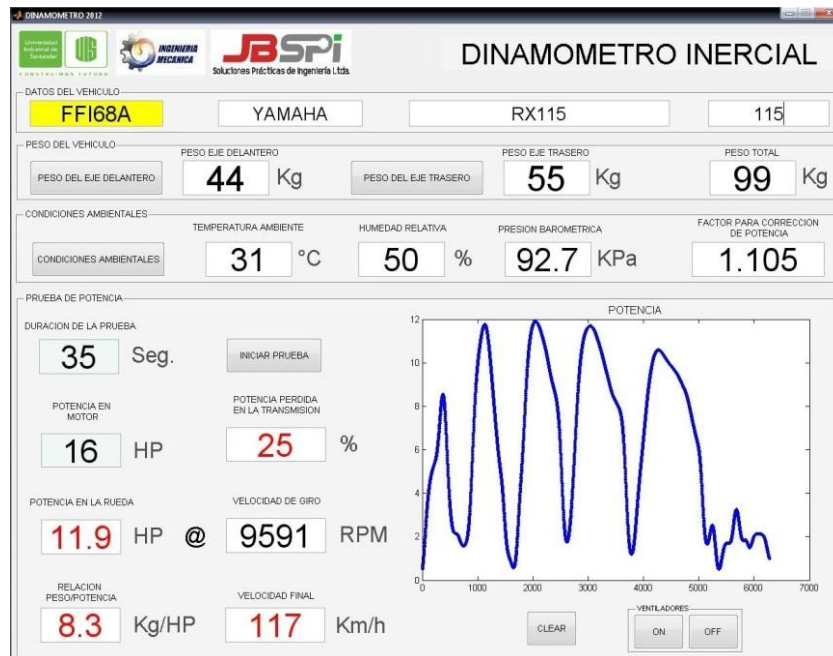
### **5.2. PRUEBA MOTOCICLETA AUTOMÁTICA**

Estos modelos tienen un sistema de cambio de velocidad gradual y carecen de marchas definidas, lo que las hace muy fáciles de conducir. Ver figura 108.

### 5.3. PRUEBA MOTOCICLETA SEMI-AUTOMÁTICA

Son motocicletas con 3 o 4 marchas, y tienen un embrague que se acopla automáticamente a medida que se acelera en cada una de estas velocidades. Ver figura 109.

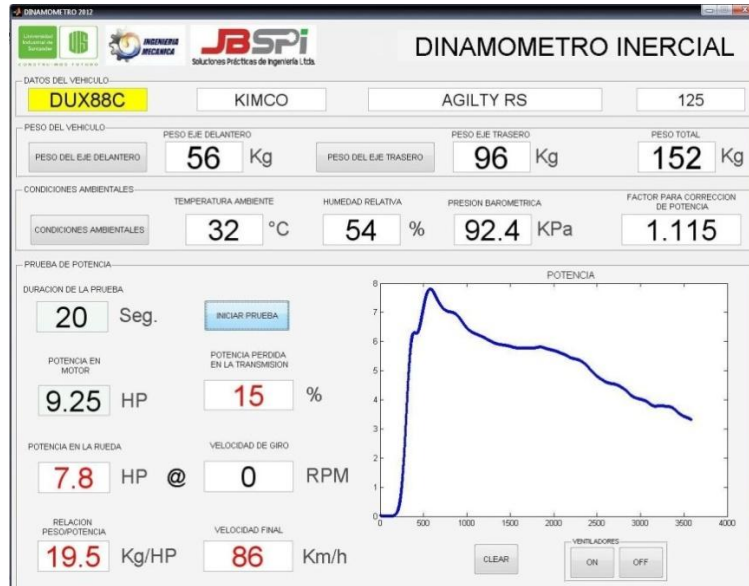
Figura 107. Prueba motocicleta mecánica.



Fuente: Autores

En la figura 107, se pueden observar cinco picos que corresponden a la potencia en cada una de las marchas de la motocicleta (En este caso cinco marchas o cambios).

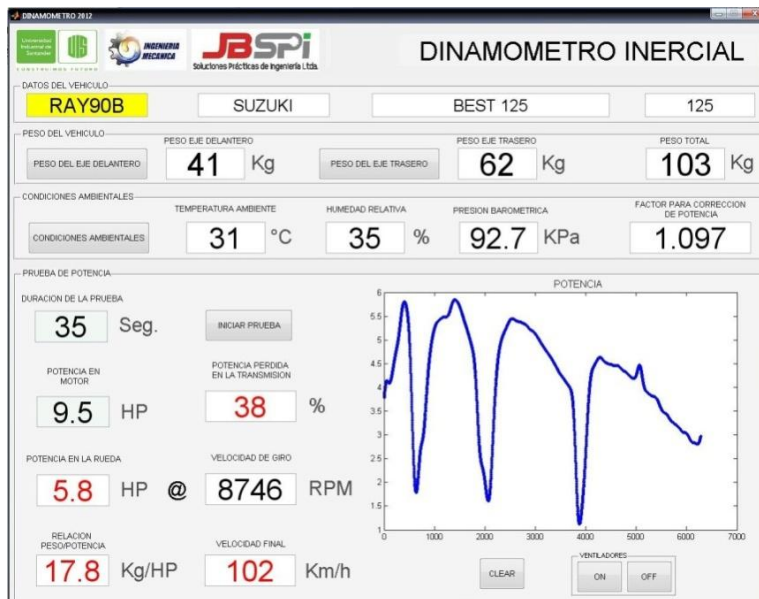
**Figura 108.** Prueba motocicleta automática.



**Fuente:** Autores

En la gráfica 108 se observa un solo un pico por ser una motocicleta con un sistema de caja automática.

**Figura 109.** Prueba motocicleta semi-automática.



**Fuente:** Autores

En la figura 109 se observan cuatro picos que corresponden a la potencia en cada una de las marchas de la motocicleta semi-automática.

## **5.4. ANALISIS DE RESULTADOS**

### **5.4.1. Análisis de prueba con motocicleta mecánica o de embrague**

- Se observa en los resultados de la figura 107 que se obtiene una gráfica de potencia de toda la secuencia de marchas de la motocicleta.
- Se obtuvieron cinco picos de potencia correspondientes a cada marcha de la motocicleta, la máxima potencia se obtuvo en la tercera marcha a 9591 revoluciones por minuto del motor.
- La grafica hace notar que se encuentran saltos en la entrega de potencia, lo cual es la naturaleza de dicho sistema, pues cada vez que se embraga para pasar a la siguiente marcha se desacopla el eje de potencia del eje conducido.
- La potencia perdida en la transmisión de la motocicleta corresponde a un 25 % de la potencia que puede generar el motor, es decir el sistema de transmisión tiene una eficiencia del 75 %.
- Dadas las condiciones ambientales en las que se realizó la prueba de potencia se tuvo un factor de corrección de 1.105 que equivale a un 10.5% más de potencia.

### **5.4.2. Análisis de prueba con motocicleta automática.**

- Se observa en los resultados de la figura 108 que se obtiene una gráfica de potencia con un solo pico.
- Se obtuvo únicamente un pico de potencia dado a que se trata de una motocicleta de transmisión automática donde no se presentan saltos en la entrega de potencia.
- El fenómeno de entrega de potencia constante (sin saltos) se da gracias a las bondades del sistema de transmisión de este vehículo dado a que cuando este se encuentra en marcha en ningún momento desacopla el eje de potencia del eje conducido.

- La potencia perdida en la transmisión de la motocicleta corresponde a un 15 % de la potencia que puede generar el motor, es decir el sistema de transmisión tiene una eficiencia del 85 %, lo que evidencia que por ser un sistema de transmisión más directo y con muchas menos piezas lo hace más eficiente en la transmisión del movimiento.

- Dadas las condiciones ambientales en las que se realizó la prueba de potencia se tuvo un factor de corrección de 1.115 que equivale a un 11.5% más de potencia.

#### **5.4.3. Análisis de prueba con motocicleta semi-automática.**

- Se observa en los resultados de la figura 109 que se obtiene una gráfica de potencia de toda la secuencia de marchas de la motocicleta.

- Se obtuvieron cuatro picos de potencia correspondientes a cada marcha de la motocicleta, la máxima potencia se obtuvo en la segunda marcha a 8746 revoluciones por minuto del motor.

- La potencia perdida en la transmisión de la motocicleta corresponde a un 38 % de la potencia que puede generar el motor, es decir el sistema de transmisión tiene una eficiencia del 62 %, lo que la hace la motocicleta con el sistema de transmisión más deficiente, cabe aclarar que esto no es en general para todas las motocicletas semi-automáticas, debido a que sin duda esto depende del estado en que se encuentre la motocicleta.

- Dadas las condiciones ambientales en las que se realizó la prueba de potencia se tuvo un factor de corrección de 1.097 que equivale a un 9.7% más de potencia.

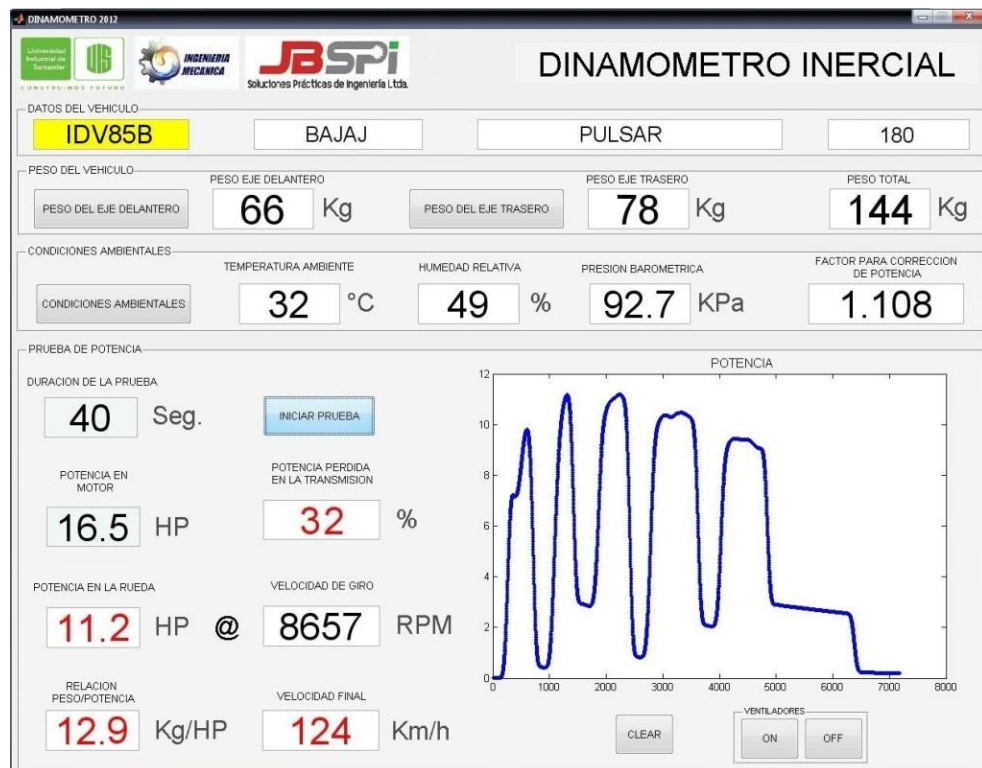
- Se observa que el comportamiento en la transferencia de potencia es similar al sistema que usan las motocicletas con embrague. Esto es dado a que estas motocicletas cuentan con un embrague automático que hace las veces del piloto accionando el embrague, por lo tanto se obtienen los mismos resultados y no mejora mucho la eficiencia en la transmisión de potencia dado que es un sistema que hace más fácil el manejo pero no mejora la eficiencia de la transmisión.

## 5.5. EXACTITUD Y PRECISION

Un aspecto importante en los elementos y dispositivos de medición es la exactitud y la precisión. La exactitud se refiere a la cercanía del valor medido con respecto al valor real, es decir el error, esta se garantiza con la calibración de las variables medidas por el dinamómetro, la cual se realizó con patrones trazables y se evidencia en el Anexo X.

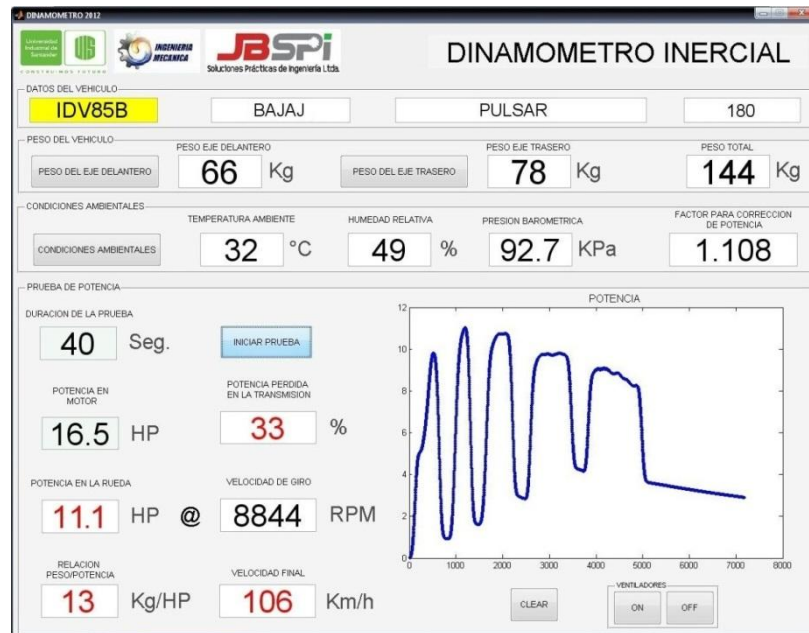
Para comprobar la precisión o repetitividad del equipo se realizaron tres mediciones con la misma motocicleta (Pulsar 180), en las mismas condiciones y con el mismo operario. Los resultados obtenidos se ven en las figuras 110, 111 y 112.

**Figura 110.** Prueba número 1 de repetitividad.



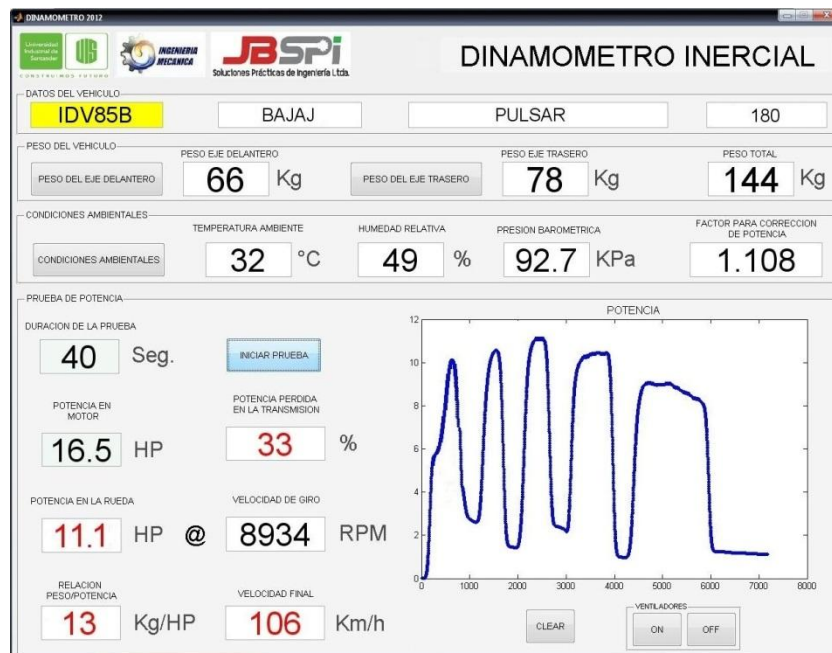
**Fuente.** Autores

Figura 111. Prueba número 2 de repetitividad.



Fuente. Autores

Figura 112. Prueba número 3 de repetitividad.



Fuente. Autores

## 5.6. ANÁLISIS DE REPETITIVIDAD DE LA MAQUINA

Para la validación de los datos del dinamómetro se acude a calcular la incertidumbre de las 3 medidas anteriores figuras 110, 111 y 112.

Primero se calcula la incertidumbre de las mediciones por desviación estándar [5.1], luego la incertidumbre por la resolución de la máquina [5.2] y por último la incertidumbre de la máquina [5.3] (Ver anexo X), luego se calcula la resultante rectangular de estas tres incertidumbres para obtener la incertidumbre estándar, pero para tener un nivel de confianza del 95% se multiplica por 2 [5.4]. Para más detalles ver anexo Z.

$$\text{Incertidumbre por medición} = \frac{\text{Desv. estándar}}{\sqrt{\# \text{ de mediciones}}} \quad [5.1]$$

$$\text{Incertidumbre por resolución} = \frac{\text{resolución}/2}{\sqrt{3}} \quad [5.2]$$

$$\text{Incertidumbre por sensores} = \sqrt{\text{Inc}_{TA}^2 + \text{Inc}_{HR}^2 + \text{Inc}_{PB}^2 + \text{Inc}_{RPM \text{ rod.}}^2} \quad [5.3]$$

Dónde:

**$\text{Inc}_{TA}$**  Incertidumbre por sensor temperatura ambiente

**$\text{Inc}_{HR}$**  Incertidumbre por sensor humedad relativa

**$\text{Inc}_{PB}$**  Incertidumbre por sensor presión barométrica

**$\text{Inc}_{RPM \text{ rod.}}$**  Incertidumbre por sensor de RPM rodillo

$$\text{Incertidumbre expandida} = 2 * \sqrt{\text{Inc}_{med}^2 + \text{Inc}_{resol.}^2 + \text{Inc}_{sens.}^2}$$

Dónde:

$\text{Inc}_{med.}$  Incertidumbre por desviación en las mediciones

$\text{Inc}_{resol.}$  Incertidumbre por desviación en las mediciones

$\text{Inc}_{med.}$  Incertidumbre por desviación en las mediciones

Para examinar los datos del cálculo de la incertidumbre ver la tabla 62.

**Tabla 62.** Incertidumbre del dinamómetro

<b>POTENCIA</b>	<b>Hp</b>
MEDIDA 1	11,2
MEDIDA 2	11,1
MEDIDA 3	11,1
PROMEDIO	11,13
DESVIACION ESTANDAR	0,058
<b>INCERTIDUMBRE DE MEDICIONES</b>	<b>0,033</b>
RESOLUCION	0,1
<b>INCERTIDUMBRE RESOLUCION</b>	<b>0,029</b>
INC. T.A.	0,63%
INC. H.R.	2,76%
INC. P.B	0,85%
INC. RPM rod.	0,09%
<b>INCERTIDUMBE SENSORES</b>	<b>0,329</b>
<b>INCERTIDUMBE ESTANDAR</b>	<b>0,332</b>
<b>INCERTIDUMBRE EXPANDIDA [Hp]</b>	<b>0,664</b>

Fuente: Autores

## 6. CONSTRUCCION Y COSTOS

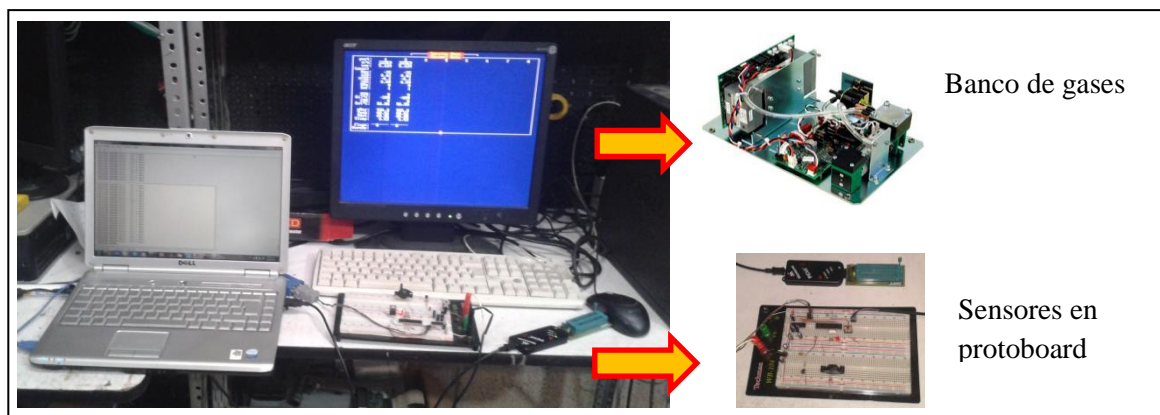
La construcción del dinamómetro se realizó de manera simultánea tanto en la parte mecánica como en el software y la electrónica. A continuación se explicara la construcción de cada subconjunto y el registro

### 6.1. ENSAYOS Y PRUEBAS DE SENSORES

Inicialmente se caracterizaron los componentes electrónicos y sensores, luego se realizaron pruebas de adquisición de datos de las variables de los sensores instalados en una protoboard, se verificaron y ajustaron las correlaciones necesarias en el código del micro controlador para obtener los datos exactos.

VARIABLES como temperatura, humedad relativa y presión barométrica, se verificaron con un banco de gases calibrado y su software de servicio (Ver figura 113).

**Figura 113.** Caracterización de los sensores humedad, presión y temperatura



**Fuente:** Autores

Mientras que la caracterización del sensor inductivo se realizó con un Fototacometro, usando un elemento intermedio que en este caso fue un esmeril. (Ver figura 114).

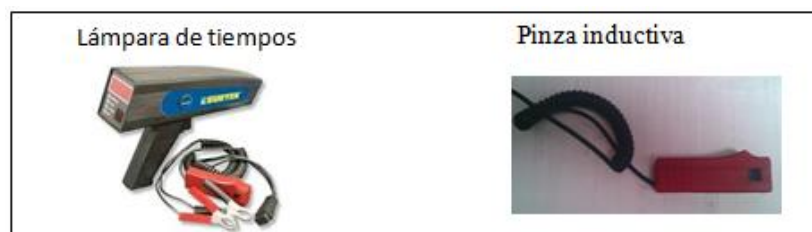
**Figura 114.** Caracterización del sensor de rpm de rodillo



**Fuente:** Autores

Además se realizaron pruebas con una lámpara de tiempos que indica las rpm del motor de la motocicleta y el análogo (la pinza inductiva) que estaba instalada en la protoboard de pruebas, ambas funcionan instaladas en el cable de la bujía del motor de combustión interna (Ver figura 115).

**Figura 115.** Caracterización del sensor de rpm, pinza inductiva



**Fuente:** Autores

## 6.2. MANUFACTURA METALMECÁNICA

Este proceso se inicia a partir de los planos y diseños mecánicos respectivos, iniciando con los elementos más importantes, los rodillos inerciales.

Se decide hacer los 2 rodillos cada uno compuesto por un cilindro de acero, dos tapas laterales de lámina redonda y un eje que lo cruza. Este trabajo se realiza con unas soldaduras robustas y un rectificado en torno. Aquí también se le agrega la textura superficial (moleteado) a los rodillos (Ver figura 116).

**Figura 116.** Fabricación de rodillos inerciales



**Fuente:** Autores

Luego se deben rellenar de plomo para lograr la inercia deseada, este proceso se realiza calentando los cilindros para evitar el choque térmico cuando se realice la colada del material, y luego se dejaron enfriar lentamente en arena para lograr mejores características mecánicas, es un tratamiento térmico de revenido que además alivia las tensiones internas generadas por el desprendimiento de material en frío y deformaciones plásticas durante el proceso de torneado (Ver figura 117).

**Figura 117.** Colada de plomo



**Fuente:** Autores

Una vez contruidos los rodillos se hace necesaria la siguiente etapa, que consiste en balancearlos con el fin de evitar vibraciones cuando giren a altas revoluciones.

Primero se realiza un balanceo estático sencillo y luego se acude a un analizador de vibraciones para un balanceo dinámico en dos planos. Para este proceso se usó un motor eléctrico y un chasis anclado al piso (Ver figura 118).

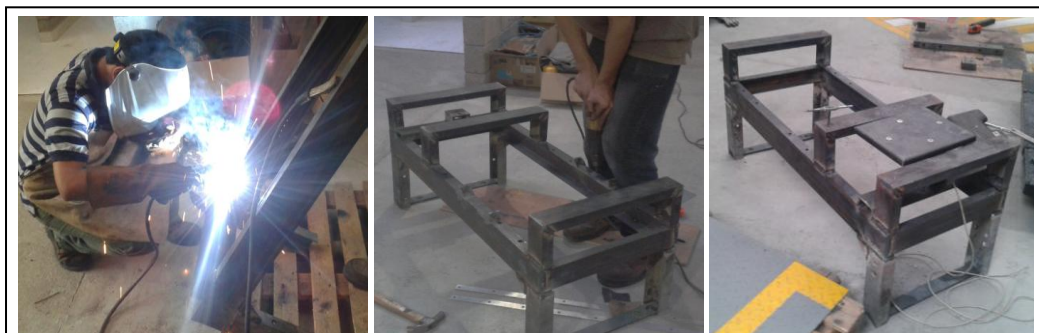
El paso a seguir es la construcción del chasis según los diseños de detalle previos, se construyó a base de perfil de acero estructural acanalado A36, y usando soldadura WEST ARCO E6013, esta fase de la construcción se desarrolló en su totalidad en el taller de la empresa Soluciones Practica de Ingeniería. También se fabricó la base y accesorios necesarios para la báscula, taladros roscados necesarios para la sujeción de los rodamientos y la cubierta, bases de apoyo para tensionar la banda síncrona y taladros para anclar el chasis al piso (Ver figura 119).

**Figura 118.** Balanceo de rodillos inerciales



**Fuente:** Autores

**Figura 119.** Fabricación de chasis y báscula



**Fuente:** Autores

Luego sigue una etapa de acabado donde se pulen y limpian las piezas para finalizar con una cubierta de pintura a base de aceite que conservara la estructura de la máquina (Ver figura 120).

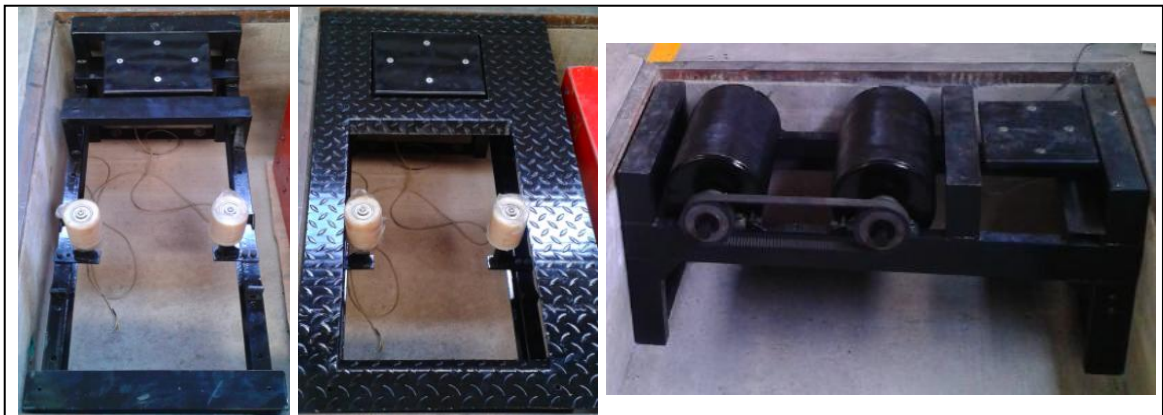
**Figura 120.** Acabado y pintura



**Fuente:** Autores

Entonces es posible armar las partes en el foso donde quedara ubicado el dinamómetro (Ver figura 121).

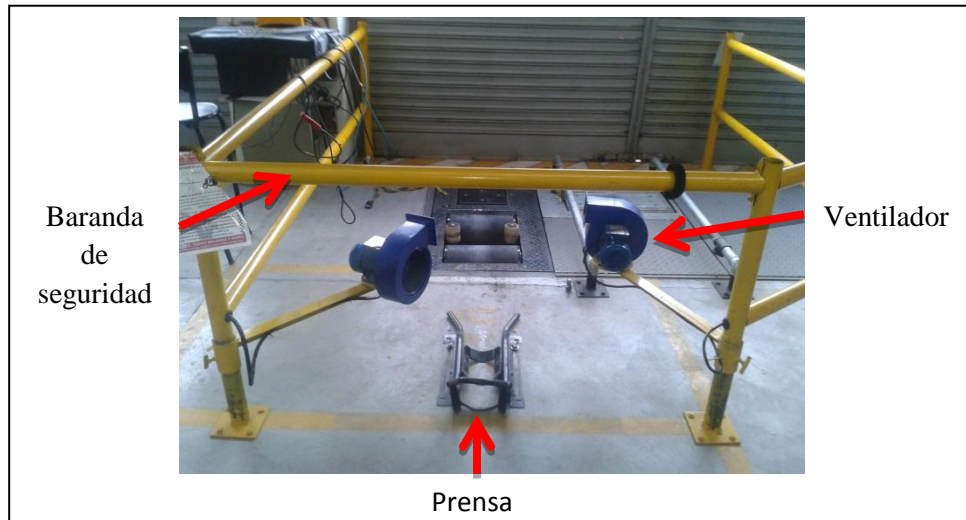
**Figura 121.** Instalación y ensamble



**Fuente:** Autores

En cuanto a los elementos auxiliares como los ventiladores, prensa rueda y una baranda de seguridad, también se realizó en esta fase la cual se finaliza con las conexiones de los sensores y los ventiladores (Ver figura 122).

**Figura 122.** Instalación



**Fuente:** Autores

### 6.3. COSTOS

Para la construcción de este proyecto fue necesaria una inversión económica, la cual fue aportada en su totalidad por la empresa Soluciones Prácticas de Ingeniería Ltda. Esta inversión hace referencia a la compra, construcción, instalación y pruebas de la máquina. En la tabla 63 se anuncian los principales costos discriminando por procedimiento realizado a cada conjunto funcional del dinamómetro.

**Tabla 63.** Costos dinamómetro

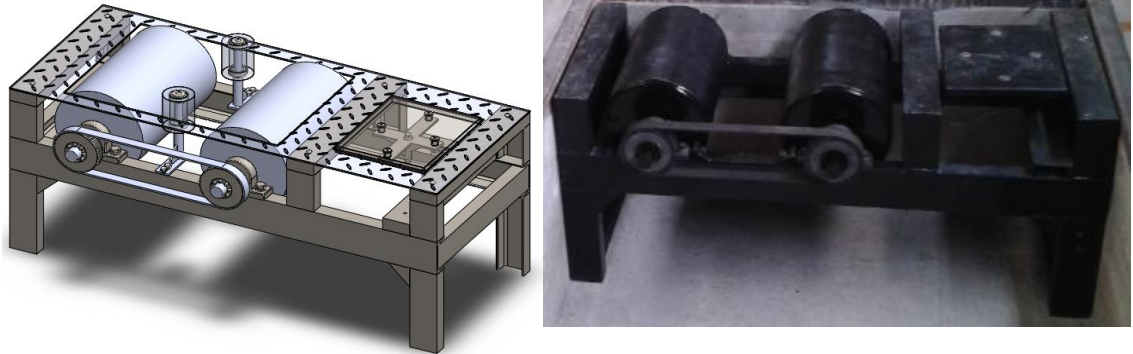
<b>COSTOS DINAMOMETRO</b>	
<b>SUBCONJUNTO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Chasis</b>	
Perfiles en U estructurales	150000
Soldadura	130000
Cubierta principal	85000
Pintura y disolvente	83000
Chazos y aclajes	27000
<b>Bascula</b>	
Plataforma	55000
Tapa de bascula	24000
<b>Elementos rodantes</b>	
Eje rodillos	75000
Cilindro de rodillos	170000
Tapas laterales	80000
Trabajo de soldadura, torno y moleteado	3000000
Plomo	1200000
Fundición del plomo	300000
Rodamientos de pedestal	200000
Balanceo de rodillos	1000000
Poleas dentadas síncronas	520000
Acoples para las poleas	240000
Correa dentada	90000
Tornillos, tuercas y arandelas	43000

<b>Electricidad y Electrónica</b>	
Sensor de presión barométrica	75000
Sensor de temperatura ambiente	30000
Sensor de humedad relativa	65000
Sensor de rpm de motor (Pinza inductiva)	24000
Sensor de rpm de rodillo dinamómetro (Sensor inductivo)	70000
Termocupla	22000
Celda de carga	1200000
Relé de estado solido	95000
Microcontroladores	30000
Componentes	25000
Fabricación de impreso	50000
Cable apantallado	150000
Caja plástica	8000
Ventiladores industriales centrífugos	600000
Cableado eléctrico	220000
<b>Protección lateral y externa</b>	
Rodillos de nylon con balineras	90000
Pedestal para rodillos de nylon	60000
Barandas de seguridad	400000
Prensa rueda	450000
Tirantes industriales	55000
<b>Otros</b>	
Transporte de insumos y piezas	400000
Construcción del foso para instalación	700000
Norma SAE J1349	154000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 12.445.000</b>

**Fuente:** Autores

## 7. MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

**Figura 123.** Estructura de la maquina



**Fuente:** Autores

### 7.1. GENERALIDADES

El dinamómetro inercial es un equipo que permite medir rápida y fácilmente la potencia de manera no invasiva en las motocicletas. Está compuesto por subsistemas que garantizan la lectura de sus variables, la seguridad durante la prueba y elementos de tratamientos de datos. (Ver Anexo Y).

El dinamómetro inercial es un sistema funcional muy completo y al mismo tiempo de cuidar, de igual manera el operario que esté a cargo del equipo debe estar capacitado para un buen desempeño y seguridad, por ende se han descrito procedimientos y recomendaciones acerca del embalaje, transporte, almacenamiento, instalación. Una vez garantizadas estas etapas es necesario ser consciente de la seguridad que se requiere durante la operación, es decir los riesgos asociados para prevenir accidentes. También se requiere de elementos de protección personal para mitigar las consecuencias en caso de un accidente, tales como gafas, botas, tapa oídos, guantes, y mascara de gases (Ver figura 124).

**Figura 124.** Atención



**Fuente:** <http://factoresderiesgosfisicos69413.blogspot.com/>

También es indispensable conocer que el dinamómetro requiere de unos elementos adicionales para su operación, tirantes de seguridad, prensa rueda, ventiladores industriales, extintor y señalización y barandillas.

## **7.2. MANTENIMIENTO**

En cuanto al mantenimiento se debe hacer por personal capacitado y solo si se cumplen las condiciones mínimas de seguridad tanto antes del mantenimiento, como después al dejar apunto la máquina y realizar una prueba de verificación. Los subconjuntos susceptibles a mantenimiento son los rodamientos y la transmisión por banda (Ver figura 125).

**Figura 125.** Elementos susceptibles a mantenimiento



**Fuente.** Autores

Los rodamientos solo requieren lubricación en la rótula, porque las balineras tienen una lubricación de fábrica que garantiza que no fallara antes que los componentes mecánicos del rodamiento.

La transmisión por banda es muy versátil a la hora de realizarle mantenimiento, solo requiere verificar que las poleas estén alineadas, la correa con tensión adecuada y un ambiente de trabajo esté limpio y libre de agentes disolventes o combustibles.

### 7.3. OPERACIÓN

La operación del conjunto dinamométrico se basa en una serie de comandos en una interfaz de Matlab, que es muy amigable con el usuario y se realizó usando rutinas lógicas procedimentales. (Ver Anexo Y). En esta interfaz se registran, los datos de la motocicleta, peso de la motocicleta, condiciones ambientales, y los datos de la prueba (Ver figura 126).

**Figura 126.** Operación del dinamómetro



**Fuente.** Autores

## CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un dinamómetro inercial que permite llevar a cabo de una forma rápida y sencilla la medición de potencia, potencia perdida en la transmisión, relación peso potencia y velocidad máxima en motocicletas de baja y mediana potencia.
- Se diseñó y construyó un dinamómetro inercial para la empresa JB – Soluciones Prácticas de Ingeniería, el cual se compone de:
  - Un chasis metálico de 1200 mm de largo, 495 mm de ancho y 458 mm de alto.
  - Dos rodillos inerciales de aproximadamente 200 Kg cada uno.
  - Una tarjeta electrónica de adquisición y control.
  - Una interfaz de usuario GUI para operación de la máquina y donde son mostrados los resultados de las mediciones.
  - Dos ventiladores centrífugos para refrigeración de la motocicleta.
  - Una prensa rueda para fijación de la motocicleta.
- Se diseñó un algoritmo de medición de potencia que permite realizar correcciones de esta medición dadas las condiciones ambientales de donde se realice la prueba basándose en estándares internacionales (Norma SAE J1349).
- Para diseñar un dinamómetro inercial de mayor capacidad es necesario rodillos de mayor diámetro que incrementen la inercia y disminuyan la velocidad angular de estos, exigiendo menos a los rodamientos y la transmisión, dado que la velocidad de rotación es una limitante en el diseño.

- Por tratarse de una máquina de medición se realizó la calibración con patrones trazables de cada una de las variables medidas garantizando un aseguramiento metrológico y fidelidad en las lecturas tomadas.
- En base a las pruebas realizadas con tres motocicletas que cuentan con sistemas de transmisión diferentes, se evidencio gracias a las gráficas mostradas por la maquina la forma en que se transmite la potencia del motor a la rueda de la motocicleta y la eficiencia en particular de cada transmisión.
- El monitoreo de la temperatura del motor, para mantenerlo refrigerado por medio los ventiladores, no se puede hacer con software Matlab, debido a que no permite brindar datos de temperatura en tiempo real y además no es necesario debido a que la prueba dura un tiempo muy corto.
- En la construcción de la báscula, se evidencio que la celda carga con señal de salida en corriente, no requiere amplificación, en cambio una celda de carga con señal de salida en voltaje requiere amplificación de la señal y debido a que hay que usar una alta ganancia en el amplificador se presenta mayor ruido electrónico.
- Se experimentó varios tipos de sensor para capturar las revoluciones del motor, sensor de presión ubicado en la salida del tubo de escape, captador por vibraciones instalado en el chasis y pinza inductiva ubicada en el cable de la bujía, siendo esta la más adecuada por tener una lectura fiel y una respuesta muy rápida.

- La captura de revoluciones por minuto del motor de la pinza inductiva presenta una limitante al realizar la medición en motocicletas con cubiertas en el motor (generalmente motocicletas automáticas), dado que este sensor se instala en el cable de la bujía.
- Se observó que los elementos seleccionados (rodamientos de pedestal y transmisión por bandas) funcionan correctamente a altas velocidades y por su simplicidad requieren poco mantenimiento.
- Se comprobó que los estudiantes de ingeniería mecánica están en la capacidad de diseñar e integrar equipos mecánicos con equipos electrónicos, un software de medición y control, además se demostró la aptitud profesional de los estudiantes interactuando con la industria aplicando conocimiento.

## RECOMENDACIONES

- Desarrollar un software versátil que grafique y permita ver datos de la prueba en tiempo real, principalmente de potencia y las revoluciones del motor. Estas revoluciones son indispensables como variable de control para que el operario no exija demasiado a la motocicleta.
- Para tener éxito en la medición de potencia se requiere de un operario entrenado, debido a que la forma en que este ejecute el procedimiento afecta considerablemente los resultados.
- En la preparación de la motocicleta previa a la prueba, no se deben tensionar excesivamente los tirantes de seguridad, porque la llanta trasera se deformara más de lo normal y las pérdidas mecánicas serán mayores, además se corre peligro que la llanta falle.
- Los rodillos inerciales se deben fabricar preferiblemente macizos de un solo material para obtener una pieza más homogénea y por ende el balanceo es menos complejo.
- Se deben calibrar periódicamente cada una de las variables medidas en la máquina para garantizar la fidelidad en las lecturas.

## BIBLIOGRAFIA

- BUDYNAS, Richard G; NISBETT, Keith. Shigley's Mechanical engineering design. Octava edicion, Mc Graw Hill, 2008. p. 208-348. ISBN:0-390-76487-6.
- CENGEL, Yunus; BOLES, Michael. Termodinamica. México: McGraw-HILL, 2006.p. 910. ISBN 978-970-10-7286-8
- GARCIA BREIJO, Eduardo. Compilador C CCS y simulador proteus para microcontroladores PIC. 1 ed. Barcelona: Alfaomega, 2008. 276 p. ISBN 978-970-15-1307-2.
- GONZALES OROPERA, R; et all. Caracterización de masas inerciales en un dinamómetro de chasis. En: Octavo congreso iberoamericano de ingeniería mecánica (Octubre, 2007: cusco, Perú). Memorias. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, 2007
- HERNANDEZ MORALES, Verni Alexander. Propuesta para el diseño del control electrónico y construcción de un dinamómetro de inercia electrónico computarizado. Proyecto de grado Ingeniero mecánico eléctrico. Ciudad de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería mecánica eléctrica. 2007. Pág. 39.
- Land & Sea, Inc. Tech talk about roll diameter vs. tire deformation [on line]. Concord, Massachusetts, USA [Citado el 26 de septiembre de 2011] <URL: [http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/roll\\_diameter.htm](http://www.land-and-sea.com/dyno-tech-talk/roll_diameter.htm)>

- MONTALUISA MONTALUISA, Franklin Geovanny. Diseño de un dinamómetro inercial y construcción de un modelo a escala. Proyecto de grado Ingeniero mecánico. Quito. Escuela politécnica nacional. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería mecánica. 2007. 115 p.
- MOTT, Robert. Diseño de Elementos De Máquinas. Traducido por Virgilio González y Pozo. 4 ed. México: Pearson Educación, 2006. 944 p. ISBN 970-26-0812-0.
- NORTON, Robert. Diseño de Maquinaria. 3 ed. México D.F.: Mc Graw Hill, 2006. 1048 p. ISBN 970-17-0257-3.
- Tecnologías: Tipos de frenos. Blogger: Susana C. [on line]. España [Citado el 13 de octubre de 2011] <URL: <http://tecnoydemastecno.blogspot.com/2011/04/ tipos-de-frenos.html>>

## **ANEXOS**


## ANEXO A: ESPECIFICACIONES DE MOTOCICLETAS

### Sport

Son las motos más comunes en el país, son usadas para el transporte y el trabajo. Son máquinas muy económicas en precio y consumo de combustible. Creadas para aplicaciones urbanas y suspensión ideal para el piloto y su acompañante, caracterizadas por su sistema de marchas mecánico que varía de 4 a 5 velocidades.

#### Bóxer clasic C100

BOXER CLASIC C100	
Largo total	--
Distancia entre ejes	--
Peso	118 kg
Cilindraje	94.4 cc
Potencia Máxima	7.6 Hp @ 8000 rpm
Torque máximo	7.5 Nm @ 6000 rpm



Fuente: Catalogo Bajaj 2012


#### Bóxer CT 100

BOXER CT 100	
Largo total	--
Distancia entre ejes	--
Peso	130 kg
Cilindraje	99.27 cc
Potencia Máxima	8.2 Hp @ 8000 rpm
Torque máximo	8.05 Nm @ 6000 rpm




Fuente: Catalogo Bajaj 2012

## Discover 100

<b>DISCOVER 100</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	109 kg	
Cilindraje	94.38 cc	
Potencia Máxima	7.6 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	7.5 Nm @ 7000 rpm	

Fuente: Catalogo Bajaj 2012

## Platino sport 100

<b>PLATINO SPORT 100</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	113 kg	
Cilindraje	99.27 cc	
Potencia Máxima	8.1 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	8.05 Nm @ 4500 rpm	


Fuente: Catalogo Bajaj 2012

## Platino 125

<b>PLATINO 125</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	--	
Cilindraje	124.58 cc	
Potencia Máxima	8.4 Hp @ 7000 rpm	
Torque máximo	10 Nm @ 5000 rpm	


Fuente: Catalogo Bajaj 2012

## Discover 125

<b>DISCOVER 125</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	119.2 Kg	
Cilindraje	124.6 cc	
Potencia Máxima	10.8 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	10.8 Nm @ 5500 rpm	


Fuente: Catalogo Bajaj 2012

## Boxer 150

<b>BOXER 150</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	123 Kg	
Cilindraje	144.8 cc	
Potencia Máxima	11.8 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	12,26 Nm @ 5000 rpm	


Fuente: Catalogo Bajaj 2012

## Pulsar 135R

<b>PULSAR 135R</b>		
Largo total	1995 mm	
Distancia entre ejes	1325 mm	
Peso	130 kg	
Cilindraje	134.6 cc	
Potencia Máxima	13.38 Hp @ 9000 rpm	
Torque máximo	11.4 Nm @ 7500 rpm	

Fuente: Catalogo Pulsar 2012

### Pulsar GP special edition 135

<b>PULSAR GP SPECIAL EDITION 135</b>		
Largo total	1995 mm	
Distancia entre ejes	1325 mm	
Peso	122 kg	
Cilindraje	134.66 cc	
Potencia Máxima	13.38 Hp @ 9000 rpm	
Torque máximo	11.4 Nm @ 7500 rpm	


Fuente: Catalogo Pulsar 2012

### Pulsar 180

<b>PULSAR 180</b>		
Largo total	2035 mm	
Distancia entre ejes	1350 mm	
Peso	147 kg	
Cilindraje	178.8 cc	
Potencia Máxima	17 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	14.22 Nm @ 6500 rpm	


Fuente: Catalogo Pulsar 2012

### Pulsar 220

<b>PULSAR 220</b>		
Largo total	2035 mm	
Distancia entre ejes	1350 mm	
Peso	152 kg	
Cilindraje	220 cc	
Potencia Máxima	20.71 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	19 Nm @ 7000 rpm	


Fuente: Catalogo Pulsar 2012

## Yamaha YBR 125

<b>YAMAHA YBR 125</b>		
Largo total	1995 mm	
Distancia entre ejes	1295 mm	
Peso	127 kg	
Cilindraje	124 cc	
Potencia Máxima	10,7 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	10.4 Nm @ 6500 rpm	


Fuente: Catalogo Yamaha 2012

## Honda eco deluxe

<b>HONDA ECO DELUXE</b>		
Largo total	1965 mm	
Distancia entre ejes	1235 mm	
Peso	107 kg	
Cilindraje	109.2 cc	
Potencia Máxima	7.6 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	7.55 Nm @ 6000 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Honda CB 110

<b>HONDA CB 110</b>		
Largo total	1972 mm	
Distancia entre ejes	1257 mm	
Peso	101.4 kg	
Cilindraje	109.2 cc	
Potencia Máxima	8.6 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	9 Nm @ 6000 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Honda CBF 125

<b>HONDA CBF 125</b>		
Largo total	2008 mm	
Distancia entre ejes	1269 mm	
Peso	129 kg	
Cilindraje	124.7 cc	
Potencia Máxima	11 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	11 Nm @ 6250 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Honda CB 150 invicta

<b>HONDA CB 150 INVICTA</b>		
Largo total	2069 mm	
Distancia entre ejes	1324 mm	
Peso	138 kg	
Cilindraje	149.1 cc	
Potencia Máxima	14 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	13 Nm @ 6500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## AKT sport

<b>AKT SPORT</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	95 kg	
Cilindraje	99.7 cc	
Potencia Máxima	7.48 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	7.5 Nm @ 5000 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

### AKT apache 150

<b>AKT APACHE 150</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	137 kg	
Cilindraje	177.4 cc	
Potencia Máxima	17.1 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	15.5 Nm @ 5500 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

### AKT 125 NKD

<b>AKT AK125 NKD</b>		
Largo total	1900 mm	
Distancia entre ejes	--	
Peso	98 kg	
Cilindraje	125 cc	
Potencia Máxima	10.34 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	9.3 Nm @ 7000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012


### Qingqi hercules 150

<b>QINGQI HERCULES 150</b>		
Largo total	2010 mm	
Distancia entre ejes	1275 mm	
Peso	115 kg	
Cilindraje	150 cc	
Potencia Máxima	11.26 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	11.5 Nm @ 7500 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Qingqi 2012

## Qingqi QM 250

QINGQI QM 250	
Largo total	2035 mm
Distancia entre ejes	1410 mm
Peso	170 kg
Cilindraje	250 cc
Potencia Máxima	21 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	19.5 Nm @ 6000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Qingqi 2012


### Under bone

Es un tipo de motocicleta ideal para transitar en la ciudad, de un modo cómodo y económico, su diseño cuenta con pastas laterales rígidas que permiten proteger al piloto en eventuales caídas. Permite buena maniobrabilidad en rutas urbanas, pues su suspensión es un tanto rígida y suaviza pequeñas irregularidades del terreno, pero no se recomienda para terrenos destapados.

Otro aspecto a favor es la ausencia de embrague manual, pues es una motocicleta semi automática y basta con realizar una maniobra de desaceleración rápida en el manubrio, para realizar el cambio de marcha dado que cuenta con un embrague centrifugo.


## Yamaha Crypton 115

YAMAHA CRYPTON 115	
Largo total	1930mm
Distancia entre ejes	1235 mm
Peso	97 Kg
Cilindraje	113,7 cc
Potencia Máxima	8 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	8,5 Nm @ 4000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

### Suzuki Best 125

<b>SUZUKI BEST 125</b>		
Largo total	1911mm	
Distancia entre ejes	1224 mm	
Peso	96,7 Kg	
Cilindraje	124,1 cc	
Potencia Máxima	9,5 Hp @ 9000 rpm	
Torque máximo	-- Nm @ -- rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Suzuki 2012

### Suzuki Vivax 115

<b>SUZUKI VIVAX 115</b>		
Largo total	1932mm	
Distancia entre ejes	1230 mm	
Peso	91 Kg	
Cilindraje	109,6 cc	
Potencia Máxima	7,7 Hp @ 7000 rpm	
Torque máximo	-- Nm @ -- rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Suzuki 2012

### Honda C100 Wave

<b>HONDA C100 WAVE</b>		
Largo total	1903mm	
Distancia entre ejes	1210 mm	
Peso	95 Kg	
Cilindraje	97,1 cc	
Potencia Máxima	6,8 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	7,06 Nm @ 6000 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

### Kymco Active 110

<b>KYMCO ACTIVE 110</b>		
Largo total	--mm	
Distancia entre ejes	-- mm	
Peso	96 Kg	
Cilindraje	107 cc	
Potencia Máxima	6,7 Hp @ 7000 rpm	
Torque máximo	7,4 Nm @ 4500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Kymco 2012

### Kymco Jetix 125

<b>KYMCO JETIX 125</b>		
Largo total	--mm	
Distancia entre ejes	-- mm	
Peso	110 Kg	
Cilindraje	125 cc	
Potencia Máxima	7,6 Hp @ 7000 rpm	
Torque máximo	8,5 Nm @ 5000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Kymco 2012


### AKT Komfort 115

<b>AKT KOMFORT 115</b>		
Largo total	1940mm	
Distancia entre ejes	1240 mm	
Peso	110 Kg	
Cilindraje	113 cc	
Potencia Máxima	7,9 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	-- Nm @ -- rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

## AKT 110 S


AKT 110 S	
Largo total	1898mm
Distancia entre ejes	-- mm
Peso	99 Kg
Cilindraje	107 cc
Potencia Máxima	7,48 Hp @ 8000 rpm
Torque máximo	6,5 Nm @ 6000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

## AKT Flex 125

AKT FLEX 125	
Largo total	1940mm
Distancia entre ejes	-- mm
Peso	100 Kg
Cilindraje	123,7 cc
Potencia Máxima	8,56 Hp @ 8000 rpm
Torque máximo	8,5 Nm @ 6000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

### Scooters

Las motocicletas tipo scooter son una línea de fácil manejo iniciando con la facilidad de montarse en ellas, no tienen un marco cerrado, sus ruedas son relativamente pequeñas y permiten subirse sin montar la pierna, ideal para algunas mujeres recatadas. Además su practicidad va acompañada del hecho de ser de marchas automáticas, gracias a que cuenta con una transmisión variable que en últimas se traduce en aumento de eficiencia mecánica y aumento de velocidad.


La seguridad es una característica principal de estas motocicletas, pues su carenado extendido permite dar protección a las extremidades inferiores del conductor, aspecto que también favorece su aerodinámica.

### Qingqi 421 R

<b>QINGQI 421R</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	115 kg	
Cilindraje	124.6 cc	
Potencia Máxima	8.5 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	--	

Fuente: Catalogo motocicletas Qingqi 2012

### Kymco Agility RS

<b>KYMCO AGILITY RS</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	107 kg	
Cilindraje	124.6 cc	
Potencia Máxima	9.3 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	9.6 Nm @ 6500 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Kymco 2012

### Kymco Like 125

<b>KYMCO LIKE 125</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	122 kg	
Cilindraje	124,6 cc	
Potencia Máxima	8.7 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	9.1 Nm @ 6500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Kymco 2012

### Kymco Agility City 150

<b>KYMCO AGILITY CITY 150</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	119 kg	
Cilindraje	146,6 cc	
Potencia Máxima	10.5 Hp @ 7000 rpm	
Torque máximo	11.5 Nm @ 5500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Kymco 2012

### Kymco Downtown 300i

<b>KYMCO DOWNTOWN 300i</b>		
Largo total	--	
Distancia entre ejes	--	
Peso	189 kg	
Cilindraje	298.9 cc	
Potencia Máxima	28.7 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	24.5 Nm @ 6500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Kymco 2012

### Yamaha Fino

<b>YAMAHA FINO</b>		
Largo total	1830 mm	
Distancia entre ejes	1240 mm	
Peso	95 kg	
Cilindraje	113 cc	
Potencia Máxima	7.78 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	7.4 Nm @ 6500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Yamaha BWS 125

<b>YAMAHA BWS 125</b>		
Largo total	1910 mm	
Distancia entre ejes	1290 mm	
Peso	117 kg	
Cilindraje	125 cc	
Potencia Máxima	9.1 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	9 Nm @ 5500 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Honda Elite 125

<b>HONDA ELITE 125</b>		
Largo total	1785 mm	
Distancia entre ejes	1211 mm	
Peso	117 kg	
Cilindraje	124.6 cc	
Potencia Máxima	7.8 Hp @ 7800 rpm	
Torque máximo	7.6 Nm @ 6000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012


## AKT Dynamic 125

<b>AKT DYNAMIC 125</b>		
Largo total	1905mm	
Distancia entre ejes	-- mm	
Peso	102 Kg	
Cilindraje	124,6 cc	
Potencia Máxima	8,9 Hp @ 9500 rpm	
Torque máximo	8,6 Nm @ 7000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

## AKT Jet4 125

AKT JET4 125	
Largo total	1900 mm
Distancia entre ejes	1330 mm
Peso	119 Kg
Cilindraje	124,6 cc
Potencia Máxima	8,9 Hp @ 9500 rpm
Torque máximo	8,6 Nm @ 7000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012


## Motocross y Enduro

Este tipo de motocicletas son robustas ideales para tratos fuertes y ejercicios acrobáticos. Están hechas para saltar y permitir maniobrabilidad ante obstáculos, su funcionalidad va desde los terrenos escarpados hasta la pista de carreras en pavimento. Esta versatilidad se debe a que sus ruedas son grandes y cuentan con una gran banda de rodadura, con grandes prestaciones en las curvas cerradas, además su bajo peso y excelente sistema de suspensión permiten absorber fluctuaciones del terreno y dar estabilidad y confort al piloto.

Su característica más importante rapidez con que se puede acelerar debido a su baja relación peso potencia.

## Yamaha XTZ 250


YAMAHA XTZ 250	
Largo total	2125 mm
Distancia entre ejes	1390 mm
Peso	141 Kg
Cilindraje	249 cc
Potencia Máxima	20,4 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	20,5 Nm @ 6500 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Yamaha XTZ 125


<b>YAMAHA XTZ 125</b>	
Largo total	2090 mm
Distancia entre ejes	1340 mm
Peso	114 Kg
Cilindraje	123,7 cc
Potencia Máxima	9,9 Hp @ 8000 rpm
Torque máximo	11,6 Nm @ 6500 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Honda CRF 250X


<b>HONDA CRF 250X</b>	
Largo total	2174 mm
Distancia entre ejes	1481 mm
Peso	123 Kg
Cilindraje	249 cc
Potencia Máxima	29,4 Hp @ 9000 rpm
Torque máximo	24,2 Nm @ 8000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012


## Honda CRF 250R

<b>HONDA CRF 250R</b>	
Largo total	2183 mm
Distancia entre ejes	1488 mm
Peso	120 Kg
Cilindraje	249,4 cc
Potencia Máxima	42,9 Hp @ 11000 rpm
Torque máximo	29 Nm @ 8000 rpm




Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Honda XR 250 Tornado

<b>HONDA XR 250 TORNADO</b>		
Largo total	2147 mm	
Distancia entre ejes	1427 mm	
Peso	142 Kg	
Cilindraje	249 cc	
Potencia Máxima	23,3 Hp @ 7500 rpm	
Torque máximo	24,2 Nm @ 6000 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Honda XR 125L

<b>HONDA XR 125L</b>		
Largo total	2105mm	
Distancia entre ejes	1355 mm	
Peso	119,1 Kg	
Cilindraje	124 cc	
Potencia Máxima	11,13 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	10,5 Nm @ 7000 rpm	


Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Honda 100F

<b>HONDA 100F</b>		
Largo total	1853mm	
Distancia entre ejes	1249 mm	
Peso	81 Kg	
Cilindraje	99 cc	
Potencia Máxima	9,79 Hp @ 9500 rpm	
Torque máximo	7,9 Nm @ 7000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Honda 2012

## Suzuki DR 200

<b>SUZUKI DR 200</b>		
Largo total	2150mm	
Distancia entre ejes	1405 mm	
Peso	121 Kg	
Cilindraje	200 cc	
Potencia Máxima	20,27 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	18,14 Nm @ 7000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas Suzuki 2012

## AKT XM 180

<b>AKT XM 180</b>		
Largo total	2170mm	
Distancia entre ejes	-- mm	
Peso	130 Kg	
Cilindraje	180 cc	
Potencia Máxima	14,3 Hp @ 8500 rpm	
Torque máximo	13 Nm @ 6000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

## AKT 150 TT

<b>AKT 150 TT</b>		
Largo total	2110mm	
Distancia entre ejes	-- mm	
Peso	-- Kg	
Cilindraje	149 cc	
Potencia Máxima	11,56 Hp @ 8000 rpm	
Torque máximo	10,5 Nm @ 7000 rpm	

Fuente: Catalogo motocicletas AKT 2012

## Qingqi QMT 250

QINGQI QMT 250	
Largo total	2155mm
Distancia entre ejes	1440 mm
Peso	142 Kg
Cilindraje	249 cc
Potencia Máxima	21 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	19,5 Nm @ 6000 rpm

A side-profile photograph of a black and silver Qingqi QMT 250 motorcycle. The bike features a standard cruiser-style design with a large fuel tank, a wide seat, and a prominent rear fender. The engine is centrally located, and the exhaust pipe is visible on the right side. The front and rear wheels are equipped with disc brakes.


Fuente: Catalogo motocicletas Qingqi 2012

## Superbikes

Las motocicletas denominadas superbikes son aquellas que permiten una posición deportiva al piloto el cual generalmente va inclinado hacia delante. Generalmente están hechas para la competición, cuentan con una elevada relación peso/potencia, el diseño de su carenado es el más completo y aerodinámico de todos los tipos de motocicleta, a la vez que brindan protección a los elementos mecánicos, tienen un sonido característico alto aunque tiende a ser un poco agudo.

## Kawasaki Ninja 250


KAWASAKI NINJA 250	
Largo total	2085mm
Distancia entre ejes	1400 mm
Peso	163 Kg
Cilindraje	249 cc
Potencia Máxima	31,5 Hp @ 11000 rpm
Torque máximo	21,7 Nm @ 8500 rpm

A side-profile photograph of a bright green Kawasaki Ninja 250 motorcycle. This is a sport bike with a full fairing, a low seat, and a highly aerodynamic design. The engine is visible through the fairing, and the bike has a prominent front fairing and a rear cowl. The wheels are spoked, and the overall appearance is that of a high-performance racing machine.

Fuente: Catalogo motocicletas Kawasaki 2012

## Yamaha Fazer


YAMAHA FAZER	
Largo total	1973 mm
Distancia entre ejes	1334 mm
Peso	141 Kg
Cilindraje	153 cc
Potencia Máxima	13.54 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	13.6 Nm @ 6000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Yamaha FZ16


YAMAHA FZ 16	
Largo total	2075 mm
Distancia entre ejes	1334 mm
Peso	124 Kg
Cilindraje	153 cc
Potencia Máxima	13.5 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	13.6 Nm @ 6000 rpm



Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Yamaha YZF R15


YAMAHA YZF R15	
Largo total	1970 mm
Distancia entre ejes	1345 mm
Peso	125 Kg
Cilindraje	150 cc
Potencia Máxima	16.3 Hp @ 8500 rpm
Torque máximo	--



Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## Yamaha Fazer 250

YAMAHA FAZER 250	
Largo total	2065 mm
Distancia entre ejes	1360 mm
Peso	153 Kg
Cilindraje	249 cc
Potencia Máxima	20.6 Hp @ 7500 rpm
Torque máximo	20.5 Nm @ 6500 rpm

A side view of a red and silver Yamaha Fazer 250 motorcycle. The bike is shown from a three-quarter front view, highlighting its sleek, aerodynamic design. It features a prominent red fuel tank and side panels, with silver accents on the engine, exhaust, and front fairing. The motorcycle is equipped with a black seat, a rearview mirror, and a headlight. The wheels are black with multi-spoke rims. The background is plain white.

Fuente: Catalogo motocicletas Yamaha 2012

## ANEXO B: NORMA NOM-047-SEMARNAT-1999

(Pagina 13)

**9.10.5** Se deben realizar tres mediciones con cada gas patrón y comparar las lecturas con los valores del gas patrón utilizando la siguiente relación:

$$A\% = \frac{(\text{Lectura Promedio} - \text{Valor de gas})}{\text{valor de gas patrón}} \cdot 100$$

Para los hidrocarburos, se debe determinar el tanto por ciento de tolerancia (A%) después de haber dividido la lectura de los hidrocarburos por su Factor de Equivalencia del Propano (FEP).

El valor máximo permisible de A% para considerar al equipo dentro de tolerancia, debe ser de  $\pm 10\%$  para la prueba estática y de  $\pm 8\%$  para la prueba dinámica en todos los parámetros.

### **9.11** Especificaciones del tacómetro.

El equipo debe proveerse con dos tipos de lector de revoluciones por minuto.

Un sensor para cable de bujía.

Un sensor de no contacto.

El tacómetro debe tener la capacidad de medir la velocidad angular del motor expresada en revoluciones por minuto con una precisión de  $\pm 3\%$  y con un tiempo de respuesta de un segundo.

### **9.12** Especificaciones del dinamómetro.

En lo referente al dinamómetro, éste tendrá los rodillos necesarios para soportar las ruedas motrices de los vehículos que serán examinados y permitir su rotación continua. La potencia generada por el motor del vehículo que pasa a los rodillos a través de las llantas, deberá ser transmitida a un aparato de absorción de energía. Las características físicas del diseño de la unidad de absorción de energía debe permitir variar y controlar la carga aplicada al motor.

El marco y los conjuntos de rodillo deberán estar colocados al nivel del piso de forma tal que permitan que los vehículos de cualquier marca sean colocados fácilmente sobre los rodillos y los frenos de los rodillos permitan una entrada y salida rápida de los vehículos al dinamómetro. El diseño del dinamómetro debe permitir la prueba segura de los vehículos con tracción delantera.

### **9.13** Capacidades del dinamómetro.

**9.13.1** La capacidad de carga de los rodillos debe soportar un peso mínimo de 3 500 kilogramos en el eje durante la prueba funcional de verificación.

**9.13.2** Cada rodillo debe tener un diámetro mínimo de 20.32 centímetros (8 pulgadas)

**9.13.3** La distancia entre los ejes de un par de rodillos debe conformar a la siguiente expresión:

$$\text{Distancia entre ejes} = (61.913 + D) * \text{seno } 31.62^\circ.$$

**9.13.4** Los rodillos deben alojar vehículos con una separación mínima interior entre las llantas de 86 centímetros y una distancia máxima entre las caras exteriores de los neumáticos de 250 centímetros.

**9.13.5** La inercia total rotativa del dinamómetro debe estar en el rango de 272.15 a 907.18 kilogramos (600 a 2 000 libras) y conocido con una tolerancia máxima de  $\pm 18.14$  kilogramos (40 libras).

**9.13.6** Todos los dinamómetros deben tener la capacidad de absorber 19 kilowatts a cualquier velocidad que sea superior a 22 kilómetros por hora de forma continua en pruebas con una duración de 5 minutos con 30 segundos de reposo entre prueba y prueba.

**9.13.7** El dinamómetro debe permitir la realización de pruebas a cualquier velocidad comprendida entre 0 y 100 kilómetros por hora.

### **9.14** Incertidumbre de medición del dinamómetro.

## ANEXO C: TAMAÑO DE RODILLOS

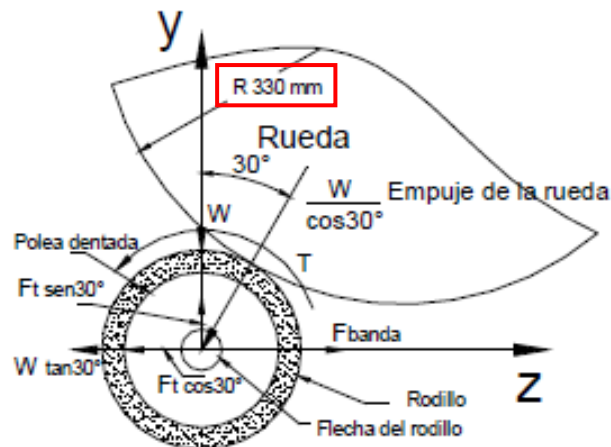
### DISEÑO DE LOS RODILLOS DE UN DINAMÓMETRO DE CHASIS MEDIANTE EL CÁLCULO DE DEFLEXIONES MÍNIMAS Y VELOCIDAD CRÍTICA

#### CARGAS SOBRE EL RODILLO

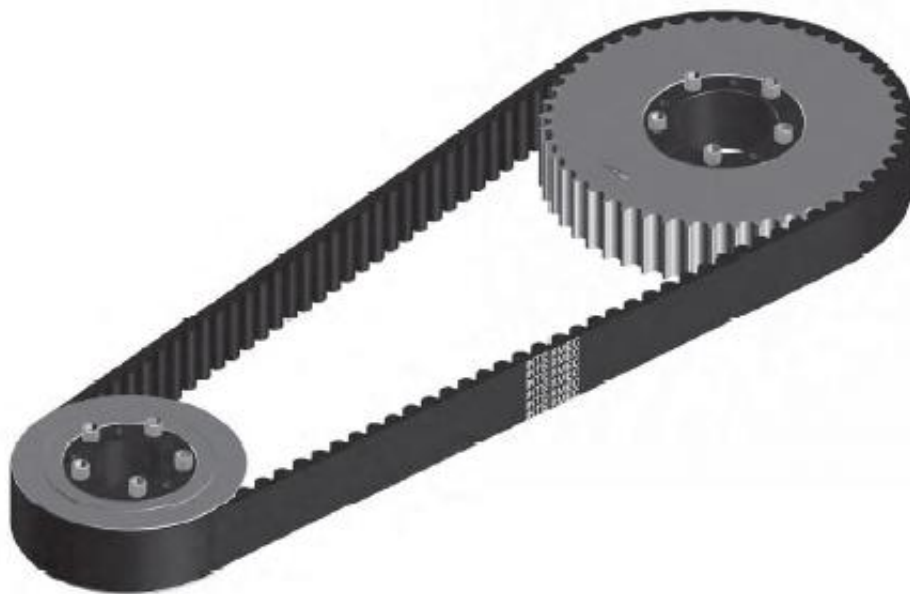
**Datos.** Atendiendo a las normas se tienen los datos mostrados en la *tabla 2*:

**TABLA 2. Especificaciones del dinamómetro**

Carga mínima que debe soportar el dinamómetro	$W_T$	34,335 N
Carga mínima que debe soportar cada rodillo	$W$	8584 N
Potencia máxima de carga	hp	11.1
Diámetro exterior del rodillo	$D$	0.2175 m
Velocidad de prueba	$v$	40 km/h
	$\omega$	980 rpm
Torque = $hp/\omega$	$M_t$	80 Nm
Fuerza del torque = $2T/D$	$F_t$	735 N
Velocidad máxima	$v_{max}$	80 km/h
	$\omega_{max}$	2450 rpm
Longitud mínima del área de contacto de cada rodillo		640 mm
Longitud del tubo del rodillo normalizada por los centros de verificación	LER	889 mm
Separación entre rodillos	$S$	434mm
Angulo de contacto	$\theta$	$30^\circ$
Diámetro de paso de la polea dentada	$D_p$	160.4 mm
Fuerza transmitida por la banda dentada = $2T/D_p$	$F_{banda}$	996 N



**ANEXO D: TRANSMISIONES POR CORREAS DENTADAS SINCRONICAS**



**TRANSMISIONES SINCRÓNICAS**

Páginas  
**39 a 84**

## CORREAS SINCRÓNICAS

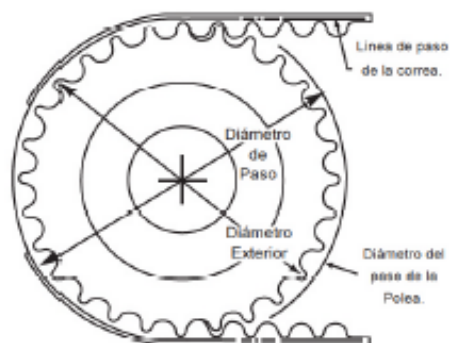
Las tres dimensiones principales que forman la referencia de una correa Sincronica son:

### Longitud - Paso - Ancho

#### Longitud

Es el largo de la correa (circunferencia) tomado en pulgadas sobre la línea del paso por donde corren sus cuerdas de tensión.

Ejemplo: **480 - 8M - 20**  
 ↗ longitud  
 480 mm

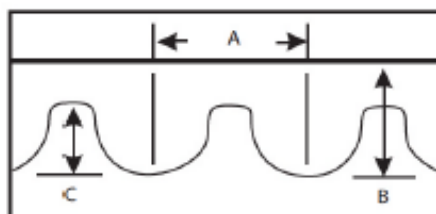


#### Paso

Es la distancia en milímetros existente entre un diente y el siguiente. Son cinco pasos que se identifican de la siguiente manera:

PASO	LETRA
3 mm	3M
5 mm	5M
8 mm	8M
14 mm	14M
20 mm	20M

Ejemplo: 480 - **8M** - 20  
 ↘ paso 8 mm



PASO DE CORREA	A	B	C
<b>5MM</b>	5MM .197 Pulg.	3.81MM .150 Pulg.	2.08MM .082 Pulg.
<b>8MM</b>	8MM .315 Pulg.	6MM .236 Pulg.	3.4MM .133 Pulg.
<b>14MM</b>	14MM .552 Pulg.	10MM .394 Pulg.	6.0MM .237 Pulg.
<b>20MM</b>	20MM .784 Pulg.	13.2MM .520 Pulg.	8.4MM .330 Pulg.

#### Ancho

Se mide en milímetros y se escribe al final de la referencia.

Ejemplo: 480 - 8M - **20**  
 ↘ ancho 20 mm

## CORREAS DENTADAS SINCRÓNICAS

### SIGNIFICADO DE LA REFERENCIA



**8M**



### CORREAS 8M (PASO 8mm)

Referencia	No. de Dientes	Longitud (mm)	Pulg.
480-8M-20	60	480	18,90
480-8M-30	60	480	18,90
480-8M-50	60	480	18,90
480-8M-85	60	480	18,90
560-8M-20	70	560	22,05
560-8M-30	70	560	22,05
560-8M-50	70	560	22,05
560-8M-85	70	560	22,05
600-8M-20	75	600	23,62
600-8M-30	75	600	23,62
600-8M-50	75	600	23,62
600-8M-85	75	600	23,62
640-8M-20	80	640	25,20
640-8M-30	80	640	25,20
640-8M-50	80	640	25,20
640-8M-85	80	640	25,20
720-8M-20	90	720	28,35
720-8M-30	90	720	28,35
720-8M-50	90	720	28,35
720-8M-85	90	720	28,35
800-8M-20	100	800	31,50
800-8M-30	100	800	31,50
800-8M-50	100	800	31,50
800-8M-85	100	800	31,50
880-8M-20	110	880	34,65
880-8M-30	110	880	34,65
880-8M-50	110	880	34,65
880-8M-85	110	880	34,65
960-8M-20	120	960	37,80
960-8M-30	120	960	37,80
960-8M-50	120	960	37,80
960-8M-85	120	960	37,80
1040-8M-20	130	1040	40,94
1040-8M-30	130	1040	40,94
1040-8M-50	130	1040	40,94
1040-8M-85	130	1040	40,94
1120-8M-20	140	1120	44,09
1120-8M-30	140	1120	44,09
1120-8M-50	140	1120	44,09
1120-8M-85	140	1120	44,09
1200-8M-20	150	1200	47,24
1200-8M-30	150	1200	47,24
1200-8M-50	150	1200	47,24
1200-8M-85	150	1200	47,24
1224-8M-20	153	1224	48,19
1224-8M-30	153	1224	48,19

1224-8M-50	153	1224	48,19
1224-8M-85	153	1224	48,19
1280-8M-20	160	1280	50,39
1280-8M-30	160	1280	50,39
1280-8M-50	160	1280	50,39
1280-8M-85	160	1280	50,39
1440-8M-20	180	1440	56,69
1440-8M-30	180	1440	56,69
1440-8M-50	180	1440	56,69
1440-8M-85	180	1440	56,69
1600-8M-20	200	1600	62,99
1600-8M-30	200	1600	62,99
1600-8M-50	200	1600	62,99
1600-8M-85	200	1600	62,99
1760-8M-20	220	1760	69,29
1760-8M-30	220	1760	69,29
1760-8M-50	220	1760	69,29
1760-8M-85	220	1760	69,29
1800-8M-20	225	1800	70,87
1800-8M-30	225	1800	70,87
1800-8M-50	225	1800	70,87
1800-8M-85	225	1800	70,87
2000-8M-20	250	2000	78,74
2000-8M-30	250	2000	78,74
2000-8M-50	250	2000	78,74
2000-8M-85	250	2000	78,74
2400-8M-20	300	2400	94,49
2400-8M-30	300	2400	94,49
2400-8M-50	300	2400	94,49
2400-8M-85	300	2400	94,49
2600-8M-20	325	2600	102,36
2600-8M-30	325	2600	102,36
2600-8M-50	325	2600	102,36
2600-8M-85	325	2600	102,36
2800-8M-20	350	2800	110,24
2800-8M-30	350	2800	110,24
2800-8M-50	350	2800	110,24
2800-8M-85	350	2800	110,24
3048-8M-20	381	3048	120,00
3048-8M-30	381	3048	120,00
3048-8M-50	381	3048	120,00
3048-8M-85	381	3048	120,00
3280-8M-20	410	3280	129,13
3280-8M-30	410	3280	129,13
3280-8M-50	410	3280	129,13
3280-8M-85	410	3280	129,13
3600-8M-20	450	3600	141,73
3600-8M-30	450	3600	141,73
3600-8M-50	450	3600	141,73
3600-8M-85	450	3600	141,73
4400-8M-20	550	4400	173,23
4400-8M-30	550	4400	173,23
4400-8M-50	550	4400	173,23
4400-8M-85	550	4400	173,23



## TABLA DE DIAMETROS DE POLEAS DENTADAS PARA CORREAS SINCRÓNICAS

Dientes	Diámetro exterior en milímetros			
	5M Paso 5mm	8M Paso 8mm	14M Paso 14mm	20M Paso 20mm
15	22,73	36,81		
16	24,32	39,36		
17	25,92	41,91		
18	27,51	44,45	77,56	
19	29,10	47,00	82,00	
20	30,69	49,54	86,47	
21	32,28	52,09	90,93	
22	33,87	54,64	95,37	135,76
23	35,47	57,20	99,83	142,12
24	37,06	59,74	104,29	148,49
25	38,65	62,28	108,75	154,85
26	40,24	64,85	113,20	161,22
27	41,83	67,39	117,66	167,59
28	43,42	70,08	122,12	173,95
29	45,01	72,62	126,57	180,32
30	46,61	75,13	130,99	188,89
31	48,20	77,65	135,46	193,05
32	49,79	80,16	139,88	199,42
33	51,38	82,68	144,34	209,78
34	52,97	85,22	148,79	212,15
35	54,56	87,76	153,24	218,52
36	56,16	90,30	157,68	224,88
37	57,75	92,85	162,13	231,25
38	59,34	95,39	166,60	237,61
39	60,93	97,94	171,02	243,98
40	62,52	100,49	175,49	250,35
41	64,11	103,03	179,92	256,71
42	65,71	105,58	184,37	263,06
43	67,30	108,13	188,83	269,45
44	68,89	110,67	193,28	275,81
45	70,48	113,22	197,74	282,18
46	72,07	115,77	202,20	288,54
47	73,66	118,31	206,65	294,91
48	75,25	120,86	211,11	301,28
49	76,85	123,41	215,57	307,64
50	78,44	125,96	220,02	314,01
51	80,03	128,50	224,48	320,38
52	81,62	131,05	228,94	326,74
53	83,21	133,59	233,39	333,11
54	84,80	136,14	237,85	339,47
55	86,40	138,68	242,30	345,84
56	87,99	141,23	246,76	352,21
57	89,58	143,78	251,22	358,57

Dientes	Diámetro exterior en milímetros			
	5M Paso 5mm	8M Paso 8mm	14M Paso 14mm	20M Paso 20mm
58	91,17	146,32	255,67	364,94
59	92,76	148,87	260,13	371,30
60	94,35	151,42	264,59	377,67
61	95,94	153,96	269,04	384,04
62	97,54	156,51	273,50	390,40
63	99,13	159,06	277,95	396,77
64	100,72	161,60	282,41	403,14
65	102,31	164,15	286,87	409,50
66	103,90	166,70	291,32	415,87
67	105,49	169,24	295,78	422,23
68	107,09	171,79	300,24	428,60
69	108,68	174,34	304,69	434,97
70	110,27	176,88	309,15	441,33
71	111,86	179,43	313,61	447,70
72	113,45	181,97	318,06	454,07
73	115,04	184,52	322,52	460,43
74	116,63	187,07	326,97	466,80
75	118,23	189,61	331,43	473,16
76	119,82	192,16	335,89	479,53
77	121,41	194,71	340,34	485,90
78	123,00	197,25	344,80	492,26
79	124,59	199,81	349,26	498,63
80	126,18	202,35	353,71	504,99
81	127,78	204,89	358,17	511,36
82	129,37	207,44	362,63	517,73
83	130,96	209,99	367,08	524,09
84	132,55	212,53	371,54	530,46
85	134,14	215,08	375,99	536,83
86	135,73	217,63	380,45	543,19
87	137,32	220,17	384,91	549,56
88	138,92	222,72	389,36	555,92
89	140,51	225,27	393,82	562,29
90	142,10	227,81	398,28	568,66
91	143,69	230,36	402,73	575,02
92	145,28	232,90	407,19	581,39
93	146,87	235,45	411,64	587,76
94	148,47	238,00	416,10	594,12
95	150,06	240,54	420,56	600,49
96	151,65	243,09	425,01	606,85
97	153,24	245,64	429,47	613,22
98	154,83	248,18	433,93	619,59
99	156,42	250,73	438,38	625,95
100	158,01	253,28	442,84	632,32

NOTA: las poleas cuyos diámetros se encuentran en azul pueden ser utilizados, si una combinación de la vista del de la correa es permitida.

### POLEAS CON PESTAÑAS

Debido a que las correas dentadas tienen una presión inherente suave lateral, es necesario utilizar al menos una polea con pestañas para evitar que la correa se deslice. Generalmente, para economizar, la polea más pequeña de la transmisión tiene las pestañas. Sin embargo, cuando la distancia entre centros de las poleas es mayor a 8 veces el diámetro de la polea menor, o cuando los ejes no son horizontales, o la transmisión tiene más de 2 poleas, ambas deben tener pestañas.

## Procedimiento de Selección

### 1. Reuna la siguiente información:

- \* HP y tipo de unidad motriz
- \* RPM de la unidad motriz
- \* RPM de la máquina a impulsar
- \* Diámetros de los ejes y dimensión de los cueros
- \* Distancia entre centros de los ejes
- \* Tipo de equipo a impulsar

### Ejemplo:

- \* Motor eléctrico de 30 HP
- \* 1.160 RPM
- \* 580 RPM
- \* Motor 2-3/8", Bomba 3"
- \* 760 mm, puede ajustarse aprox. a + ó - 25mm
- \* Bomba de piñones

### 2. Determine la Potencia del Diseño en HP:

Revítese a la tabla 3 "Factores de Servicio Básicos" y según el tipo de aplicación encuentre el factor. Multiplique los HP de la unidad motriz por el factor, determinado así la potencia de Diseño.

### Ejemplo:

Polca motriz ..... 30 HP  
 Factor de servicio para Bombas centrífugas... X 1,7  
 Potencia de Diseño..... **51 HP**

### 3. Elija el paso de la Correa:

Localice en la tabla 4, las RPM de la polea más pequeña (columna horizontal abajo) y los HP de la potencia de Diseño del punto anterior (primera columna vertical izquierda). Al cruzar estas dos líneas encontrará el paso ó (letra) de la correa recomendada. Si el cruce de las líneas da muy cerca al límite entre dos pasos, considere ambas opciones.

### Ejemplo:

Correa 14M resultante de cruzar en las tablas los 51 HP con los 1.160 RPM.

### 4. Establezca la relación de velocidad:

La "Relación de Velocidad" se obtiene dividiendo las RPM mayores entre las RPM menores.

### Ejemplo:

$$\frac{\text{RPM Motriz}}{\text{RPM Impulsada}} = \frac{1.160}{580} = 2$$

### 5. Encontrando una transmisión estándar:

Localice las tablas de selección de transmisiones estándar (pág 51 a 76) correspondientes al paso (o letra) de la correa seleccionada en el punto 3. Luego, ubique, la relación de velocidad (punto 4) en la primera columna a la izquierda. Para la mayoría de las relaciones de velocidad encontrará más de una combinación de poleas. Siguiendo por el mismo renglón están las distancias entre centros de los ejes (milímetros y pulgadas) que se obtienen con cada una de las correas estándar (arriba).

### Ejemplo:

#### Tabla pág. 67, relación 2

Polea motriz..... **28-14M**  
 Polea impulsada ..... **56-14M**  
 Longitud de correa estándar ..... **2100-14M**  
 Distancia entre centros ..... **753,4**

### 6. Ancho de la Correa:

En las páginas 77 a 84 encontrará las tablas de capacidad de transmisión con correas de diferentes anchos estándar. Según el número de dientes y las RPM de la polea menor, escoja el ancho de la correa que transmita los HP de diseño requeridos (punto 2).

### En Resumen:

#### Tabla inferior pág. 81

Polea motriz ..... Ref: **28-14M-115**  
 Polea impulsada ..... Ref: **56-14M-115**  
 Correa ..... Ref: **2100-14M-115**

Se eligió una correa de 115 mm de ancho pues con la polea de 28 dientes transmite 57,7 hp a 1160 rpm

## Factores de Servicio Básicos para Máquinas

Tabla 3

TIPO		FACTOR
Agitadores, batidores (Pala ó propulsor)	Líquido	1.6
	Semilíquido	1.7
Maquinaria de panadería	Batidoras de masa	1.6
Maquinaria para ladrillos y barro	Taladros, batidoras y granuladores	1.7
	amasadoras	2.0
Centrifugadores		1.9
Compresores	Recíprocos	2.2
	centrífugos	1.7
Transportadores	Banda, carga ligera;	1.5
	banda para horno; mineral, carbón,	1.7
	aprox. Langdon, espiral, tubicoidal	1.8
Ventiladores, Sopladores	Centrífugos, propulsores, ventiladores	1.8
	para minas, sopladores positivos	2.0
Generadores y excitadores		1.8
Molinos para de martillos		1.9
Grúas, elevadores		1.8
Maquinaria para lavanderías	General	1.6
	Extractores, lavadoras	1.8
Eje de línea		1.7
Máquinas herramientas	Taladros, tomos	1.9
	máquinas de tornillo, esmeril	1.7
	fresadoras, cepillos, troqueles	1.7
Molinos	Bola, varilla, granulo, etc.	2.2
Maquinaria para papel	Agitadores, calandrias, secadoras,	1.6
	desfibradoras, bombas nash	1.9
Maquinaria para imprentas	Imprentas, periódicos, rotativas, planas, revista; máquinas de linolipo, cortadoras, plegadoras	1.6
Bombas	Centrífugas, engranes rotarios,	1.7
	tubular, recíprocas	2.2
Maquinarias para plantas de hule		1.8
Maquinarias para aserraderos		1.8
Cribas	Vibradoras, (agitadoras)	1.7
	tambor, cónico	1.5
Maquinaria textil	Telares, hilanderías, carretes, urdimbre	1.8
		1.7
Maquinaria para trabajos en madera	Tornos, sierras sifón, sierras circulares,	1.4
	cepillos	1.6

### IMPORTANTE:

Es preferible elegir siempre una transmisión de mayor capacidad a la calculada que una ligeramente inferior. Recuerde que las transmisiones NO deben emplearse como "fusible", pues para ello existen dispositivos mecánicos y eléctricos específicos.

### FACTORES DE SERVICIO ADICIONALES

CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Por cada rueda loco	Suma 0.2
Por 10 a 16 horas de servicio	Suma 0.2
Por 16 a 24 horas de servicio	Suma 0.3

SÓLO CORREAS DE 14 mm y 20 mm	
Hasta 200 RPM	Suma 0.3
201 a 400 RPM	Suma 0.2
401 a 600 RPM	Suma 0.1

### TRANSMISIONES DE ACELERACIÓN

Para transmisiones de aceleración, añada al factor básico de servicio el factor adicional mostrado abajo.

Relación de Rango de Aceleración	Factor Adicional
1 a 1.24	ninguno
1.25 a 1.74	.10
1.75 a 2.49	.20
2.50 a 3.49	.30
3.50 o más	.40

Los factores de servicio adicionales se requieren para condiciones poco usuales tales como inversión de carga, carga pesada, freno eléctrico. Estos deben ser determinados por un especialista en transmisión.

Formula para el cálculo de la longitud de correas para transmisiones especiales que no se encuentran predeterminadas en este manual.

$$Lp = 2C + 1.57 (D+d) + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

Donde:

- Lp: largo de la correa en pulgadas
- D: diámetro de la polea mayor en pulgadas
- d: diámetro de la polea menor en pulgadas
- C: distancia entre centros en pulgadas



## Tablas de Capacidad de Transmisión con Correas 8M de Anchos Estándar

RANGO DE HP — 20mm (.79 pulg.) ancho de correa (8M-20)																	
No. de Ejes		22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	44	48	56	64	72	80
HP	mm in.	56.02 2.206	61.12 2.406	66.21 2.607	71.30 2.807	76.39 3.008	81.49 3.209	86.58 3.409	91.67 3.609	96.77 3.810	101.86 4.010	112.05 4.411	122.23 4.812	142.60 5.614	162.97 6.416	183.35 7.218	203.72 8.020
8M DE LA PULGA MENOR	10	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09	0.09	0.11	0.12	0.14	0.15
	20	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30
	40	0.09	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28	0.30	0.33	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60
	60	0.13	0.15	0.15	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.42	0.45	0.50	0.54	0.64	0.73	0.82	0.91
	100	0.22	0.25	0.30	0.36	0.42	0.48	0.55	0.62	0.70	0.79	0.93	1.01	1.06	1.21	1.36	1.51
	200	0.44	0.49	0.60	0.71	0.83	0.96	1.10	1.25	1.40	1.51	1.68	1.79	2.06	2.32	2.58	2.84
	300	0.66	0.72	0.86	1.03	1.20	1.39	1.58	1.80	2.03	2.19	2.39	2.58	2.97	3.35	3.72	4.09
	400	0.87	0.95	1.12	1.33	1.56	1.80	2.06	2.34	2.63	2.84	3.19	3.36	3.84	4.33	4.81	5.28
	500	1.09	1.19	1.37	1.63	1.91	2.20	2.52	2.85	3.21	3.47	3.78	4.09	4.69	5.28	5.86	6.43
	600	1.31	1.43	1.62	1.92	2.24	2.59	2.96	3.36	3.78	4.09	4.45	4.81	5.51	6.20	6.88	7.54
	700	1.53	1.67	1.87	2.20	2.55	2.94	3.35	3.80	4.23	4.59	5.18	5.51	6.32	7.10	7.87	8.63
	800	1.75	1.90	2.09	2.46	2.90	3.35	3.82	4.34	4.80	5.20	5.74	6.20	7.10	7.90	8.64	9.39
	970	1.00	2.07	2.25	2.67	3.13	3.61	4.13	4.68	5.26	5.69	6.18	6.69	7.64	8.59	9.51	10.41
	1000	2.19	2.38	2.57	3.03	3.54	4.09	4.67	5.29	5.95	6.43	6.99	7.54	8.63	9.69	10.71	11.71
	1190	2.53	2.76	2.99	3.45	4.03	4.64	5.32	6.03	6.77	7.32	7.85	8.59	9.81	11.00	12.15	13.28
	1200	2.61	2.85	3.09	3.56	4.16	4.80	5.49	6.21	6.98	7.54	8.29	8.84	10.10	11.32	12.50	13.64
	1400	3.03	3.32	3.59	4.07	4.76	5.50	6.29	7.11	7.96	8.63	9.37	10.10	11.52	12.88	14.19	15.45
	1600	3.46	3.79	4.10	4.68	5.35	6.17	7.05	7.99	8.96	9.69	10.61	11.52	12.88	14.38	15.89	17.16
	1750	3.00	4.14	4.43	4.95	5.70	6.67	7.72	8.82	9.90	10.40	11.04	12.00	13.07	15.45	16.93	18.30
	2000	4.33	4.72	5.11	5.60	6.48	7.48	8.54	9.66	10.85	11.71	12.69	13.64	15.45	17.10	18.75	20.22
2400	5.18	5.64	6.10	6.69	7.87	9.13	10.46	11.86	13.34	14.34	15.44	16.74	18.50	20.64	22.18	23.77	
2800	6.02	6.55	7.07	7.75	9.00	10.42	11.91	13.48	15.13	15.45	16.99	18.81	20.93	23.61	26.43	29.25	
3200			8.03	8.79	9.99	11.04	12.59	14.22	15.93	17.15	18.44	19.94	21.81	23.64	25.08		
3500					10.29	11.85	13.50	15.24	17.07	18.36	19.68	20.91	23.06	24.75			
4000						13.11	14.92	16.82	18.82	20.22	21.58	22.77	27.75				
4500							16.21	18.26	20.41	21.88	23.19	24.31					
5000								19.34	21.81	23.32	24.94	25.91					
5500									23.01	24.54	25.60						
RANGO DE HP — 30mm (1.18 pulg.) ancho de correa (8M-30)																	
No. de Ejes		22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	44	48	56	64	72	80
HP	mm in.	56.02 2.206	61.12 2.406	66.21 2.607	71.30 2.807	76.39 3.008	81.49 3.209	86.58 3.409	91.67 3.609	96.77 3.810	101.86 4.010	112.05 4.411	122.23 4.812	142.60 5.614	162.97 6.416	183.35 7.218	203.72 8.020
8M DE LA PULGA MENOR	10	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.19	0.21	0.24
	20	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22	0.24	0.26	0.29	0.33	0.38	0.43	0.48
	40	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26	0.30	0.35	0.39	0.44	0.48	0.52	0.57	0.67	0.76	0.86	0.96
	60	0.21	0.23	0.25	0.34	0.39	0.46	0.52	0.59	0.66	0.72	0.79	0.86	1.00	1.14	1.29	1.43
	100	0.34	0.39	0.47	0.56	0.66	0.76	0.87	0.98	1.11	1.19	1.31	1.40	1.67	1.81	2.15	2.38
	200	0.69	0.76	0.94	1.12	1.31	1.52	1.74	1.97	2.21	2.38	2.61	2.80	3.25	3.67	4.08	4.48
	300	1.03	1.13	1.33	1.62	1.90	2.19	2.51	2.84	3.20	3.45	3.77	4.06	4.66	5.25	5.84	6.44
	400	1.36	1.50	1.77	2.10	2.48	2.84	3.25	3.68	4.14	4.48	4.88	5.28	6.06	6.83	7.63	8.50
	500	1.72	1.88	2.15	2.57	3.00	3.47	3.97	4.50	5.06	5.47	5.96	6.44	7.39	8.32	9.24	10.14
	600	2.07	2.25	2.55	3.03	3.54	4.09	4.68	5.30	5.98	6.44	7.02	7.58	8.69	9.78	10.85	11.90
	700	2.41	2.63	2.93	3.47	4.06	4.69	5.37	6.08	6.83	7.39	8.05	8.69	9.95	11.20	12.42	13.61
	800	2.75	3.00	3.30	3.91	4.58	5.29	6.04	6.85	7.70	8.32	9.06	9.79	11.20	12.59	13.95	15.20
	970	2.99	3.26	3.58	4.22	4.90	5.76	6.61	7.58	8.50	9.37	9.75	10.93	12.06	13.25	14.50	15.40
	1000	3.44	3.75	4.08	4.77	5.58	6.45	7.37	8.34	9.38	10.14	11.00	11.8	13.61	15.29	16.91	18.40
	1190	3.99	4.35	4.71	5.45	6.36	7.35	8.40	9.51	10.68	11.55	12.56	13.55	15.48	17.35	19.17	20.94
	1200	4.12	4.49	4.87	5.61	6.56	7.57	8.65	9.80	11.01	11.99	12.90	13.95	15.94	17.85	19.73	21.53
	1400	4.80	5.24	5.67	6.43	7.51	8.67	9.90	11.21	12.60	13.61	14.79	15.94	18.18	20.33	22.41	24.41
	1600	5.48	5.96	6.47	7.22	8.44	9.74	11.13	12.59	14.14	15.23	16.58	17.86	20.33	22.70	24.97	27.12
	1750	5.99	6.53	7.07	7.81	9.12	10.53	12.02	13.61	15.28	16.50	17.90	19.27	21.90	24.41	26.79	29.04
	2000	6.84	7.45	8.06	8.84	10.23	11.81	13.46	15.25	17.12	18.49	20.03	21.53	24.41	27.12	29.66	32.01
2400	8.18	8.90	9.62	10.55	11.95	13.78	15.73	17.78	19.96	21.53	23.28	24.97	28.16	31.09	33.76	36.13	
2800	9.50	10.34	11.17	12.24	13.99	15.96	18.06	20.19	22.64	24.41	26.33	28.16	31.96	34.98	37.20	39.38	
3000			12.00	13.00	15.15	17.45	19.90	22.47	25.19	27.12	29.17	31.09	34.98	37.91	39.81		
3500					16.20	18.73	21.34	24.09	26.99	29.04	31.15	33.12	36.38	39.39			
4000						20.73	23.60	26.62	29.79	32.01	34.17	36.13	39.38				
4500							25.67	28.93	32.34	34.88	36.81	38.95					
5000								30.00	34.60	37.93	39.62	40.88					
5500									36.57	39.03	40.80						

## Tablas de Capacidad de Transmisión con Correas 8M de Anchos Estándar

RANGO DE HP -- 50mm (1.97 pulg.) ancho de correa (8M-50)														
No. de Poleas		28	30	32	34	36	38	40	44	48	54	60		
HP	mm in	71.30 2.607	76.30 3.004	81.40 3.208	86.50 3.400	91.67 3.609	96.77 3.815	101.80 4.010	112.05 4.411	122.23 4.812	142.40 5.614	162.97 6.418	183.35 7.218	203.72 8.020
RPM DE LA POLEA MENOR	10	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41
	20	0.19	0.23	0.28	0.30	0.34	0.38	0.41	0.45	0.50	0.58	0.66	0.74	0.83
	40	0.39	0.45	0.53	0.60	0.68	0.77	0.83	0.91	0.99	1.16	1.32	1.49	1.65
	60	0.58	0.68	0.79	0.90	1.02	1.15	1.24	1.36	1.49	1.73	1.98	2.23	2.46
	100	0.97	1.14	1.31	1.50	1.70	1.92	2.08	2.27	2.48	2.89	3.30	3.72	4.13
	200	1.94	2.27	2.63	3.01	3.41	3.83	4.13	4.53	4.90	5.63	6.36	7.08	7.76
	300	2.81	3.26	3.79	4.34	4.92	5.53	5.89	6.53	7.00	8.11	9.14	10.10	11.10
	400	3.64	4.26	4.82	5.63	6.38	7.17	7.75	8.45	9.14	10.49	11.82	13.13	14.42
	500	4.45	5.20	6.01	6.88	7.79	8.70	9.48	10.33	11.16	12.80	14.42	16.00	17.56
	600	5.24	6.15	7.05	8.10	9.18	10.32	11.10	12.15	13.10	15.05	16.94	18.79	20.62
	700	6.02	7.04	8.12	9.29	10.52	11.81	12.92	13.91	14.95	17.26	19.41	21.51	23.59
	800	6.78	7.93	9.16	10.47	11.86	13.33	14.42	15.69	16.94	19.41	21.81	24.17	26.48
	970	7.31	8.64	9.87	11.28	12.78	14.36	15.53	16.89	18.24	20.89	23.47	25.90	28.46
	1000	8.27	9.67	11.10	12.76	14.45	16.24	17.56	19.10	20.62	23.59	26.48	29.29	32.04
	1100	9.43	11.03	12.73	14.55	16.47	18.51	20.01	21.74	23.47	26.83	30.07	33.23	36.39
	1200	9.72	11.36	13.12	14.99	16.97	19.07	20.82	22.41	24.17	27.91	30.95	34.19	37.32
	1400	11.13	13.01	15.02	17.10	19.43	21.82	23.58	25.62	27.01	31.30	35.24	38.80	42.33
	1600	12.51	14.62	16.87	19.27	21.82	24.50	26.48	28.74	30.95	36.24	39.96	43.30	47.05
	1750	13.68	15.80	18.24	20.83	23.67	26.47	28.60	31.00	33.00	37.97	42.03	46.40	50.40
	2000	15.32	17.73	20.46	23.36	26.43	29.67	32.04	34.72	37.32	42.33	47.05	51.40	55.60
2400	18.29	20.71	23.85	27.25	30.82	34.59	37.32	40.36	43.30	48.86	53.90	58.66	62.84	
2800	21.21	23.85	27.15	30.97	35.01	39.25	42.33	45.67	48.66	54.80	60.11	64.74	68.65	
3200	24.07	28.37	30.36	34.69	38.97	43.88	47.05	50.63	53.00	60.11	66.35	69.60		
3500		29.21	32.49	37.01	41.80	46.83	50.40	54.09	57.54	63.95	68.65			
4000			36.99	40.87	46.22	51.74	55.60	59.39	62.84					
4500				44.60	50.28	56.20	60.29	64.03	67.34					
5000					58.09	64.03	68.44	72.01	74.99					
5500						63.69	68.01	71.22						

RANGO DE HP -- 16mm (3.35 pulg.) ancho de correa (8M-16)														
No. de Poleas		28	30	32	34	36	38	40	44	48	54	60		
HP	mm in	71.30 2.607	76.30 3.004	81.40 3.208	86.50 3.400	91.67 3.609	96.77 3.815	101.80 4.010	112.05 4.411	122.23 4.812	142.40 5.614	162.97 6.418	183.35 7.218	203.72 8.020
RPM DE LA POLEA MENOR	10				0.26	0.30	0.33	0.36	0.40	0.43	0.50	0.57	0.65	0.72
	20				0.52	0.59	0.67	0.72	0.79	0.86	1.01	1.15	1.29	1.44
	40				1.05	1.19	1.33	1.44	1.58	1.72	2.01	2.30	2.59	2.87
	60				1.57	1.78	2.00	2.16	2.37	2.59	3.02	3.45	3.88	4.31
	100				2.61	2.97	3.33	3.59	3.86	4.31	5.03	5.75	6.47	7.18
	200				5.23	6.03	6.67	7.18	7.67	8.62	9.79	11.04	12.28	13.60
	300				7.55	8.66	9.63	10.42	11.36	12.26	14.11	15.90	17.67	19.41
	400				9.79	11.08	12.38	13.50	14.71	15.80	18.25	20.59	22.84	25.08
	500				11.96	13.56	15.24	16.49	17.66	18.41	22.27	25.06	27.84	30.55
	600				14.09	15.96	17.94	19.41	21.14	22.64	26.19	29.47	32.70	35.85
	700				16.17	18.32	20.59	22.27	24.24	25.19	30.01	33.76	37.43	41.03
	800				18.21	20.63	23.19	25.50	27.58	29.47	33.70	37.95	42.06	46.06
	970				19.62	22.23	24.98	27.02	29.39	31.74	36.34	40.83	45.22	49.51
	1000				22.20	25.14	28.26	30.55	33.23	35.86	41.93	46.06	50.57	55.75
	1100				25.31	28.66	32.20	34.81	37.84	40.83	46.66	52.32	57.82	63.16
	1200				26.07	29.63	33.18	35.86	38.58	42.05	48.94	53.85	59.49	64.96
	1400				29.86	33.79	37.96	41.03	44.57	48.04	54.81	61.33	67.60	73.69
	1600				33.63	37.94	42.63	46.06	50.00	53.85	61.33	68.51	75.38	81.63
	1750				36.24	41.01	46.06	49.76	53.97	58.10	66.96	73.69	80.93	87.78
	2000				40.54	45.99	51.83	55.75	60.42	64.96	73.69	81.93	89.87	96.87
2400				47.43	53.64	60.20	64.96	70.25	75.38	85.99	94.05	102.24	109.60	
2800				53.90	60.93	68.34	73.99	79.51	85.09	95.47	104.79	112.94	119.89	
3200				60.06	67.86	76.06	81.92	88.18	94.26	104.79	114.21	121.66		
3500				64.46	72.78	81.55	87.70	94.20	100.27	111.32	119.85			
4000				71.36	80.62	90.13	96.87	103.53	109.60					
4500				77.72	87.60	97.86	105.10	111.71	117.54					
5000					95.99	104.98	112.40	118.72	123.99					
5500						111.15	118.72	124.44						

## IMPORTANTE

Las poleas dentadas para Transmisiones de Tiempo y Sincrónicas son especialmente aptas para montarse con algún tipo de sistema de fijación debido a las altas revoluciones y precisión con que trabajan. El montaje tradicional con hueco, cuñero y prisionero por lo general permite que las poleas se muevan sobre los ejes generando desgastes por fricción.

En esta sección encontrará las tablas con las dimensiones principales de los tres tipos de "Sistemas de Fijación" recomendados: Bufin, Bujes taper y Bujes QD, lo más importante al elegir uno de ellos es cerciorarse que el diámetro externo de la polea es suficiente para alojar el dispositivo. Ver columna "Diámetro exterior mínimo requerido en la polea en mm", en las tablas de cada Sistema de Fijación.



BUFIN



BUJES TAPER

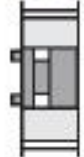
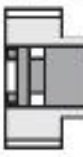


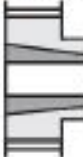

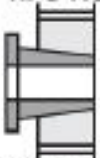
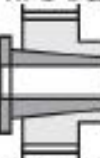
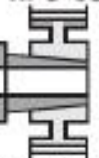





BUSHING QD

**SISTEMAS DE FIJACIÓN**

Páginas  
**85 a 89**

## Diseños de Poleas de Tiempo y Sincrónicas Estandar

	Poleas "Macizas" hasta los 180 mm de diámetro exterior		Poleas "Aligeradas" mayores de 180 mm de diámetro
Diseño de Poleas con Bufin	<b>TIPO AF</b>  Con pestañas AF-1	<b>TIPO BF</b>  Con pestañas BF-1	<b>TIPO CF</b>  Con pestañas CF-1
Diseño de Poleas con Bujes Taper	<b>TIPO ATB</b>  Con pestañas ATB-1	<b>TIPO BTB</b>  Con pestañas BTB-1	<b>TIPO CTB</b>  Con pestañas CTB-1
Diseño de Poleas con Bujes QD	<b>TIPO AQD</b>  Con pestañas AQD-1	<b>TIPO BQD</b>  Con pestañas BQD-1	<b>TIPO CQD</b>  Con pestañas CQD-1
Diseño de Poleas con Hueco y Cuñero	<b>TIPO A</b>  Con pestañas A-1	<b>TIPO B</b>  Con pestañas B-1	<b>TIPO C</b>  Con pestañas C-1

### IMPORTANTE

1. Todas las poleas se fabrican en acero al carbono a menos que se especifique otro material como aluminio o acero inoxidable.
2. Basta con que una sola de las poleas de la transmisión, generalmente la más pequeña, tenga "pestañas" para evitar el descamamiento de la correa.

## Bujes de Fijación INTERMEC Bufin® Series "S" y "SP" (servicio normal)

- No requieren cuñero o chavetero
- Fácil de montar y desmontar
- Máxima centricidad y balanceo
- Elimina los daños en los ejes

### Fórmulas de Selección

$$\text{Torque nominal} = \frac{52,25 \times \text{HP}}{\text{R.P.M.}} = \text{ft./lb}$$

$$T. \text{ Nominal} \times \text{Factor de Servicio} = T. \text{ Pico}$$

### Factor de servicio

Trabajo	Factor
Uniforme	2
Fluctuante	3
Muy fluctuante	5

Compare el torque pico encontrado, contra la capacidad de torque (ft./lb) del Bufin en la tabla de especificaciones y asegúrese de no excederla.

### Bufin® serie "S" (sin pestaña)



### Bufin® serie "SP" (con pestaña)



### Especificaciones y dimensiones principales

Diámetro de los ejes más comunes*		Diámetro exterior del bufin mm.	Capacidad de torque ft/lb	Diámetro exterior mínimo requerido en las poleas de acero*
mm.	pulgadas			
20 a 22	3/4 a 7/8	47	250	70
24 a 25	15/16 a 1	50	321	75
28 a 30	1 1/16 a 1 3/16	55	430	83
32 a 35	1 1/4 a 1 3/8	60	600	90
38 a 40	1 7/16 a 1 9/16	65	802	98
42 a 45	1 5/8 a 1 3/4	75	1.425	113
48 a 50	1 7/8 a 2	80	1.584	120
55	2 1/16 a 2 3/16	85	2.008	128
60	2 1/4 a 2 3/8	90	2.320	136
65	2 7/16 a 2 9/16	95	2.748	143
70	2 5/8 a 2 3/4	100	4.115	150
75	2 13/16 a 2 15/16	115	4.412	173
80	3 a 3 1/8	120	4.700	180
85	3 1/4 a 3 3/8	125	5.714	190
90	3 7/16 a 3 9/16	130	6.039	195
95	3 5/8 a 3 3/4	135	7.102	203
100	3 7/8 a 4	145	8.607	218
110	4 1/8 a 4 7/16	155	9.402	233
120	4 1/2 a 4 3/4	165	11.790	248
130	4 7/8 a 5 1/8	180	15.980	270
140	5 1/4 a 5 1/2	190	18.910	285
150	5 9/16 a 5 7/8	200	22.130	300
160	6 a 6 3/8	210	25.530	315
170	6 7/16 a 6 1/2	225	31.460	338
180	6 5/8 a 7	235	36.380	353
190	7 1/8 a 7 1/2	250	44.840	375
200	7 5/8 a 8	260	50.550	390

\* INTERMEC fabrica los Bufin® para cualquier diámetro de eje milimétrico o en pulgadas

\* NOTA: para poleas en aluminio o hierro gris consulte a Intermecc.

#### ¡IMPORTANTE!

Para asegurarse que este sistema de fijación puede instalarse adecuadamente, verifique el "diámetro exterior mínimo requerido" en la polea.

www.intermec.com.co

87

## Sistema de Fijación BUJE TAPER para Poleas de Tiempo o Sincrónicas

**INTERMEC S.A.**

Los Bujes Taper permiten la fácil instalación de las piezas sobre sus ejes pero requieren de cunero.



### IMPORTANTE

Para asegurarse que este sistema de fijación pua de instalarse adecuadamente, verifique el "diámetro exterior mínimo requerido" en la polea.

**BUJES TAPER No. 1008-3030**

Bujo	Hueco	Cunero	Diámetro exterior mínimo (mm) requerido en las poleas de acero
1008	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32	50
1108	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8	52
1210	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8	73
1215	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8	73
1310	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4 1 9/16 a 1 3/8	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 5/16 x 5/32	76
1610	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 7/16 a 1 1/2	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16	83
1615	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 7/16 a 1 1/2	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16	83
2012	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 1/16 a 1 3/4 1 13/16 a 1 7/8	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16 1/2 x 1/4	98
2517	1/2 a 9/16 5/8 a 7/8 15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 7/16 a 1 3/4 1 13/16 a 2 1/4 2 5/16 a 2 1/2	1/8 x 1/16 3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16 1/2 x 1/4 5/8 x 5/16	112
2525	3/4 a 7/8 15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 7/16 a 1 3/4 1 13/16 a 2 1/4 2 5/16 a 2 1/2	3/16 x 3/32 1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16 1/2 x 1/4 5/8 x 5/16	112
3020	15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 7/16 a 1 3/4 1 13/16 a 2 1/4 2 9/16 a 2 3/4	1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16 1/2 x 1/4 5/8 x 5/16	143
3030	15/16 a 1 1/4 1 5/16 a 1 3/8 1 7/16 a 2 3/4 1 13/16 a 2 1/4 2 9/16 a 2 3/4	1/4 x 1/8 5/16 x 5/32 3/8 x 3/16 1/2 x 1/4 5/8 x 5/16	143

## Sistema de Fijación BUSHING-QD para Poleas de Tiempo o Sincrónicas



Los Bujes Taper permiten la fácil instalación de las piezas sobre sus ejes pero requieren de caucho.

HUECOS EN PULGADAS			
Buje	Huevo	Caucho	Diámetro exterior mínimo (mm) requerido en las poleas de acero
JA	3/8 x 7/16	estándar	75
	5/2 x 1	estándar	
	1 1/8 x 5/8	1/4 - 1/16	
	1 3/16	1/4 - 1/16	
SH	1/2 x 1 3/8	estándar	102
	1 7/16 x 1 1/2	3/8 x 1/16	
	1 9/16 x 1 5/8	3/8 - 3/16	
	1 11/16	sin caucho	
SDS	1/2 x 1 11/16	estándar	123
	1 3/4	3/8 x 1/8	
	1 13/16	5/2 x 1/8	
	1 7/8 x 1 15/16	1/2 x 1/16	
SD	1/2 x 1 11/16	estándar	123
	1 3/4	3/8 x 1/8	
	1 13/16	5/2 x 1/8	
	1 7/8	1/2 x 1/16	
SK	1/2 x 2 3/8	estándar	150
	2 3/16 x 2 1/4	1/2 x 1/8	
	2 5/16 x 2 1/4	5/8 x 1/16	
	2 9/16 x 2 5/8	sin caucho	
SP	1/2 x 2 3/4	estándar	180
	2 3/4	5/8 x 3/16	
	2 5/16 x 2 1/2	5/8 x 3/16	
	2 9/16 x 2 3/4	3/4 x 1/16	
S	7/8 x 2 7/8	estándar	230
	2 15/16 x 3 1/2	3/4 x 1/8	
	3 1/8 x 3 1/2	7/8 x 1/16	
	3 1/2	sin caucho	
F	1 x 3 5/16	estándar	252
	3 3/8 x 3 3/4	7/8 x 3/16	
	3 7/8 x 3 15/16	1 x 3/8	
	4	sin caucho	
J	1 1/2 x 3 3/4	estándar	276
	3 13/16 x 4 1/2	1 1/4	
M	2 x 4 3/4	estándar	342
	4 13/16 x 5 1/2	1 1/4 x 1/4	

Buje	Huevo	Caucho	Diámetro exterior mínimo (mm) requerido en las poleas de acero
94	24.25	BxT	102
	28.20	16x8	
SDS	24.25	BxT	123
	28.20		
	28.20	16x8	
	36	12x8	
SD	24.25	BxT	123
	28.20	16x8	
	28.20	16x8	
	41.42	12x8	
SK	24.25	BxT	150
	28.20	16x8	
	28.20	16x8	
	41.42	12x8	
SP	24.25	BxT	180
	28.20	16x8	
	28.20	16x8	
	41.42	12x8	
S	28.20	BxT	230
	28.20	16x8	
	36	16x10	
	41.42	12x8	
F	28.20	BxT	252
	41.42	16x10	
	41.42	16x10	
	55	16x10	
J	41.42	16x10	276
	41.42	16x10	
	55	16x10	
	60	16x11	
M	41.42	BxT	342
	41.42	16x10	
	55	16x10	
	60	16x11	

### IMPORTANTE

Para asegurarse que este sistema de fijación puede instalarse adecuadamente, verifique el "diámetro exterior mínimo requerido" en la polea.

[www.intarmec.com.co](http://www.intarmec.com.co)

**INTERMEC S.A.**

## ANEXO E: ACERO 1045

### SOLDADURA

Este acero se puede soldar fácilmente, se recomienda soldadura A.W.S clase E-6010, E-6011, E-6013 de la American Welding Society.

### ACERO SAE 1045

<b>DIN</b>	<b>CK - 45</b>
<b>UNI</b>	<b>C - 45</b>
<b>AFNOR</b>	<b>XC - 45</b>
<b>SAE</b>	<b>1045</b>

### CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. Frecuentemente se utiliza para elementos endurecidos a la llama ó por inducción. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro: laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido; ó templado en agua y revenido).

SAE 1045 es un acero de baja templabilidad que puede ser endurecido totalmente en espesores delgados por temple en agua. En secciones más gruesas se puede obtener un endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento de la resistencia será proporcional a la capa o espesor endurecido, al ser deformado en frío se presenta un incremento en la dureza y la resistencia mecánica.

COMPOSICION QUIMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.43 0.50	0.6 0.9	0.04	0.05	0.2 0.4

Estado de suministro: Recocido

Dureza de suministro: 180 - 200 Brinell

### PROPIEDADES FÍSICAS

Estos valores son obtenidos a partir de probetas bajo condiciones específicas de laboratorio y deben ser usados como referencia.

- Densidad → 7.85 gr/cm<sup>3</sup>.
- Módulo de elasticidad → 2 x 10<sup>11</sup> Pa (24 x 10<sup>6</sup> PSI).
- Conductividad térmica → 52 W/(m·°C).
- Calor específico J/(Kg·K) → 460
- Coefficiente de Poisson → 0,3
- Resistividad eléctrica (microhm-cm):  
a 32°F = 16.2  
a 212°F = 22.3
- Coefficiente de dilatación térmica / °C  
(20 - 100°C) 12.3 x 10<sup>-6</sup>  
(20 - 200°C) 12.7 x 10<sup>-6</sup>  
(20 - 400°C) 13.7 x 10<sup>-6</sup>

PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE SIN ENDURECIMIENTO			
Diámetro de la barra: 12 a 38 mm			
Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza brinell (3000 kg.)	190	190	180



**PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE CON TEMPLE EN ACEITE  
- REDONDO DE 25 MM**

(Temple en aceite desde 820°C, revenido a la temperatura indicada)

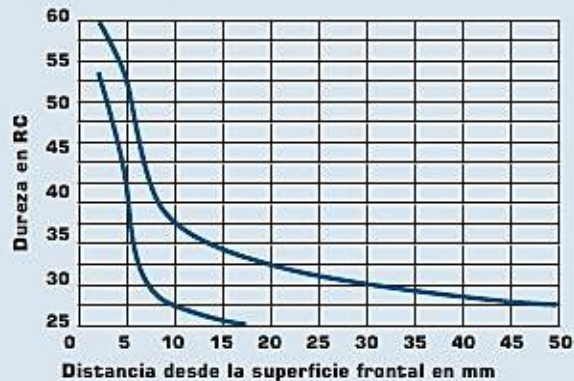
Temperatura de revenido °C	Resistencia a la tracción MPa	Punto de Fluencia MPa	Elongación (en 50 mm) %	Reducción de área %	Dureza Brinell (3000 Kg.)
320	965	655	11	34	278
430	875	621	15	39	257
540	793	558	18	45	228
650	703	482	23	51	203
705	641	462	25	55	195

**PROPIEDADES TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE CON TEMPLE EN AGUA - REDONDO DE 25 MM**

(Temple en agua desde 820°C, revenido a la temperatura indicada)

Temperatura de revenido °C	Resistencia a la tracción N/mm²	Punto de Fluencia N/mm²	Elongación (en 50 mm) %	Reducción de área %	Dureza Brinell (3000 Kg.)	Impacto Izod ft - lb
320	1034	786	8	33	313	15
430	965	731	13	43	281	24
540	827	621	19	52	242	38
650	717	503	24	60	210	61
705	669	455	27	62	198	70

**BANDA DE TEMPLABILIDAD**



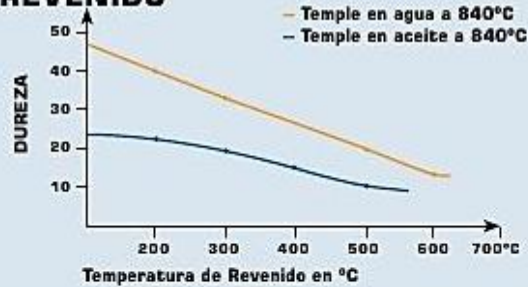
**TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850 - 1100	Arena seca
Normalizado	856 - 900	Aire
Recocido total	815 - 885	Horno
Recocido posterior al trabajo en frío	595 - 662	Horno luego aire
Temple (*)	815 - 870	Agua - aceite
Revenido		Aire

\* El enfriamiento en aceite minimiza la deformación sin garantizar la máxima dureza.

Hasta 12 mm de diámetro con enfriamiento en aceite se consigue un temple aceptable en el centro de la pieza.

## DIAGRAMA DE REVENIDO



El tiempo de sostenimiento a esta temperatura es de 1 hora + 1 hora por pulgada de espesor o diámetro de la pieza. Posteriormente se enfría en el horno o al aire.

## MAQUINABILIDAD

Puede ser mecanizado fácilmente en estado recocido, normalizado o templado, tomando como referencia al 12L14 (100% de maquinabilidad). El acero 1045 presenta la siguiente maquinabilidad:

- En estado calibrado = 55%
- En estado recocido = 68 - 70%

Este acero presenta un buen acabado superficial y su mecanizado se caracteriza por presentar una larga vida útil de la herramienta de corte.

TORNEADO					
PROFUNDIDAD DE CORTE mm	ACERO RÁPIDO		HERRAMIENTA DE CARBURO		
	Velocidad m/min	Avance mm/rev	Soldado velocidad m/min	Insertado velocidad m/min	Avance mm/rev
Dureza, 125 a 175 HB					
1	43	0.18	140	180	0.18
4	35	0.40	110	140	0.50
8	27	0.50	85	110	0.75
16	11	0.75	67	85	1.00
Dureza, 175 a 225 HB					
1	40	0.18	130	160	0.18
4	30	0.40	100	125	0.50
8	26	0.50	78	100	0.75
16	20	0.75	60	78	1.00

## CONFORMABILIDAD

SAE 1045 puede ser conformado fácilmente en caliente a temperaturas entre 980 y 1230°C. Este material no debe ser deformado en frío extensivamente sin realizar recocidos intermedios. Un recocido subcrítico será suficiente excepto cuando un trabajo severo en frío ha de ser seguido por más trabajo en frío en cuyo caso se requiere de un recocido total.

## SOLDABILIDAD

El acero SAE 1045 está cerca al límite superior de aceros con porcentaje de carbono que pueden ser soldados satisfactoriamente por todos los métodos comunes. Sin embargo, precalentamiento y postcalentamiento pueden ser necesarios en función del espesor. Usualmente hay menos necesidad de precalentamiento y postcalentamiento con procesos de soldadura con gas que con métodos de soldadura por arco debido a que el proceso de soldadura por gas genera una zona afectada por el calor

mayor que el proceso de arco eléctrico y por tal razón el enfriamiento es más lento. Se recomienda el uso de electrodos de bajo hidrógeno.

DATOS DE IMPACTO							
Templado al agua y revenido a 870°C							
Dureza Brinell	Probeta Charpy (entalla en V), Joules, realizado a diferentes temperaturas						
	- 73°C	- 45°C	- 18°C	10°C	40°C	65°C	95°C
225	7 - 15	11 - 20	27 - 40	51 - 65	55 - 70	63 - 74	70 - 81
300	----	8 - 12	10 - 16	13 - 24	19 - 36	27 - 40	36 - 47

## APLICACIONES

Este acero de medio carbono se usa cuando la resistencia y dureza obtenidas por el tratamiento térmico o por deformación en frío, son suficientes para satisfacer las condiciones de servicio requeridas.

Es ampliamente utilizado en la industria automotriz (productos forjados y estampados). Se usa en partes de máquinas que requieran dureza y tenacidad como: manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes de baja velocidad, acoplamientos, árboles, bielas, cigüeñales, ejes de maquinaria de resistencia media, piezas de armas, cañones de fusiles, espárragos, barras de conexión, tornillería grado 5, pernos de anclaje, fabricación de herramientas agrícolas, mecánicas y de mano forjadas de todo tipo como: hachas, azadones, rastrillos, picas, martillos, palas, barretones, llaves, etc.

## ACERO SAE 1045 EN PLACA

Estado de suministro: Normalizado

Dureza de suministro: 175 - 200 HB

Acabados: Laminado en caliente (negro), premaquinado, rectificado

Cía. General de Aceros (C.G.A.) cuenta con una gama amplia de espesores de productos laminados en acero SAE 1045 que permite satisfacer sus necesidades de placas, discos, anillos y cortes especiales hasta espesores de 254 mm.

Para minimizar los sobrecostos de consumo de sus herramientas durante el mecanizado, C.G.A. realiza a los productos oxicortados en placa 1045 una homogenización de dureza (ya que el proceso de corte en caliente altera las propiedades en la zona afectada por el calor) garantizándole una adecuada maquinabilidad.

Con la filosofía de disminuir tiempos de fabricación en su taller y aumentar la competitividad de su negocio, C.G.A. ofrece productos oxicortados con servicio adicional de premaquinado (caras y cantos) y rectificado plano con tolerancias acordadas previamente. Consulte a nuestros asesores para definir su mejor alternativa.

### SUCURSALES C.G.A.

#### BARRANQUILLA

Vía 40 No. 51 - 444 PBX: 3444 188/3720 222 Fax: 3443 328/3720 220

#### MEDELLÍN

Calle 32 No. 41 - 139 Itagüí PBX: 3724 500/3738 111 Fax: 2776 088

#### CALI

Cra. 31A No. 15 - 59 Acopi - Yumbo PBX: 6918 585 Call Center: 6918 586 Fax: 6858 593

#### BUCARAMANGA

Cra. 14 No. 23 - 02 PBX: 6337 708/8323 Fax: 6332 779

#### PRINCIPAL BOGOTÁ D.C.

Av. 68 No. 37B - 51 Sur PBX: 7700 560 Fax: 7700 530/550  
Call Center: 7700 590 - Línea de Servicio al Cliente: 7700 543

[www.cga.com.co](http://www.cga.com.co) - e-mail: [aceros@cga.com.co](mailto:aceros@cga.com.co)

## ANEXO F: PLANOS DE LA MAQUINA

### NOMENCLATURA.

#### NOMBRE DEL PROYECTO:

DINAMOMETRO DINA

#### SUBCONJUNTOS:

FOSO DINAMOMETRO	DINA-00
CHASIS	DINA-01
BASCULA	DINA-02
ELEMENTOS RODANTES	DINA-03
PROTECCION LATERAL	DINA-04

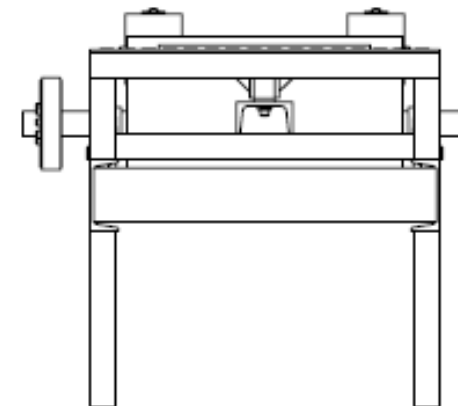
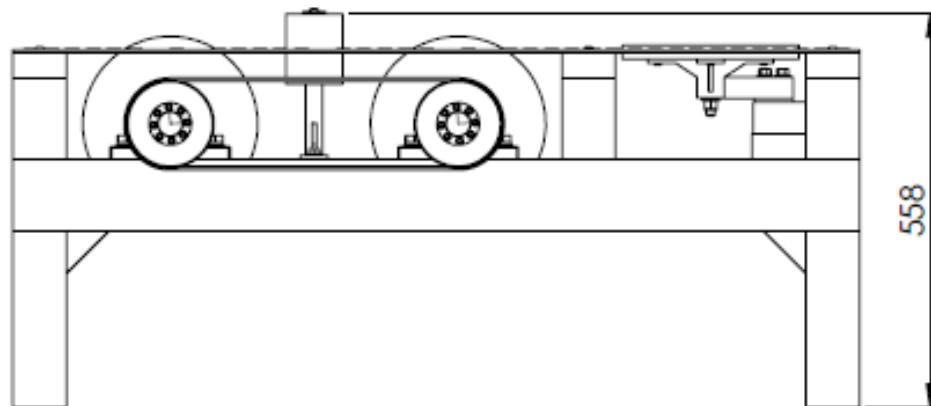
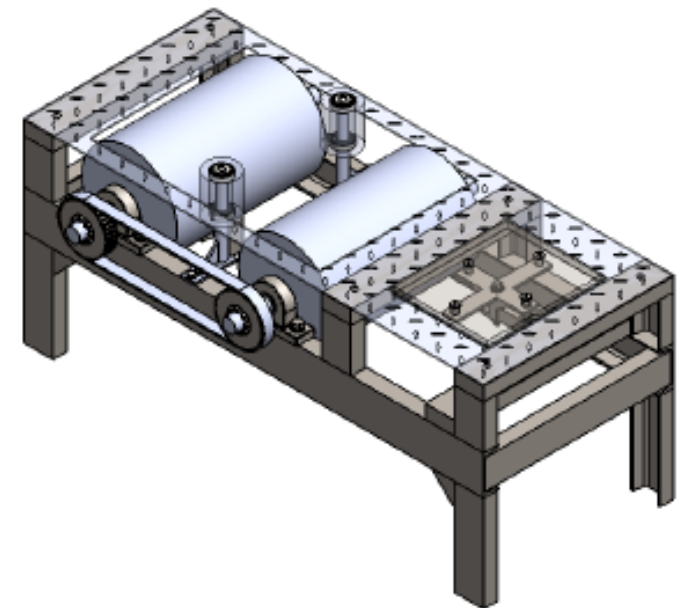
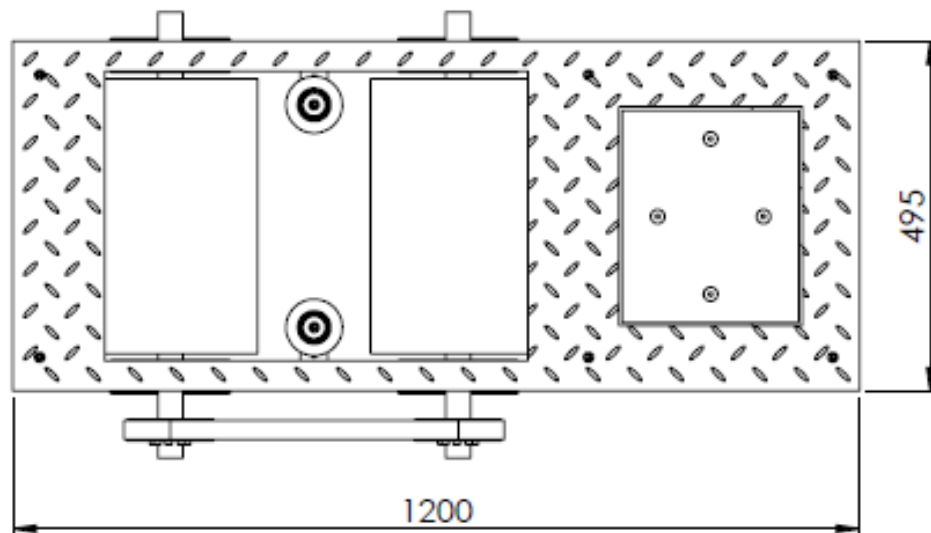
#### PIEZAS:

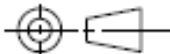
VIGA LONGITUDINAL DERECHA	DINA-01-01
VIGA LONGITUDINAL IZQUIERDO	DINA-01-02
VIGA TRANSVERSAL INFERIOR	DINA-01-03
VIGA TRANSVERSAL SUPERIOR	DINA-01-04
COLUMNA INFERIOR	DINA-01-05
COLUMNA SUPERIOR	DINA-01-06
PIE DE AMIGO	DINA-01-07
CUBIERTA PRINCIPAL	DINA-01-08
TORNILLO CUBIERTA	DINA-01-09 <sup>11</sup>
SOPORTE	DINA-02-01
SEPARADOR	DINA-02-02
CELDA DE CARGA	DINA-02-03 <sup>12</sup>
PERNO SOPORTE	DINA-02-04 <sup>1</sup>
PLATAFORMA	DINA-02-05
PERNO PLATAFORMA	DINA-02-06 <sup>1</sup>
ARANDELA PLATAFORMA	DINA-02-07 <sup>1</sup>
TUERCA PLATAFORMA	DINA-02-08 <sup>1</sup>
TAPA BÁSCULA	DINA-02-09
TORNILLO TAPA	DINA-02-10 <sup>1</sup>
RODILLO	DINA-03-01
RODAMIENTO DE PEDESTAL	DINA-03-02 <sup>1</sup>
TORNILLO RODAMIENTO	DINA-03-03 <sup>1</sup>
ARANDELA DE PRESION	DINA-03-04 <sup>1</sup>
ARANDELA	DINA-03-05 <sup>1</sup>
POLEA SINCRONICA	DINA-03-06 <sup>1</sup>
CORREA SINCRONICA	DINA-03-07 <sup>1</sup>

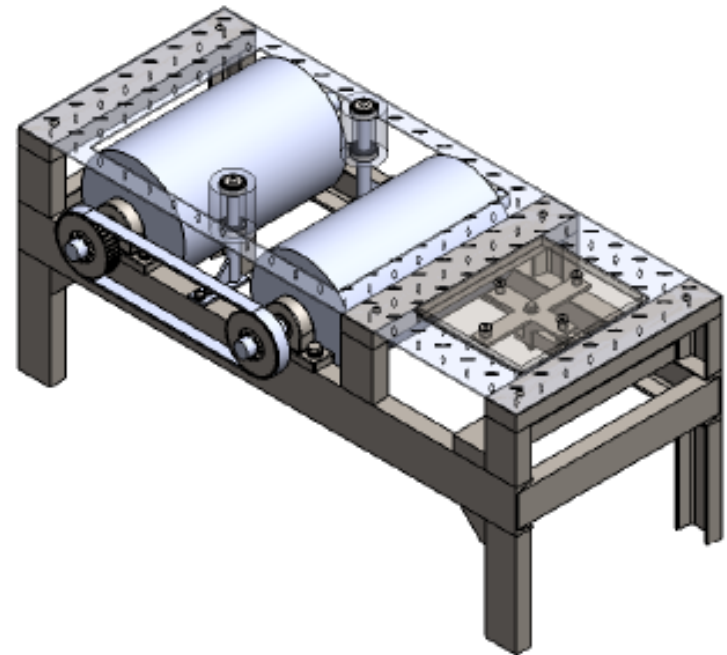
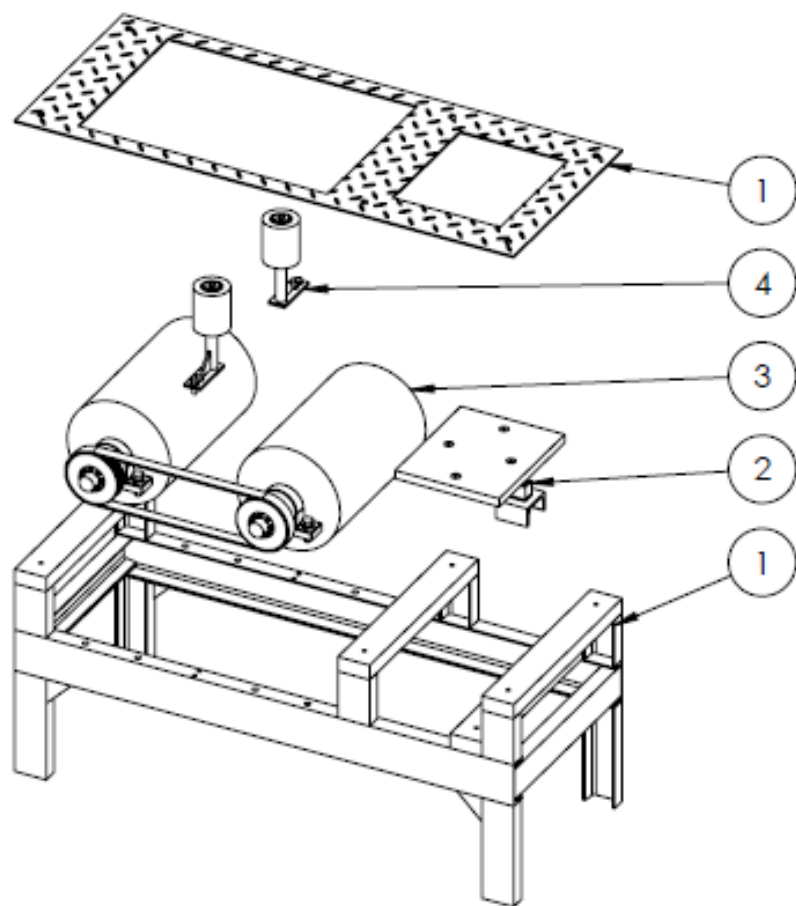
---

<sup>11</sup> Estas piezas son estándar y su referencia comercial está en los planos de los subconjuntos

<sup>12</sup> Esta pieza se encuentra especificada en el anexo H.

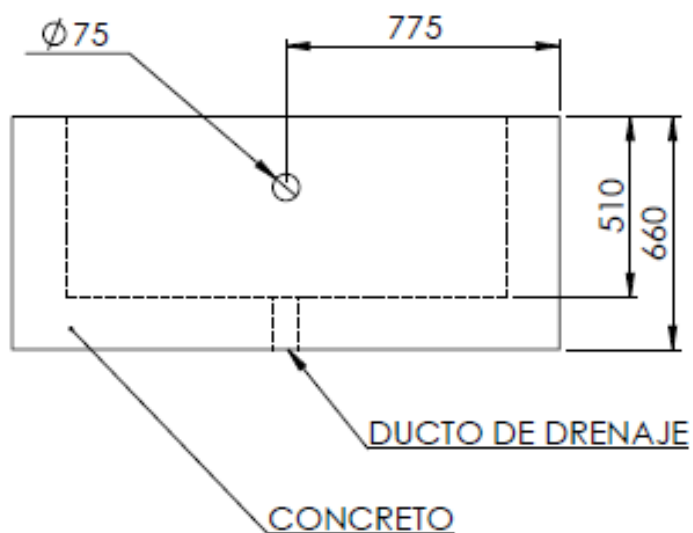
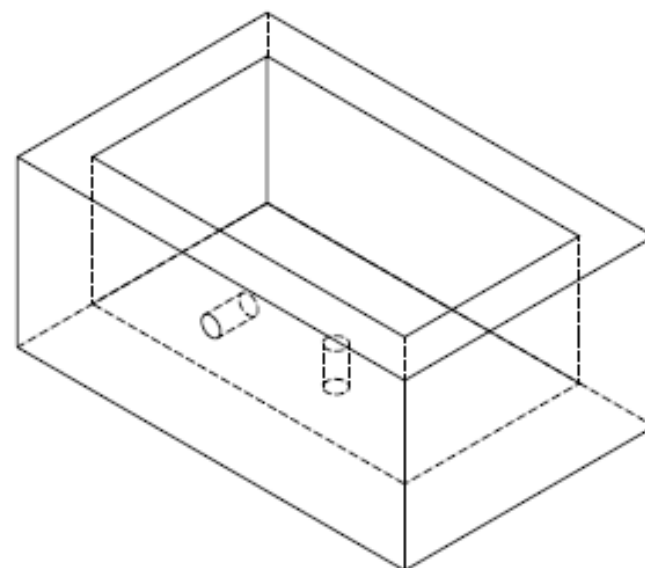
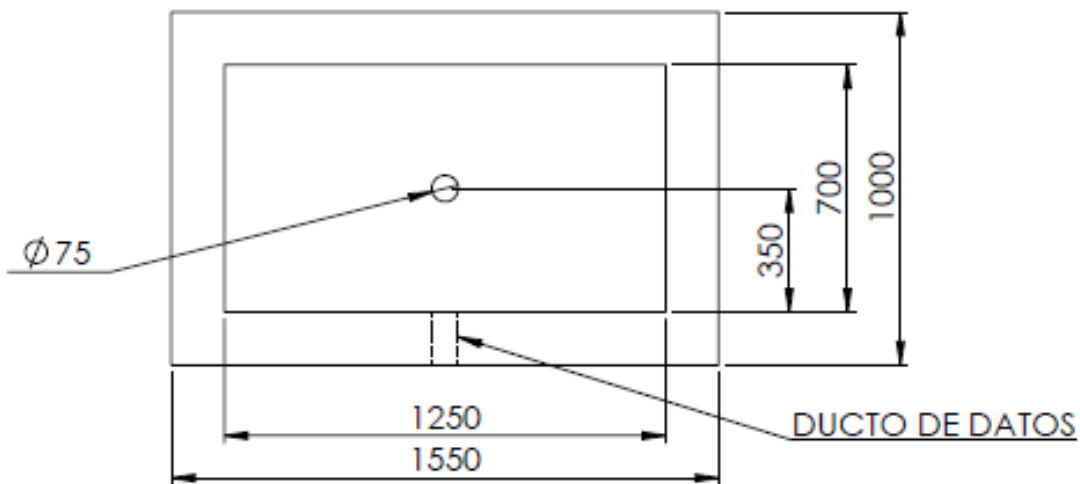


DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: ENSAMBLE DINAMOMETRO	
MATERIAL:	VER PLANOS DETALLE	REFERENCIA:	-
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	DINA
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	FECHA:	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 2

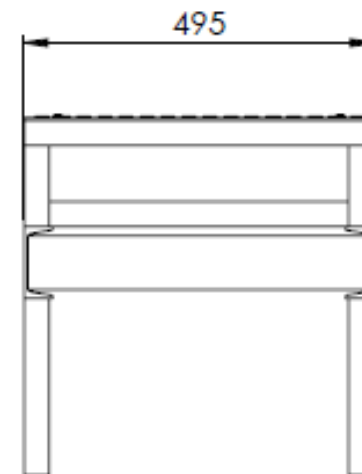
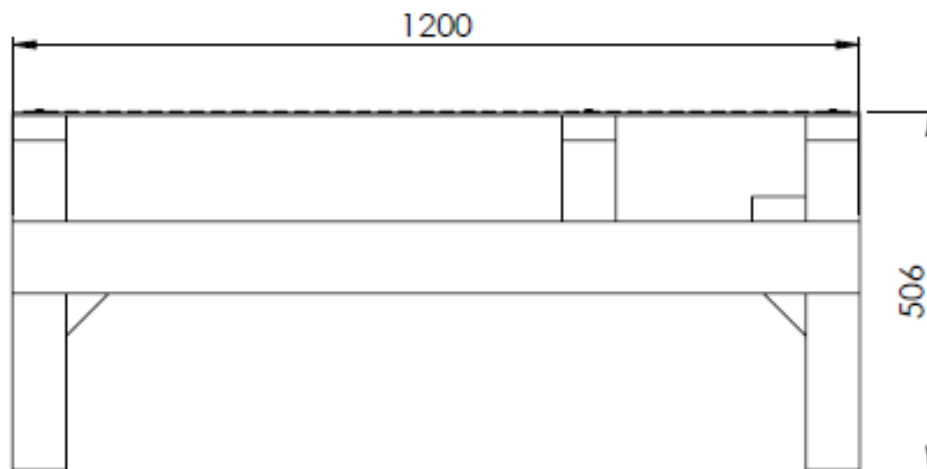
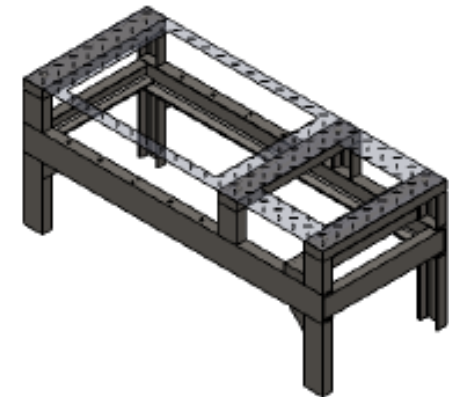
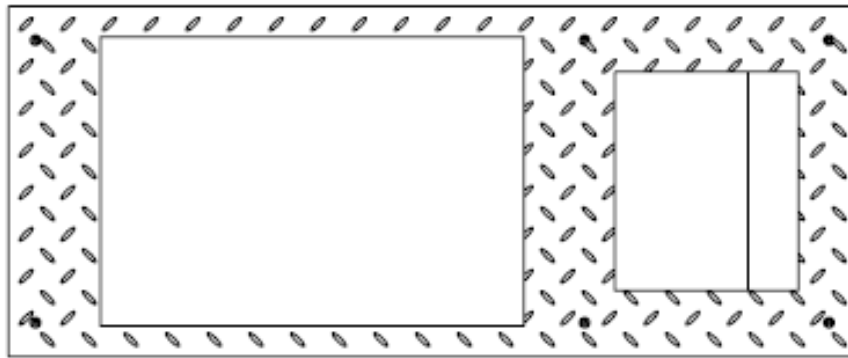


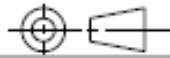
SUBENSAMBLE	CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	DINA-01	CHASIS
2	DINA-02	BASCULA
3	DINA-03	ELEMENTOS RODANTES
4	DINA-04	PROTECTOR LATERAL

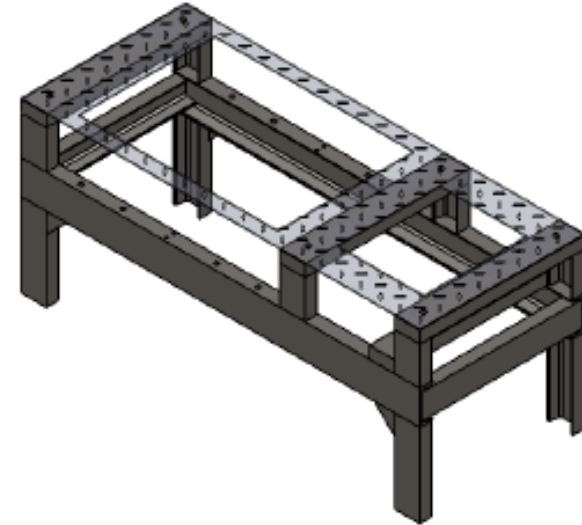
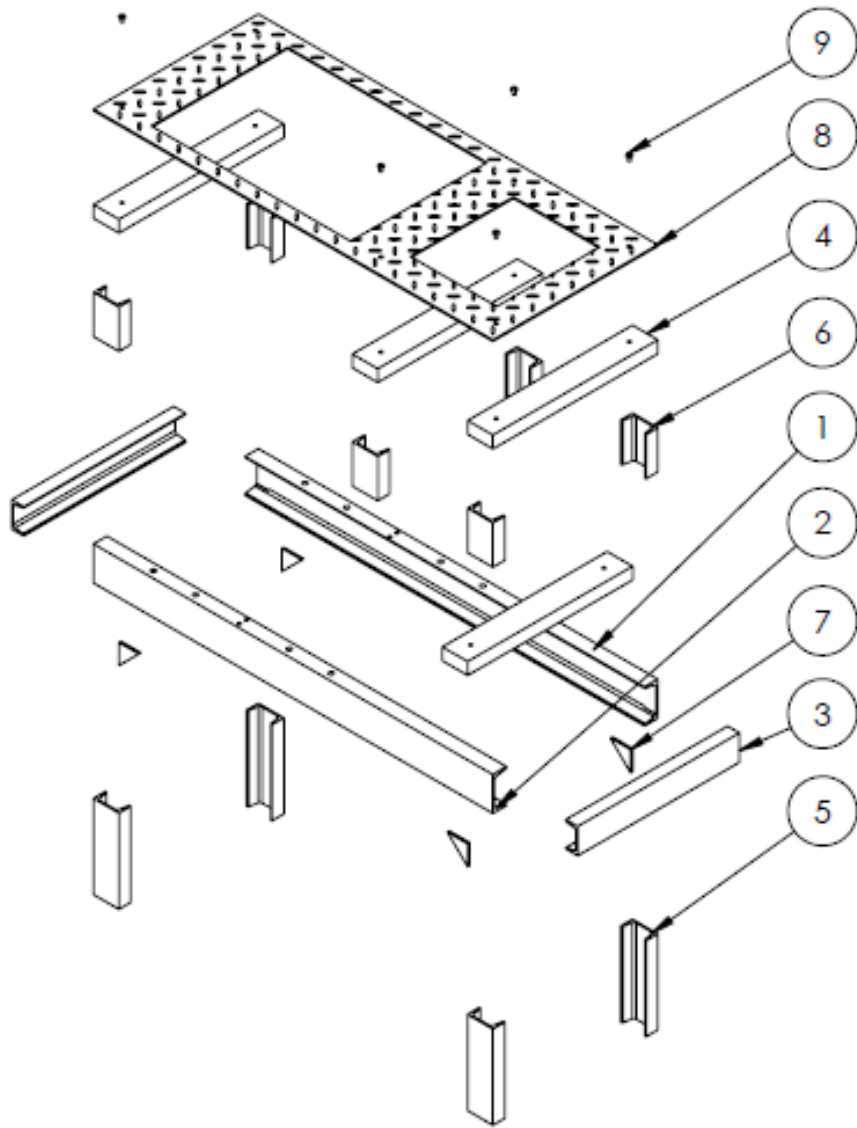
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: ENSAMBLE DINAMOMETRO	
MATERIAL: VER PLANOS DETALLE		REFERENCIA: --	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:15	HOJA 2 DE 2
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			



DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: FOSO DE DINAMOMETRO	
MATERIAL: CONCRETO		REFERENCIA: N/A	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-00	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			

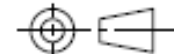


DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO:	CHASIS
MATERIAL:	VER PLANOS DETALLE	N.º DE DIBUJO:	FECHA:
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	DINA-01	06/08/2012
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 2
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO		



PIEZA	CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	DINA-01-01	ASTEM A36	1	PERFIL CANAL U C4x5.4x19
2	DINA-01-02	ASTEM A36	1	PERFIL CANAL U C4x5.4x19
3	DINA-01-03	ASTEM A36	2	PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244
4	DINA-01-04	ASTEM A36	4	PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244
5	DINA-01-05	ASTEM A36	4	PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244
6	DINA-01-06	ASTEM A36	6	PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244
7	DINA-01-07	AISI 1020 HR	4	--
8	DINA-01-08	AISI 1020 HR	1	LAMINA ALFAJOR HR 3/16"
9	DINA-01-09	ASTM A449	6	B18.3.4M - 8 x 1.25 x 12 5BHCS -N

DIMENSIONES EN MILIMETROS  
 TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN



PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL  
 TÍTULO: CHASIS

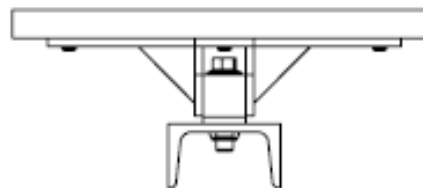
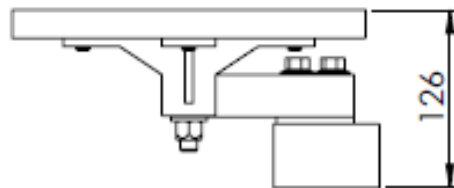
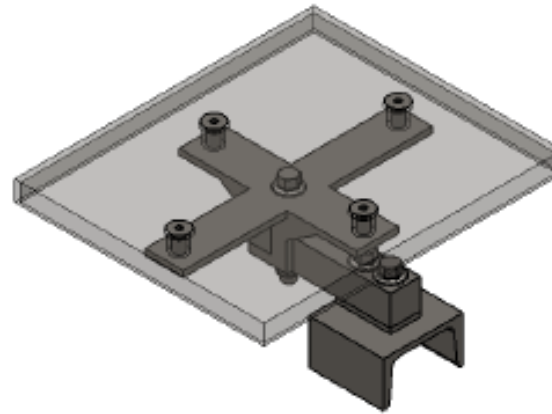
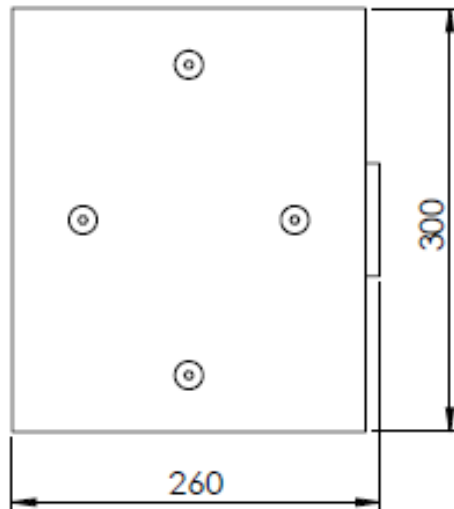
MATERIAL: VER PLANOS DETALLE  
 PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.  
 APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES  
 DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA  
 EVER MORENO

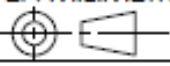
N.º DE DIBUJO:  
**DINA-01**

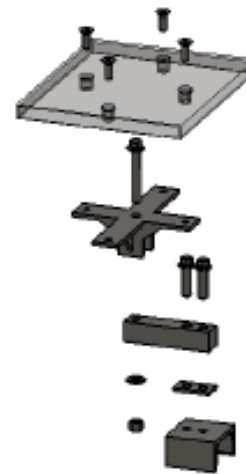
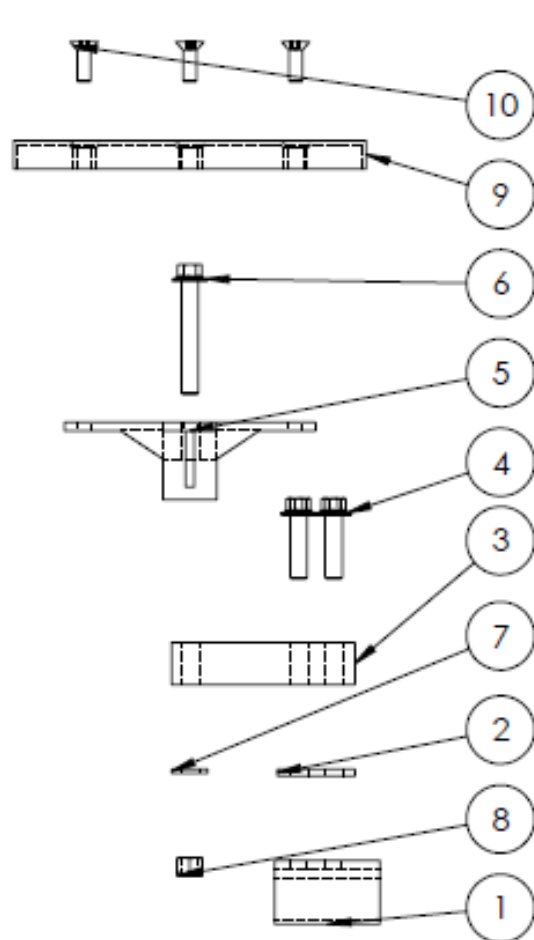
FECHA:  
 06/08/2012

ESCALA: 1:15

HOJA 2 DE 2

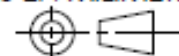


DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: BASCULA	
MATERIAL:	VER PLANOS DETALLE	N.º DE DIBUJO: <b>DINA-02</b>	FECHA:
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.		06/08/2012
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 2
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO		



PIEZA	CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	DINA-02-01	ASTM A36	1	PERFIL CANAL U UPN80X75
2	DINA-02-02	ASTM A36	1	--
3	DINA-02-03	STEEL ALLOY	1	SKA-30-15 Celda de carga
4	DINA-02-04	ASTM A449	2	ANSI B18 2.3.4 M M12x1,75x45 Tornillo hexagonal con brida
5	DINA-02-05	AISI 1020 HR	1	--
6	DINA-02-06	ASTM A449	1	ANSI B18 2.3.4 M M12x1,75x80 Tornillo hexagonal con brida
7	DINA-02-07	ASTM A449	1	ANSI B18.22M 12mm Arandela plana
8	DINA-02-08	ASTM A449	1	AM-M12-5 Tuerca autoblocante
9	DINA-02-09	AISI 1020 HR	1	--
10	DINA-02-10	ASTM A449	4	SCHCSREW 3/8X16X1,25 HX Tornillo avellanado

DIMENSIONES EN MILIMETROS  
 TERCER ANGULO DE PROYECCION



PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL  
 TÍTULO: BASCULA

MATERIAL: VER PLANOS DETALLE

PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.

APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES

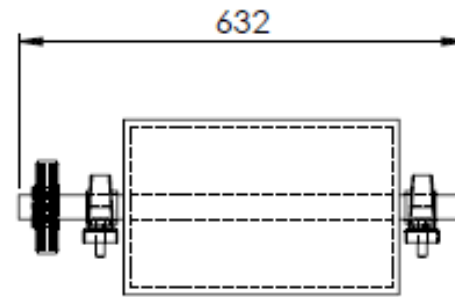
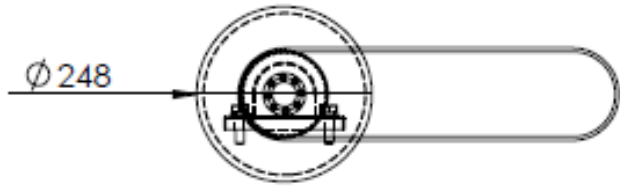
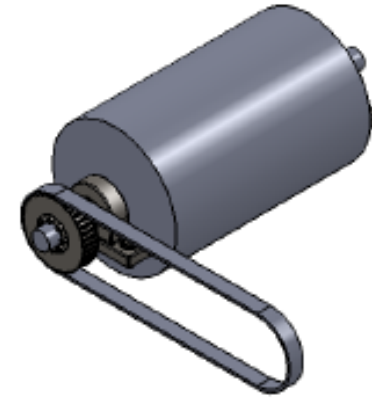
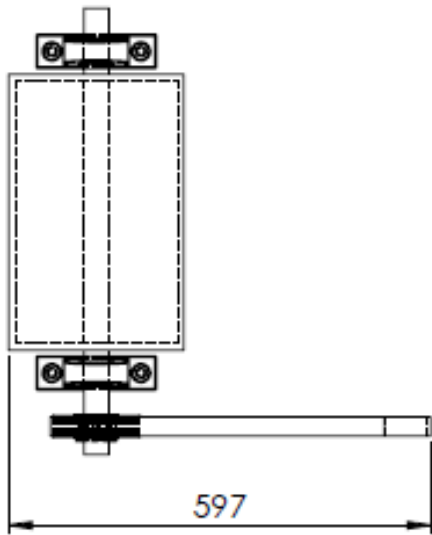
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA  
 EVER MORENO

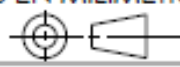
N.º DE DIBUJO:  
**DINA-02**

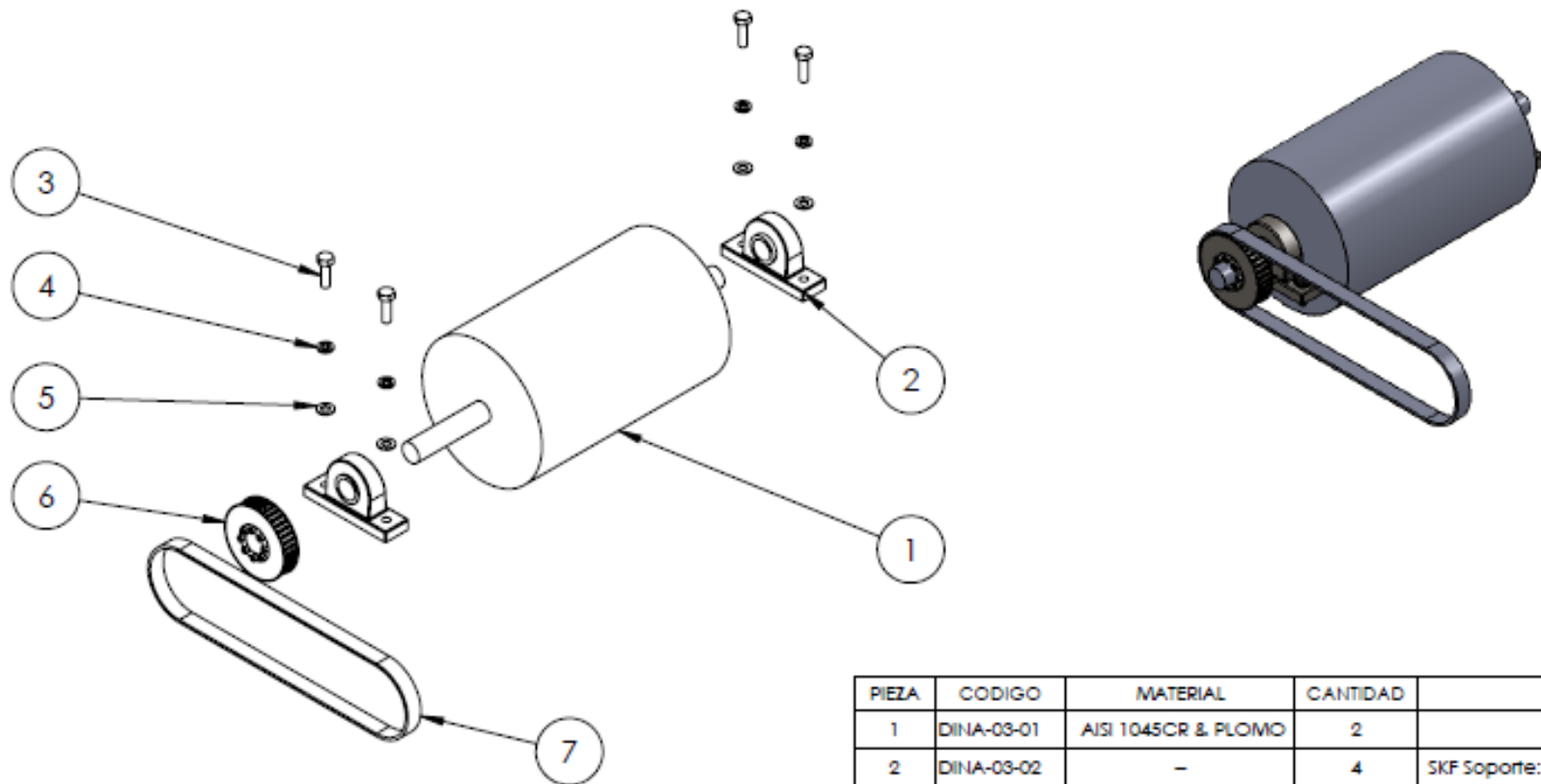
FECHA:  
 06/08/2012

ESCALA: 1:5

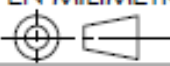
HOJA 2 DE 2

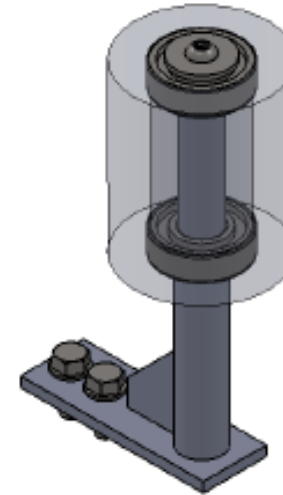
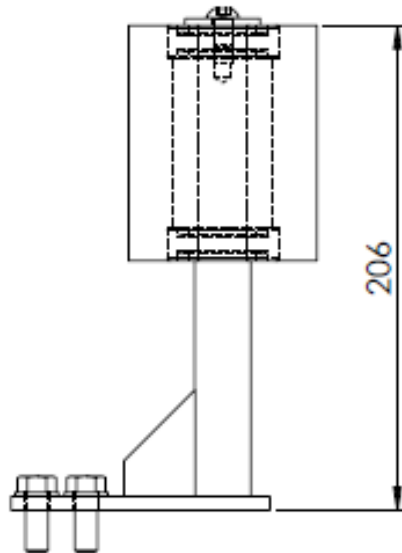
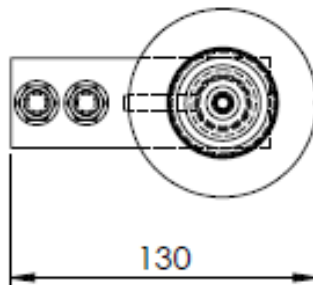


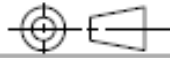
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: ELEMENTOS RODANTES	
MATERIAL:	VER PLANOS DETALLE	REFERENCIA:	N/A
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	FECHA:
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	DINA-03	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 2

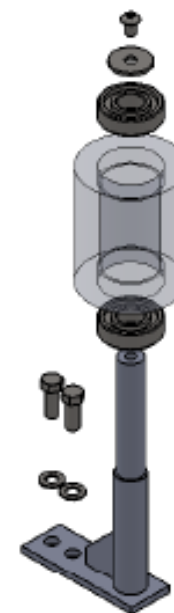
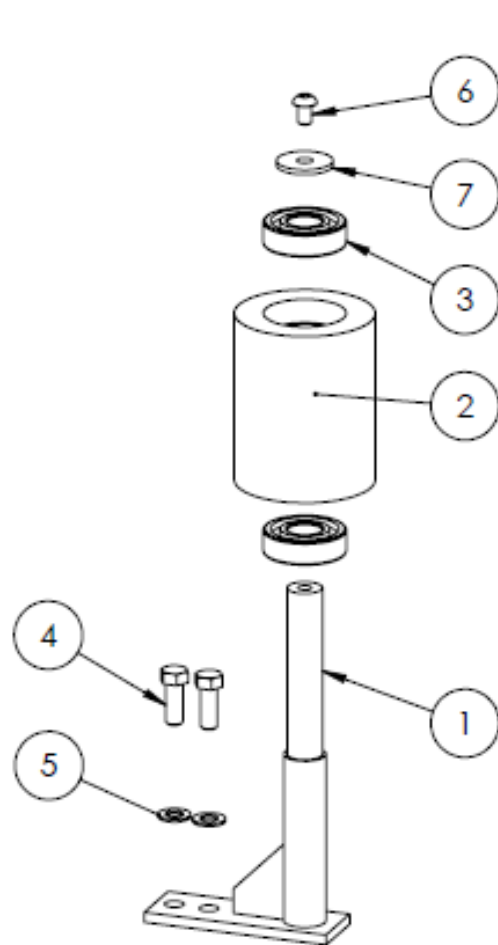


PIEZA	CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	DINA-03-01	AISI 1045CR & PLOMO	2	--
2	DINA-03-02	--	4	SKF Soporte: SYK 507 Bañera: YAR-207-2F
3	DINA-03-03	ASTM A449	8	HBOLT 1/2"x13x1.75x1.75-N Tornillo hexagonal
4	DINA-03-04	ASTM A449	8	Extra Duty LW 1/2" Arandela de presión
5	DINA-03-05	ASTM A449	8	Preferred Narrow FW 1/2" Arandela
6	DINA-03-06	AISI 1045	2	Intermec Ltda. Correa: 48-8M-30
7	DINA-03-07	POLIURETANO	1	Intermec Ltda. Correa: 1200-8M-30

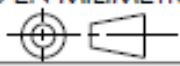
DIMENSIONES EN MILIMETROS TERCER ANGULO DE PROYECCION 		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL TÍTULO: ELEMENTOS RODANTES REFERENCIA: N/A	
MATERIAL: VER PLANOS DETALLE		N.º DE DIBUJO: <b>DINA-03</b>	FECHA: 06/08/2012
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA. APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES			
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO		ESCALA: 1:10	HOJA 2 DE 2

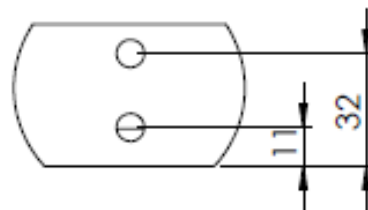
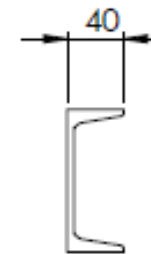
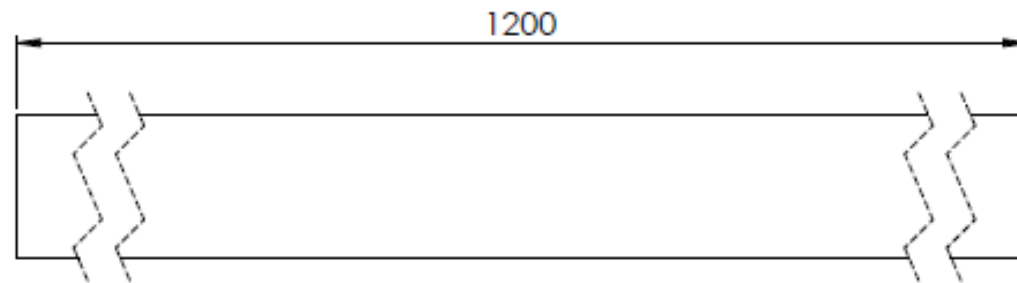
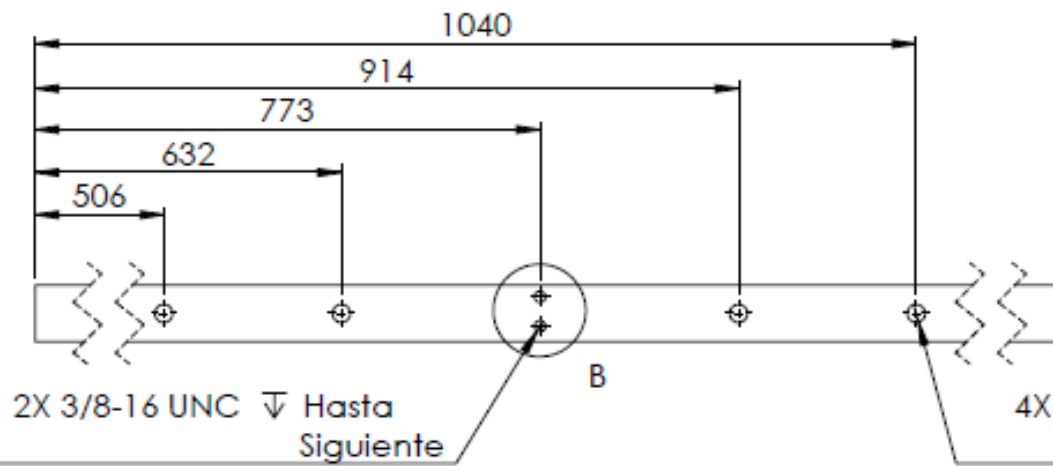


DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: PROTECTOR LATERAL	
MATERIAL: VER PLANOS DETALLE		REFERENCIA: N/A	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-04	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 2
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			



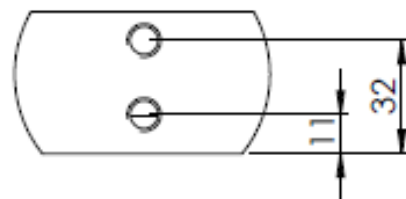
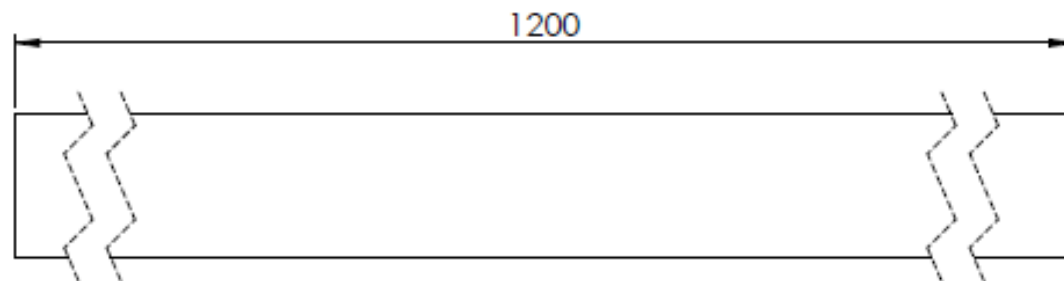
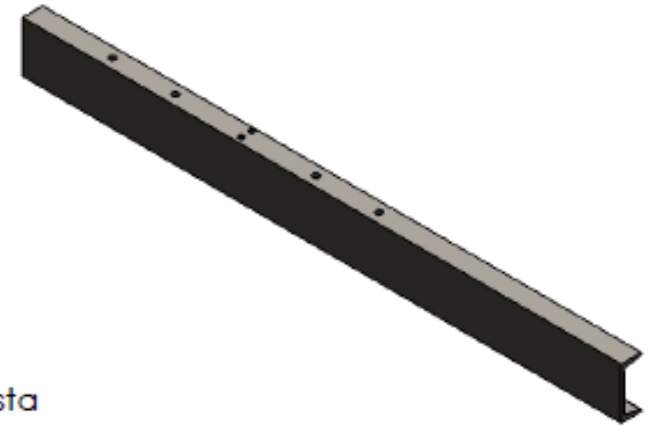
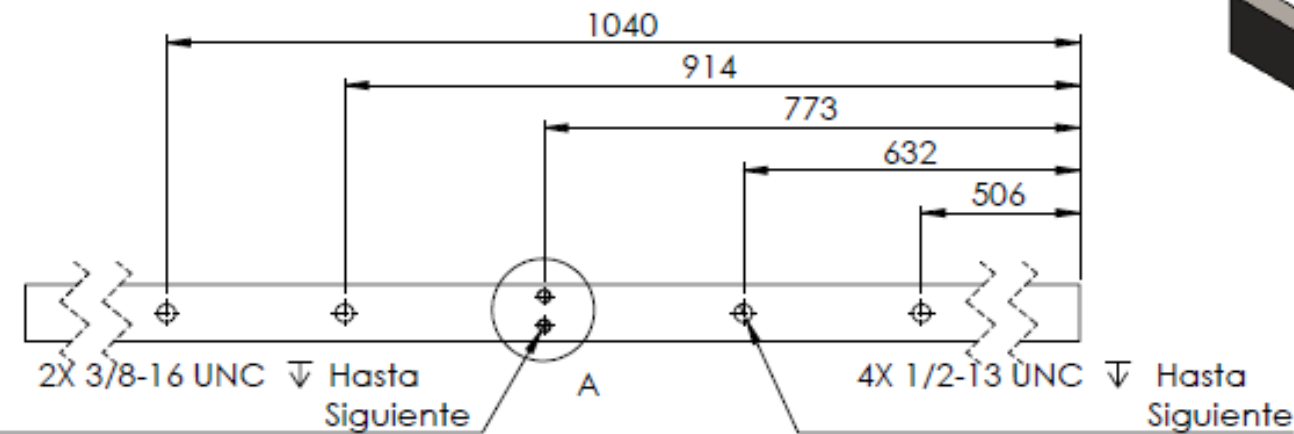
PIEZA	CODIGO	MATERIAL	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	DINA-04-01	ASI 1020 HR	1	-
2	DINA-04-02	NYLON	1	-
3	DINA-04-03	--	2	SKF - 6204 -2Z Rodamiento de bolas
4	DINA-04-04	ASTM A449	2	HBOLT 3/8X16X1 HX Tornillo hexagonal
5	DINA-04-05	ASTM A449	2	ANSI FW 3/8" Arandela plana
6	DINA-04-06	ASTM A449	1	ANSI B18.3.4M - 8 x 1.25 x 12 Tornillo cabeza hueca abombada
7	DINA-04-07	ASTM A449	1	ANSI B18.22M - 8 mm Arandela plana

DIMENSIONES EN MILIMETROS TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN 		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL TÍTULO: PROTECTOR LATERAL REFERENCIA: N/A	
MATERIAL: VER PLANOS DETALLE		N.º DE DIBUJO: <b>DINA-04</b>	FECHA: 06/08/2012
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA. APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES			
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO		ESCALA: 1:4	HOJA 2 DE 2



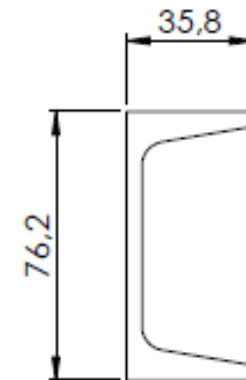
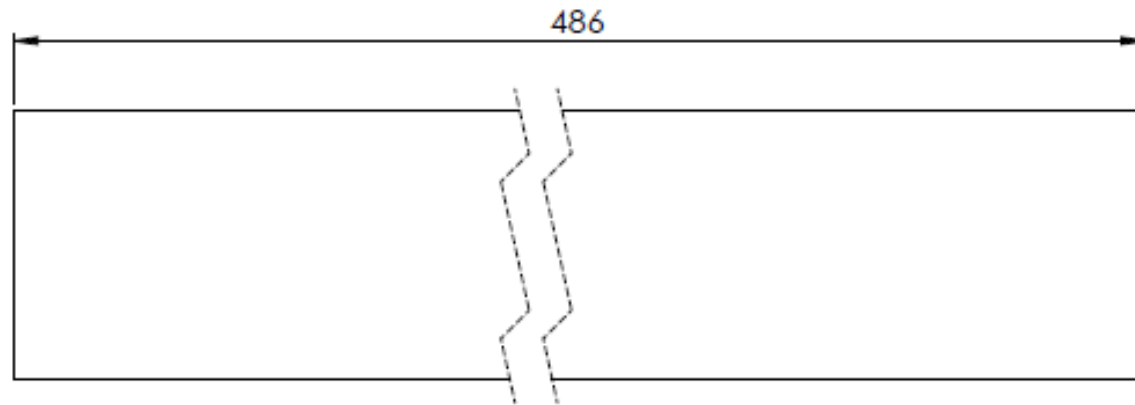
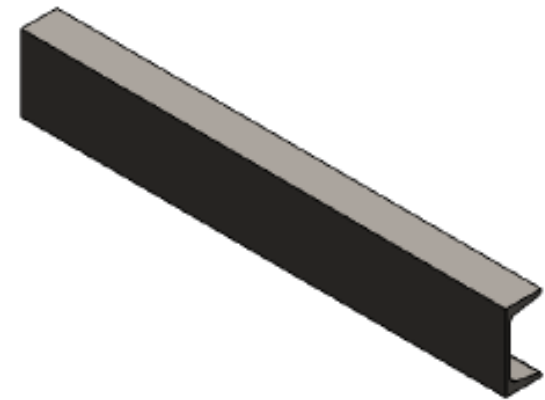
DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

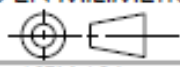
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: VIGA LONG. DERECHA	
MATERIAL:	ASTM A36	REFERENCIA:	PERFIL CANAL U C4x5.4x19
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	DINA-01-01
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	FECHA:	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA:	1:5
			HOJA 1 DE 1

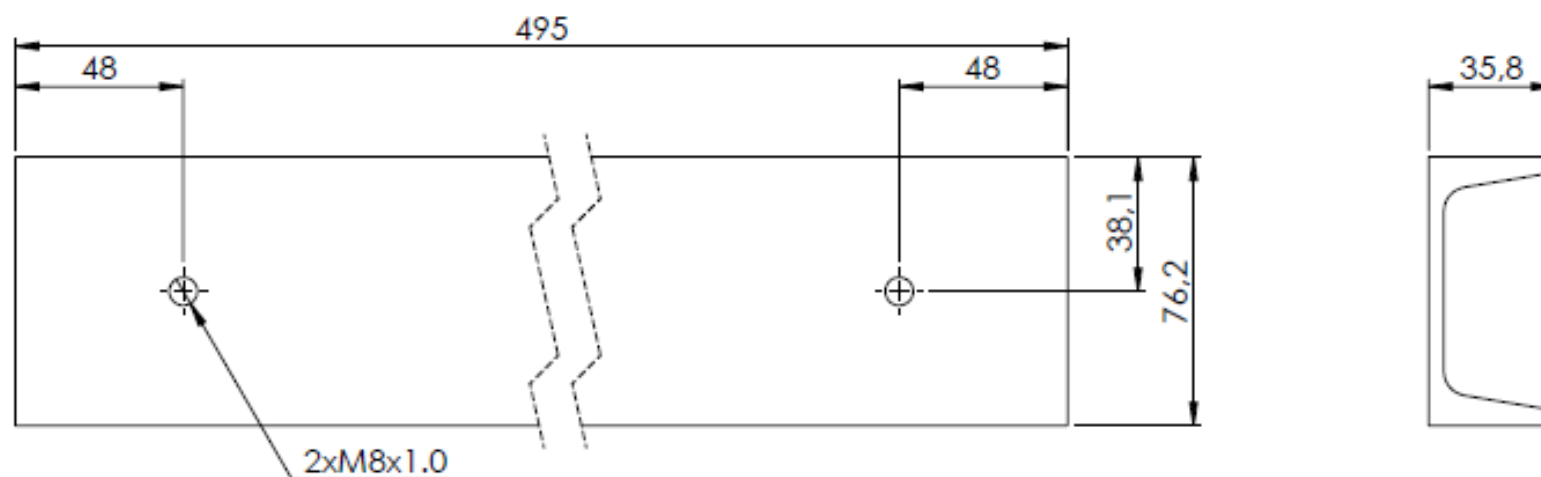
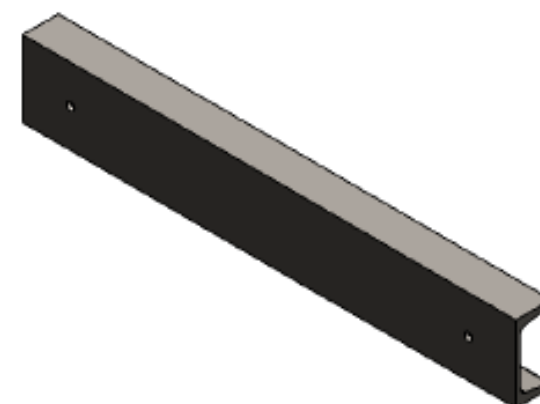


DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

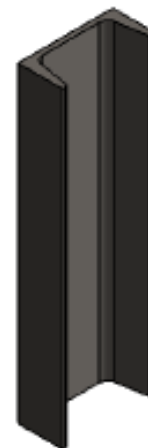
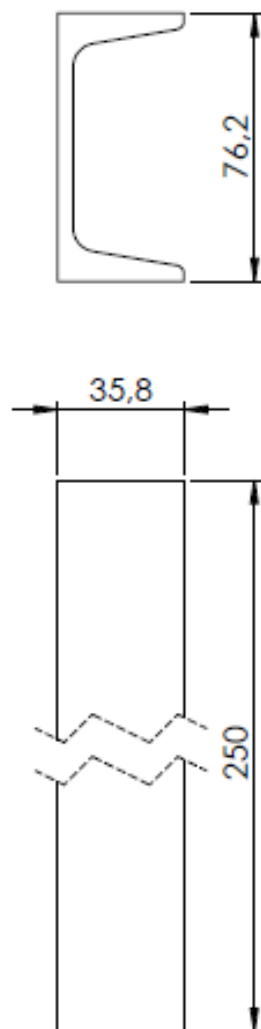
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: VIGA LONG. IZQUIERDA	
MATERIAL:	ASTM A36	REFERENCIA:	PERFIL CANAL U C4x5.4x19
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	DINA-01-02
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	FECHA:	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA:	1:5
			HOJA 1 DE 1

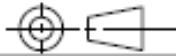


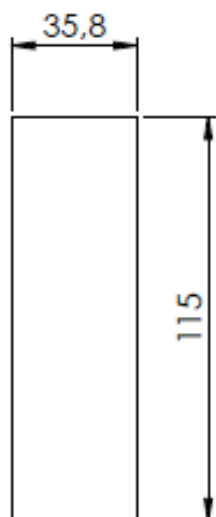
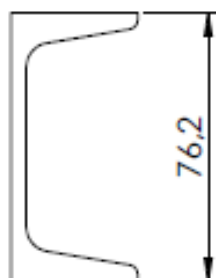
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: VIGA TRANSV. INFERIOR	
MATERIAL:	ASTM A36	REFERENCIA: PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244	
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	FECHA:
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	DINA-01-03	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1

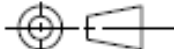


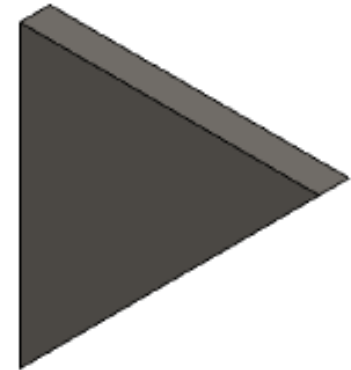
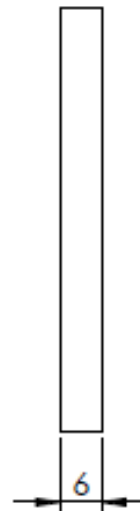
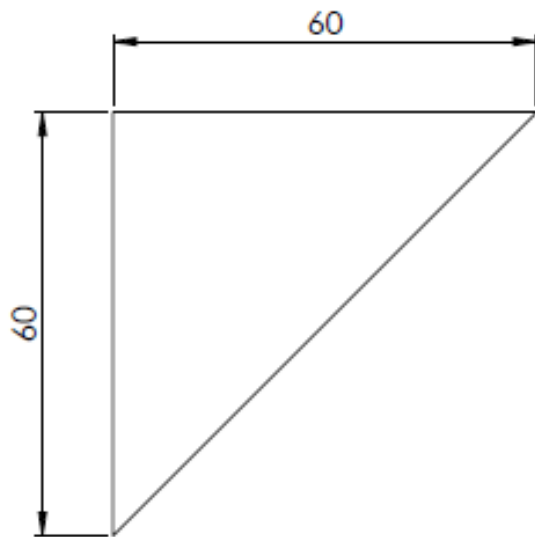
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: VIGA TRANSV. SUPERIOR	
MATERIAL:	ASTM A36	REFERENCIA: PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244	
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	FECHA:
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	DINA-01-04	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1



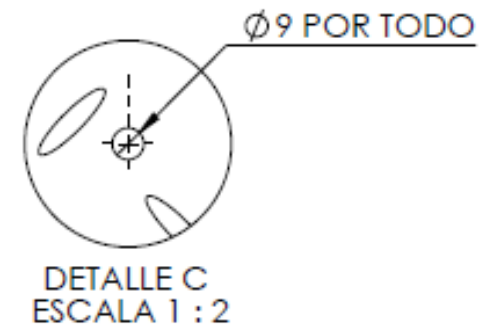
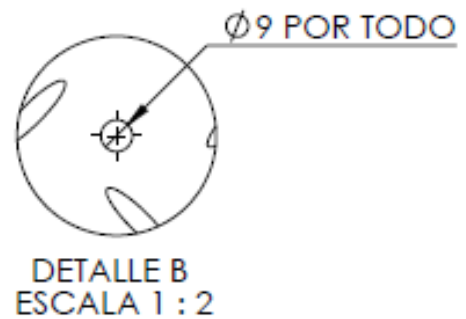
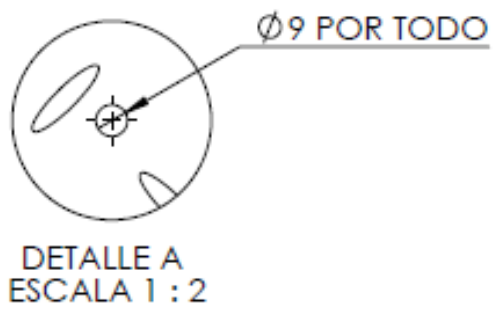
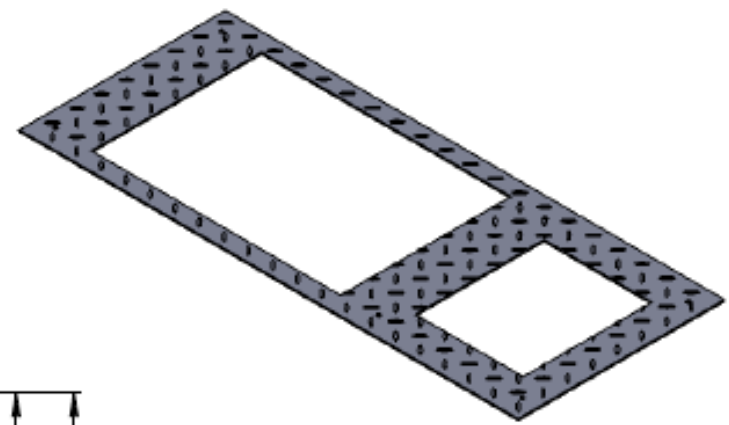
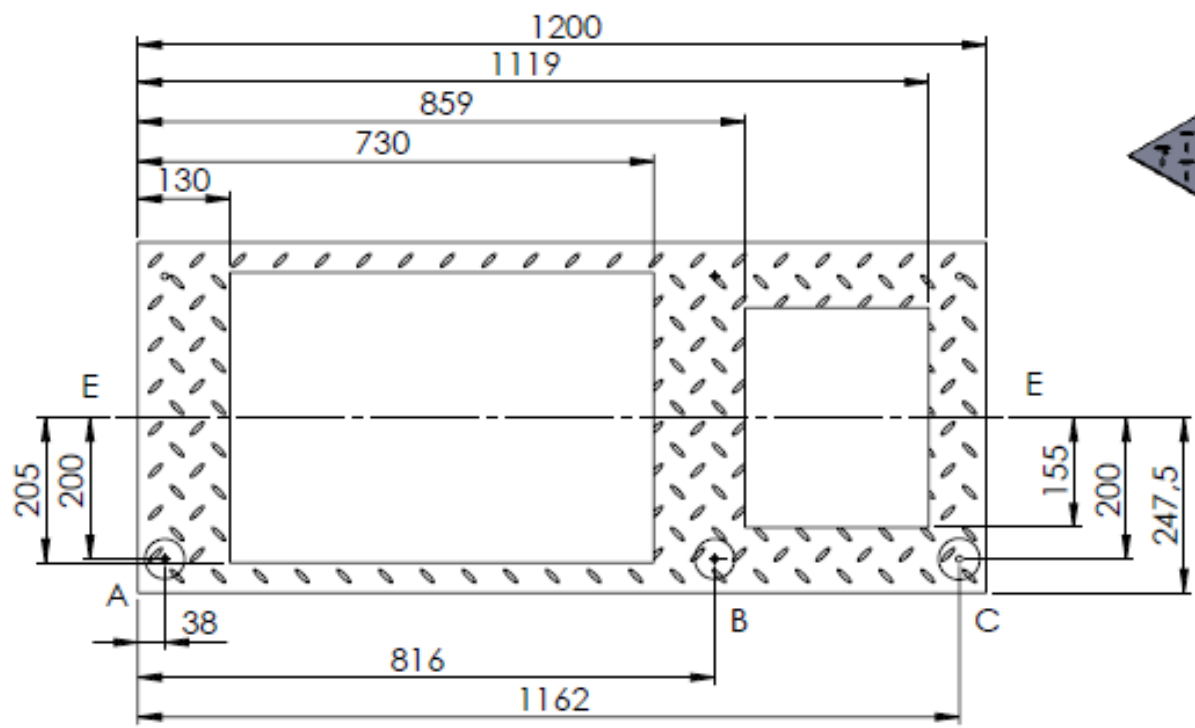
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: COLUMNA INFERIOR	
MATERIAL:	ASTM A36	REFERENCIA: PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244	
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	FECHA:
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	DINA-01-05	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1



DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: COLUMNA SUPERIOR	
MATERIAL:	ASTM A36	REFERENCIA: PERFIL CANAL U C3x4.1x47,244	
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	FECHA:
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	DINA-01-06	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1

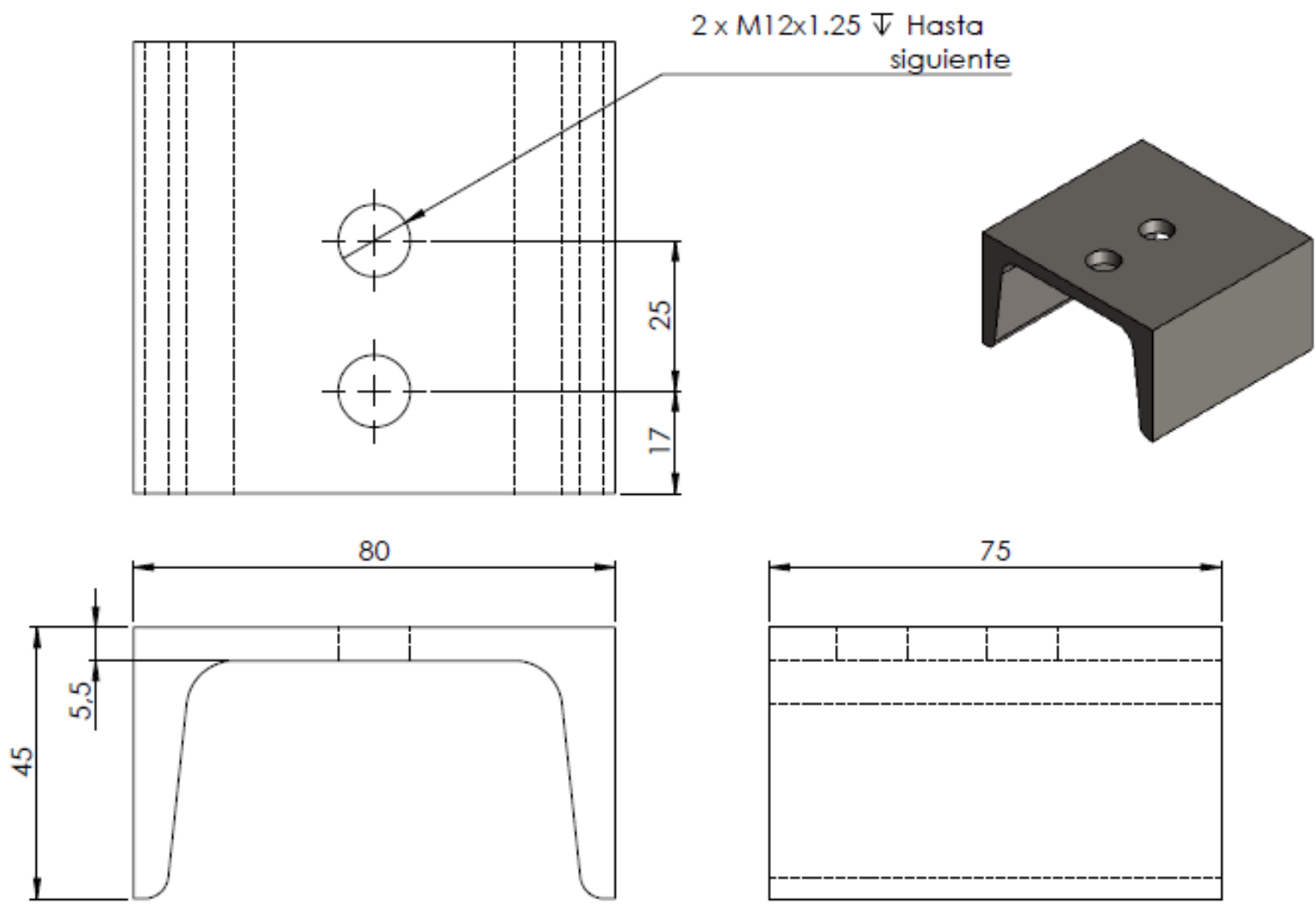


DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: PIE DE AMIGO	
MATERIAL: AISI 1020 HR		REFERENCIA: N/A	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-01-07	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			

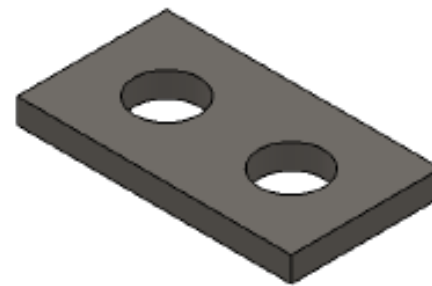
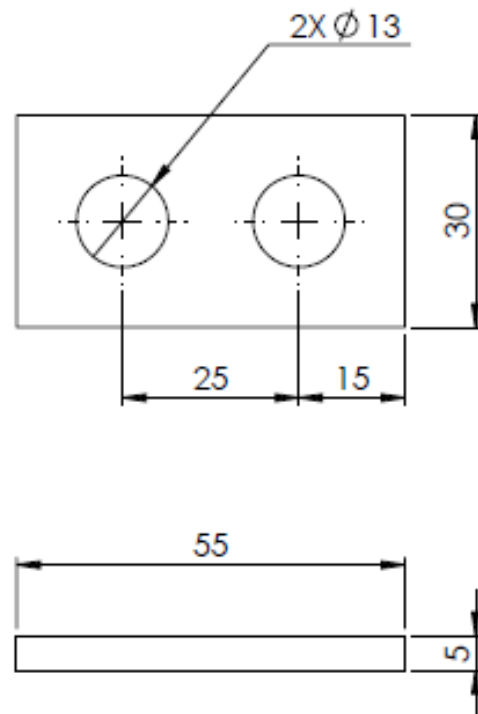


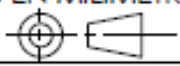
Simetria total de la pieza  
repecto al eje E-E

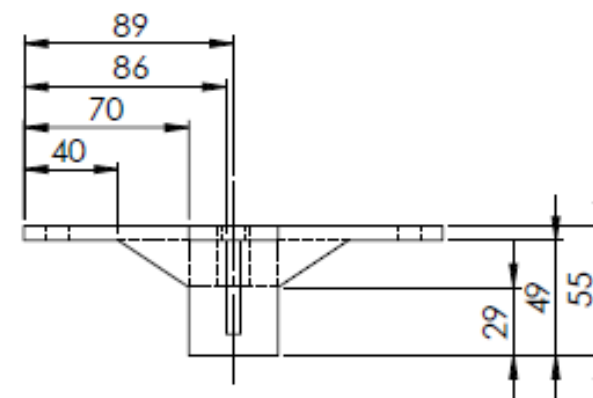
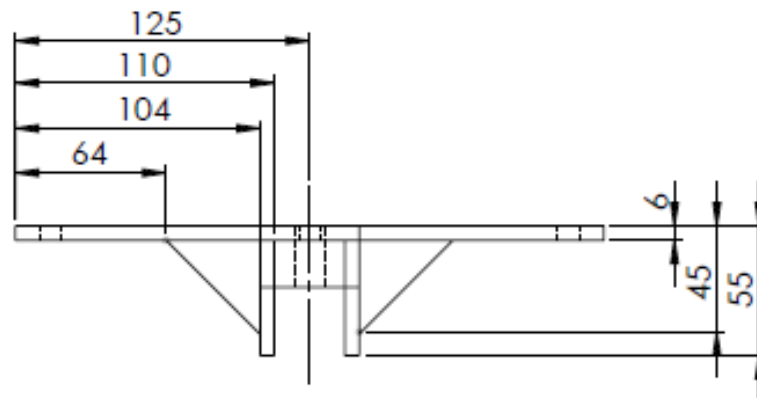
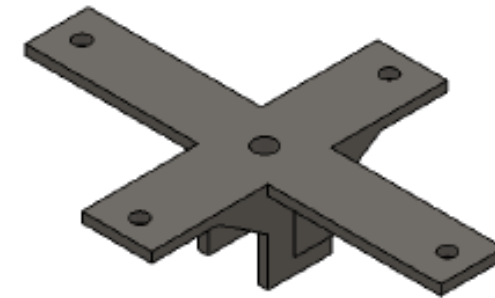
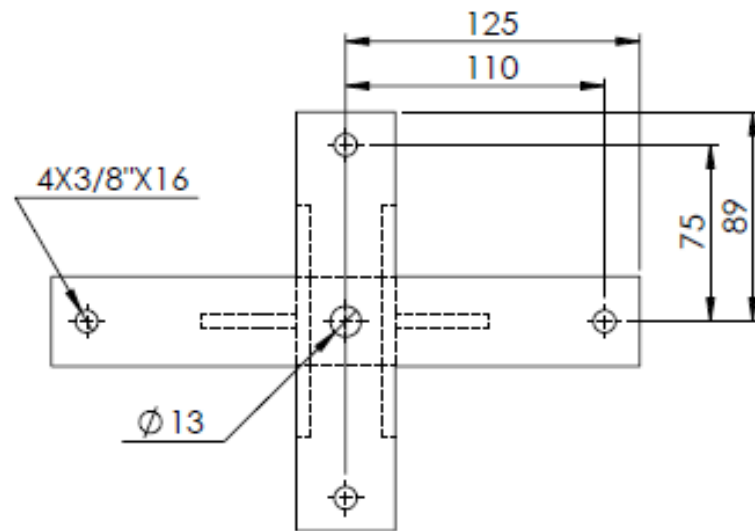
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: PIE DE AMIGO	
MATERIAL: AISI 1020 HR		REFERENCIA: LAMINA ALFAJOR HR 3/16"	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-01-07	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			

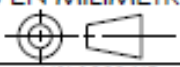


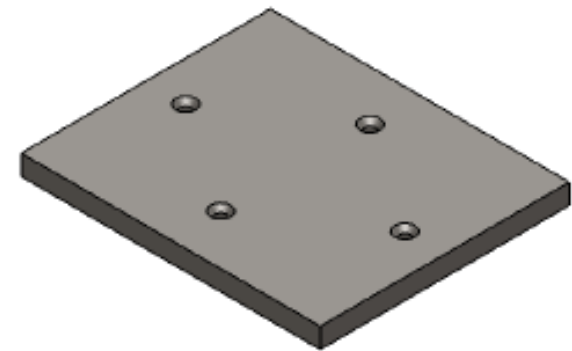
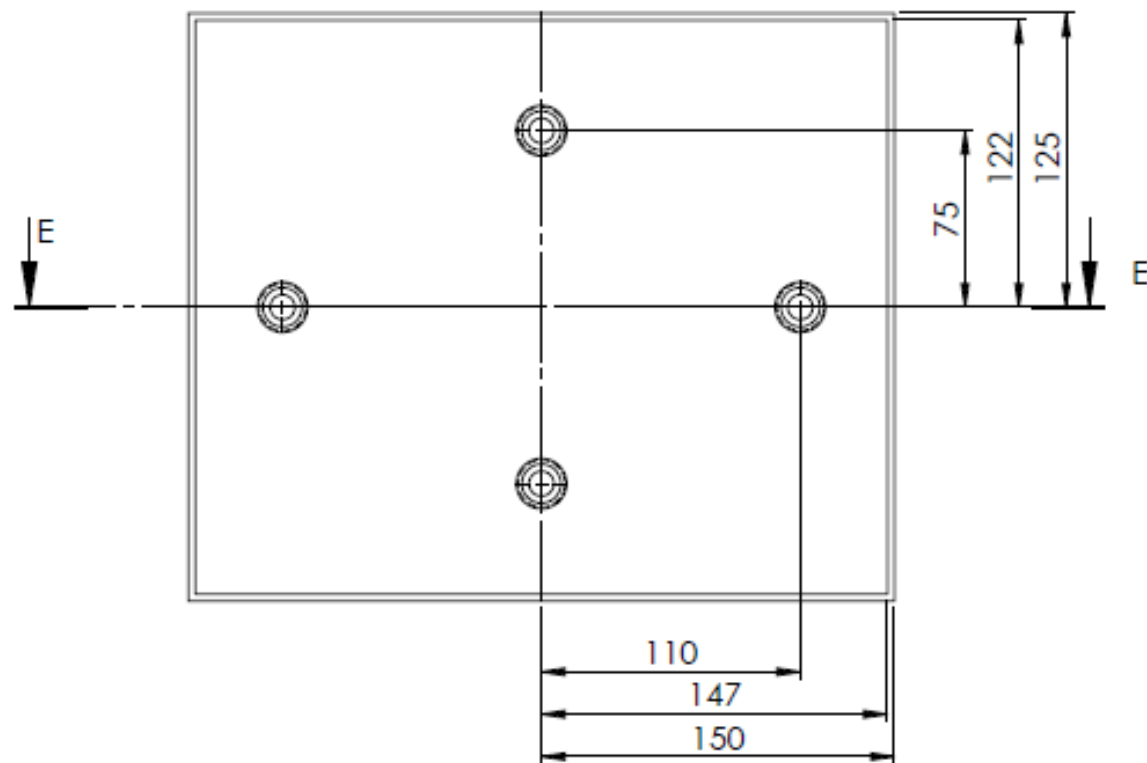
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: SOPORTE	
MATERIAL: ASTM A 36		REFERENCIA: PERFIL CANAL U UPN 80	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-02-01	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			



DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO: SEPARADOR	
MATERIAL: AISI 1020 HR		REFERENCIA: N/A	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-02-02	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			

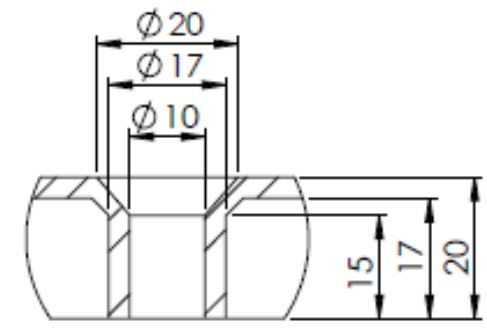


DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: PLATAFORMA	
MATERIAL: AISI 1020 HR		REFERENCIA: N/A	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-02-05	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			



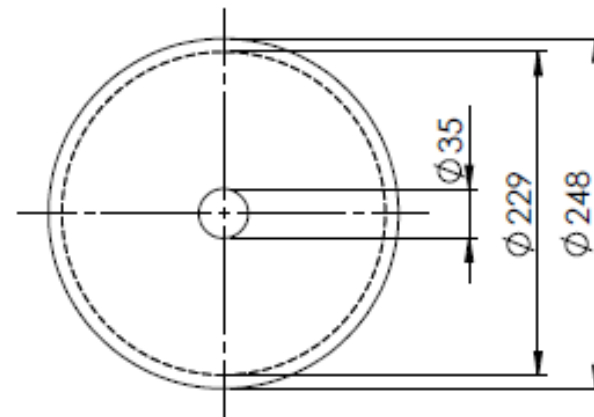
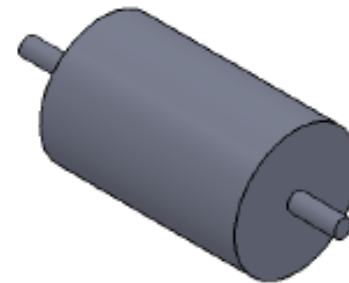
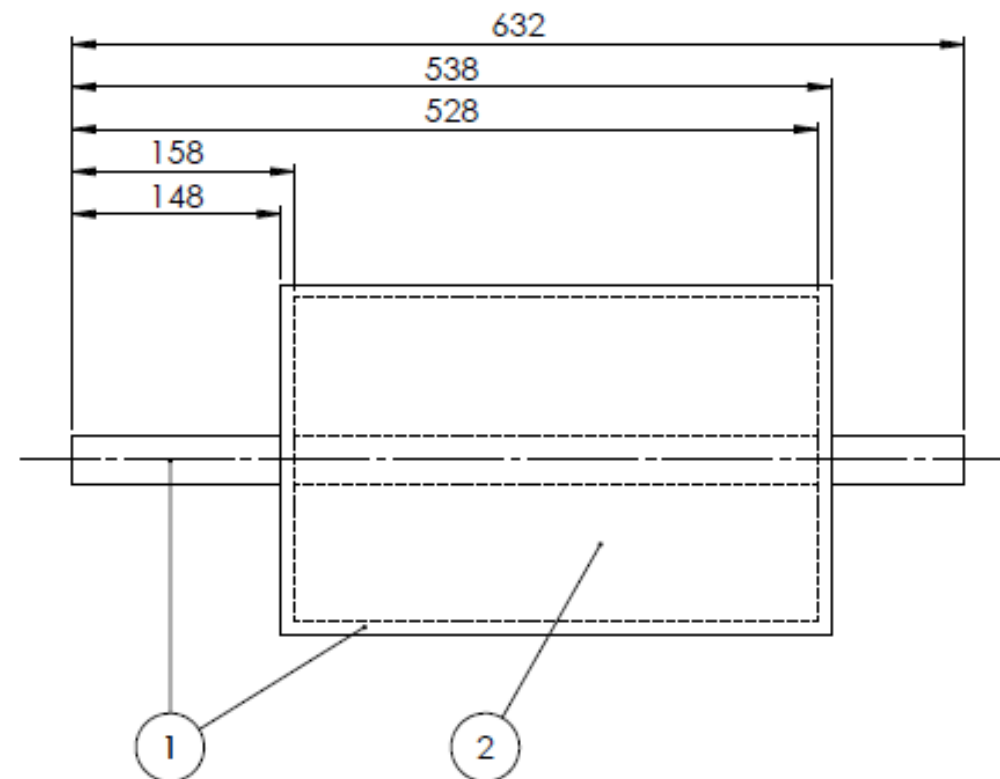
SECCIÓN E-E  
ESCALA 1 : 3

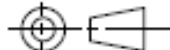
B

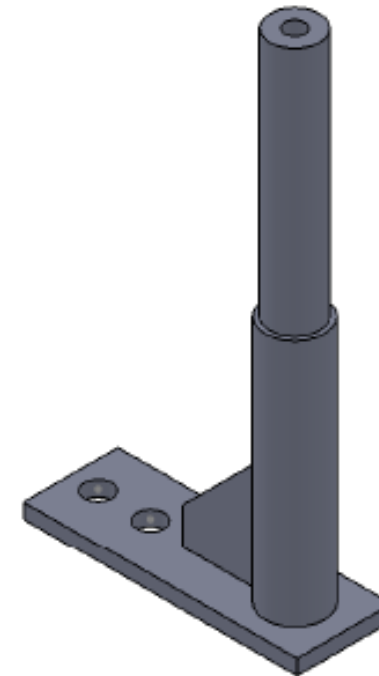
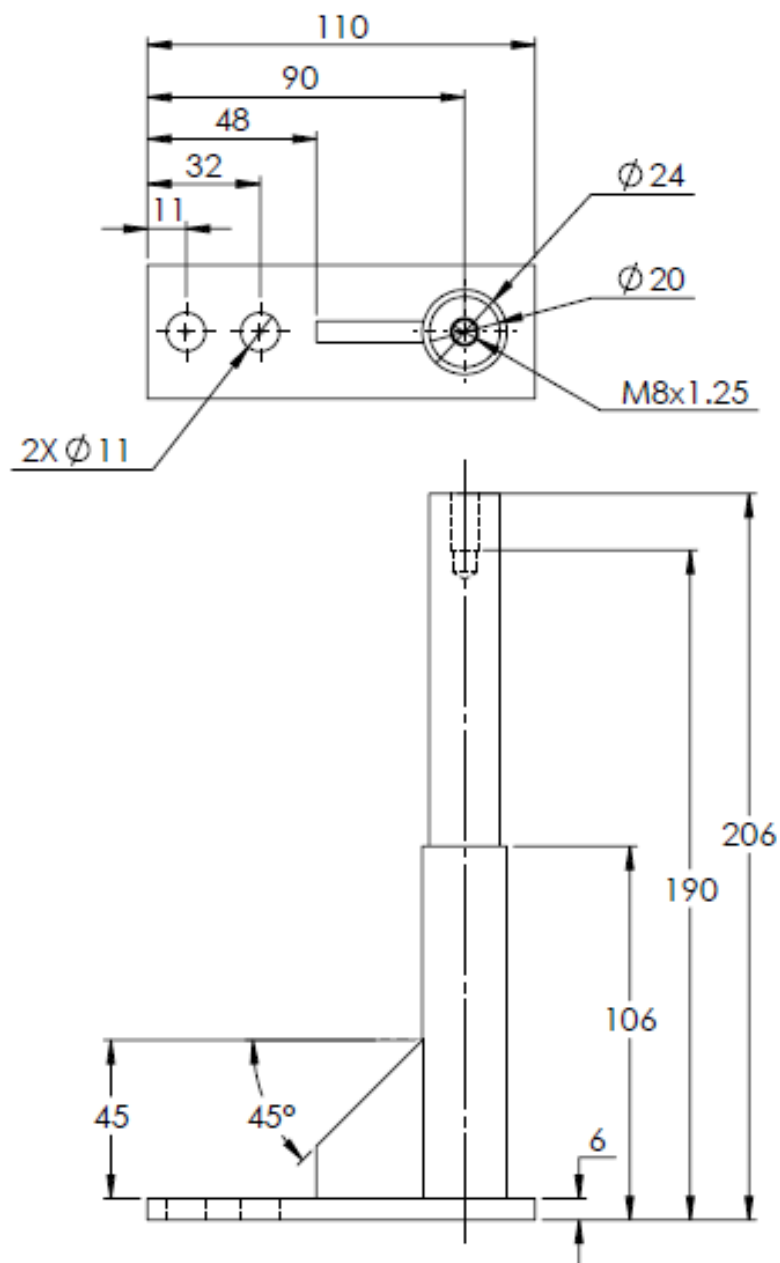


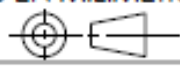
DETALLE B  
ESCALA 1 : 1

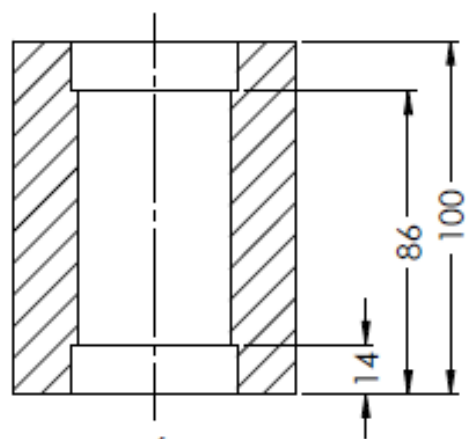
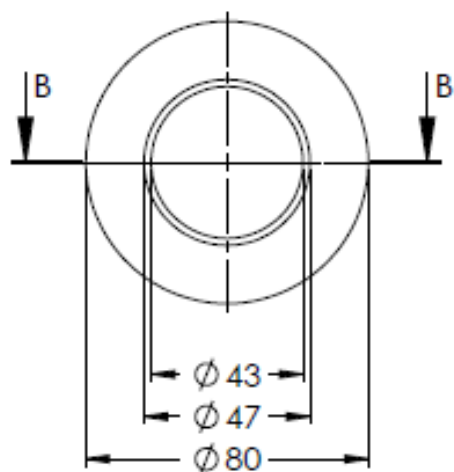
DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCION		TÍTULO: TAPA BASCULA	
MATERIAL: AISI 1020 HR		REFERENCIA: N/A	
PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA.		N.º DE DIBUJO: DINA-02-09	FECHA: 06/08/2012
APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1
DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO			



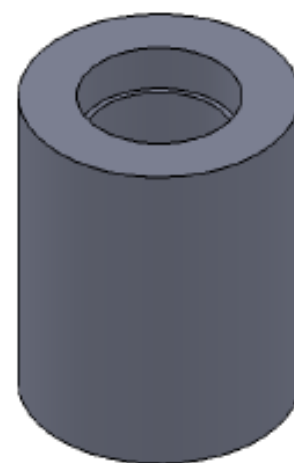
<b>MATERIALES:</b>  1 AISI 1045 CR 2 PLOMO	<b>DIMENSIONES EN MILIMETROS</b> TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN 		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL TÍTULO: RODILLO INERCIAL	
	MATERIAL: AISI 1045 Y PLOMO		REFERENCIA: N/A	
	PROPIEDAD DE: UIS & JB-SPI LTDA. APROBADO POR: ING. RICARDO JAIMES		N.º DE DIBUJO: <b>DINA-03-01</b>	FECHA: 06/08/2012
	DIBUJADO POR: EDINSON HORMIGA EVER MORENO		ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1



DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO:	PEDESTAL
MATERIAL:	AISI 1020 HR	REFERENCIA:	N/A
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	DINA-04-01
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	FECHA:	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA:	1:2
			HOJA 1 DE 1



SECCIÓN B-B



DIMENSIONES EN MILIMETROS		PROYECTO: DINAMOMETRO INERCIAL	
TERCER ANGULO DE PROYECCIÓN		TÍTULO:	RODILLO DE NYLON
MATERIAL:	NYLON	REFERENCIA:	N/A
PROPIEDAD DE:	UIS & JB-SPI LTDA.	N.º DE DIBUJO:	DINA-04-02
APROBADO POR:	ING. RICARDO JAIMES	FECHA:	06/08/2012
DIBUJADO POR:	EDINSON HORMIGA EVER MORENO	ESCALA:	1:2
			HOJA 1 DE 1

# SW 613



## ELECTRODOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO

IDENTIFICACIÓN: WESTARCO E6013  
 CLASIFICACIÓN: AWSE6013  
 ESPECIFICACIÓN: AWS A.5.1, ICONTEC 2191, ASME SFA.5.1  
 APROBADO: ABS(Grado 1)

### CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES

El revestimiento es a base de rutilo y potasio, lo cual le da muy buena estabilidad, inclusive al trabajar con corriente alterna en equipos de bajo voltaje de circuito abierto.

### APLICACIONES TÍPICAS

Carrocerías, muebles metálicos, ductos de aire acondicionado, rejas, ventanas y ornamentación en general. Puede usarse en tanques y estructuras teniendo en cuenta las limitaciones establecidas en los códigos de construcción aplicables.

### RECOMENDACIONES PARA SU APLICACIÓN

Se utiliza en corriente alterna o continua, polaridad negativa (-) o positiva (+). Lleve el arco corto y una velocidad de avance adecuada el tipo de junta y al diámetro que emplee. Al soldar en filete horizontal mantenga el electrodo con un ángulo de elevación de 50 a 70° con relación a la platina inferior y una inclinación de 10 a 20° en la dirección de avance. Entre mas delgada la platina y mayor corriente, se debe usar un ángulo de elevación mayor para evitar recalentamiento de la platina vertical.

### PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO

Resistencia a la tracción:	42 - 52 Kg/mm <sup>2</sup> (60-74 Ksi)
Límite de fluencia:	34 - 45 Kg/mm <sup>2</sup> (48-65 Ksi)
Elongación:	22 - 29%
Reducción del área:	40 - 60 %
Resistencia al impacto Charpy en Va -20°C:	50-110 joules.

**NOTA:** Ensayos realizados según AWS A.5.1

DIMENSIÓN	AMPERAJES RECOMENDADOS
2.4 X 300 mm (3/32")	50 - 90 A
2.4 X 350 mm (3/32")	50 - 90 A
3.2 X 350 mm (1/8")	80 - 120 A
4.0 X 350 mm (5/32")	110 - 160 A
4.8 X 450 mm (3/16")	130 - 210 A
6.4 X 450 mm (1/4")	200 - 300 A

**EMPAQUE:** Caja de 20Kg peso neto.  
 Ver recomendaciones de almacenamiento al final del catálogo.

## ANEXO H: ESPECIFICACIONES DE LA CELDA DE CARGA



### description

The force transducer works according to the strength measuring principle on a transverse basis to the longitudinal axis.

The SKA-30 is designed for application at conveyor scales, bin-type weighing devices, platform scales and overhead conveyor scales, but can also be used for measuring the forces applied on machine parts, levers, axles etc.

The device has been designed as a beam with measuring cells. Due to the beam shape and two 13 mm size boreholes, all machine building requirements will be met when mounting this component. The force transfer is carried through by use of a M12 screw thread.

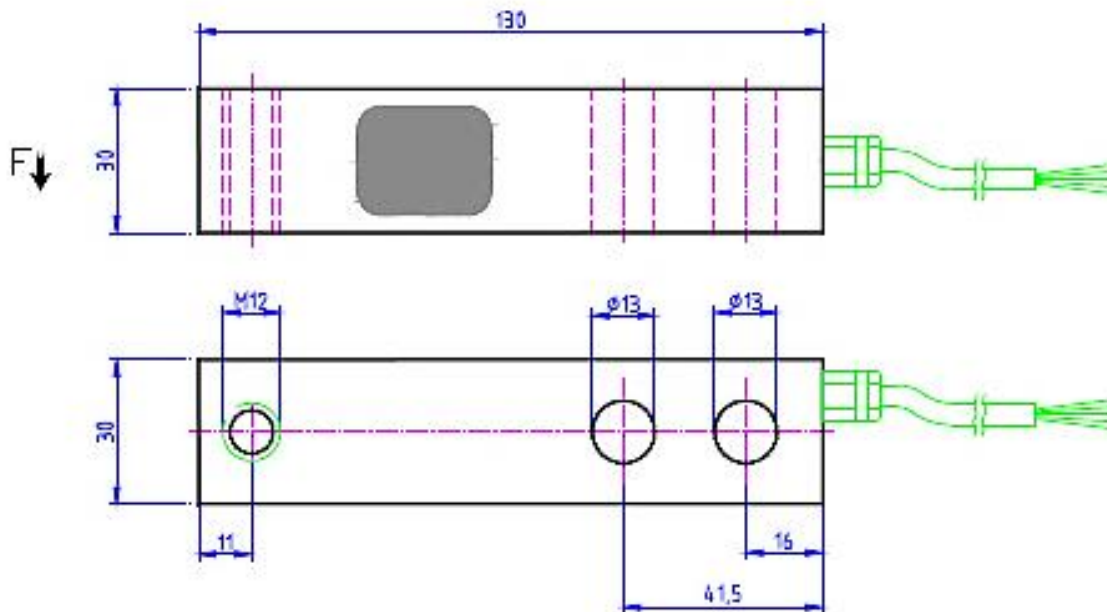
The measuring cell for the strain gauge has been cast with a high-elastic compound and is thus protected against mechanical or chemical damages.

The strain gauge bridges measure the caused deformation in the measuring cell due to the shearing forces at the beam. Executions with strap output or amplifier with a measuring signal of 1 - 9 mA or 4 - 20 mA are possible for it.

By application of an amplifier the nominal output current can be produced in the unloaded state by add-ons of the calibrating checking signal (software calibration). A check of the force transducer with the amplifier and the following measuring facilities is possible with that.

The SKA-30 is planned according to execution for the direct connection with an amplifier or a control.

## specification



### mechanical execution

weight	approx. 850 g
mounting	2 x boreholes Ø 13 mm, 1 x screw thread M12
material	steel
environmental protection	IP 67

SKA	30-10	30-15
nominal force	1000 kg	1500 kg
max. use force	150 % o.t.n.f.	150 % of the nominal force
rupture force	400 % o.t.n.f.	400 % of the nominal force

### electrical execution

operating voltage	when strap with 350 Ω: max. 12 V AC / DC when amplifier: 9 - 30 V DC
current consumption	max. 35 mA / 40 mA (according to execution)
output / measuring signal	350 Ω / 1 - 9 mA / 4 - 20 mA (options)
calibration in	N / kg
calibration tolerance	< 0,50 % of the final value*
nonlinearity	< 0,25 % of the final value*
hysteresis	< 0,15 % of the final value*
temperature coeff.	
zp.	≤ 0,04 % of the final value / K
rec.	≤ 0,04 % of the set point / K
operating condition	-25 °C to +80 °C**

### connection

cable type	1,5 m LiYCY 4 x 0,14 mm <sup>2</sup> (example)								
electrical connections	<table> <tr> <td><b>when</b></td> <td><b>strap / amplifier</b></td> </tr> <tr> <td>brown</td> <td>strap voltage <math>U_{s+}</math> / operating voltage</td> </tr> <tr> <td>green</td> <td>strap voltage <math>U_{s-}</math> / GND (ground)</td> </tr> <tr> <td>yellow</td> <td>strap signal <math>U_{s+}</math> / measuring signal output</td> </tr> </table>	<b>when</b>	<b>strap / amplifier</b>	brown	strap voltage $U_{s+}$ / operating voltage	green	strap voltage $U_{s-}$ / GND (ground)	yellow	strap signal $U_{s+}$ / measuring signal output
<b>when</b>	<b>strap / amplifier</b>								
brown	strap voltage $U_{s+}$ / operating voltage								
green	strap voltage $U_{s-}$ / GND (ground)								
yellow	strap signal $U_{s+}$ / measuring signal output								

## ANEXO I: NORMA ISO 1940. CALIDAD DEL BALANCEO

*Grafira 51. Grados de calidad de balanceo de varios grupos representativos de rotores rígidos.*

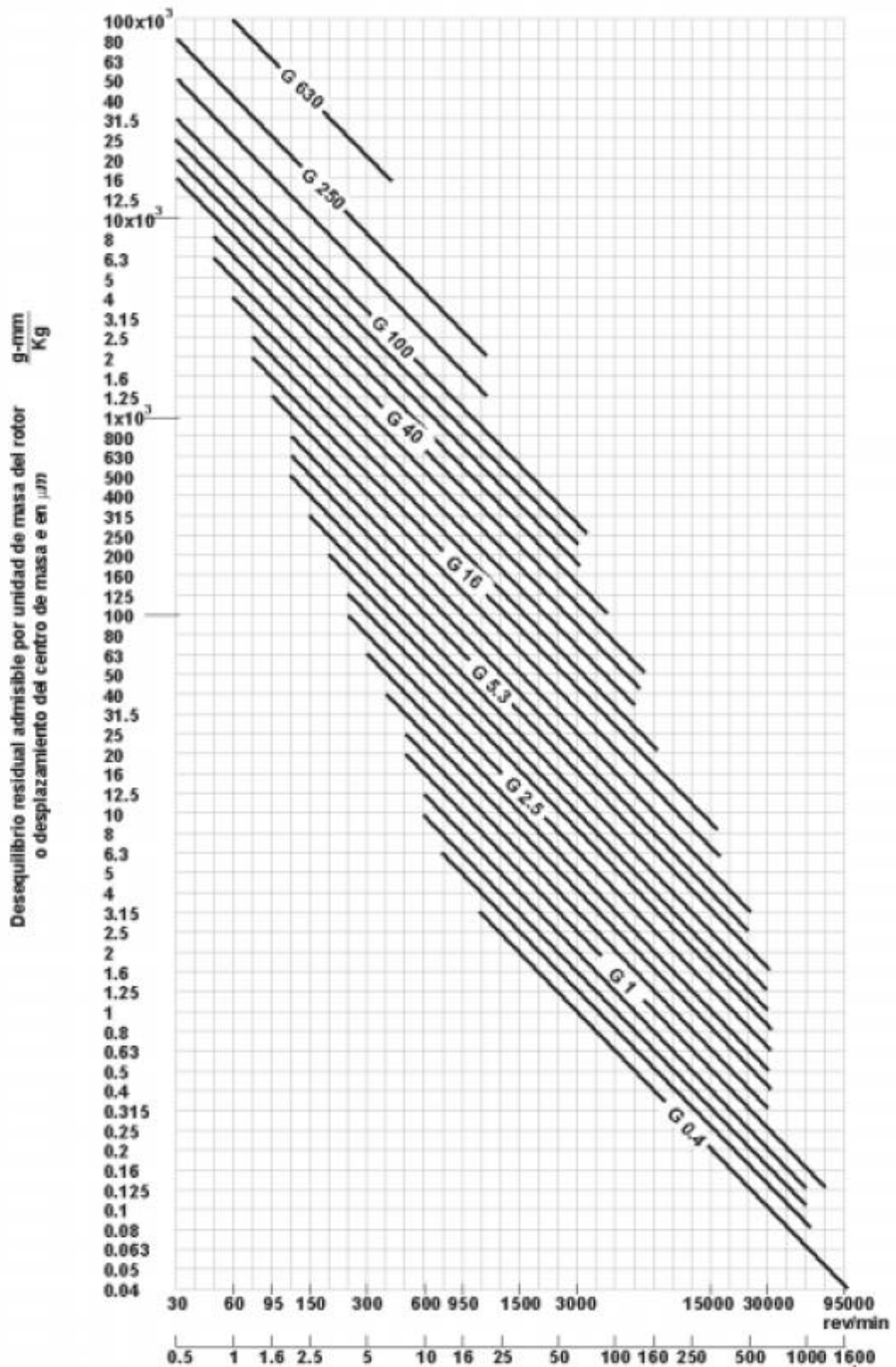
Grado de Calidad de Balanceo G	e.w mm/s	Tipos de rotores- ejemplos generales
G 4000	4000	Sistema motriz de máquinas diesel de marina con número impar de cilindros, montadas rígidamente y con la velocidad del pistón < 9 m/s.
G 1600	1600	Sistema motriz de máquinas grandes de dos ciclos montadas rígidamente. (Comprende todo el sistema de transmisión).
G 630	630	Sistema motriz de máquinas grandes de cuatro ciclos montadas rígidamente. Sistema motriz de máquinas diesel de marina montadas elásticamente.
G 250	250	Sistema motriz de máquinas diesel de cuatro cilindros montada rígidamente y con velocidad de pistón > a 9 m/s.
G 100	100	Sistema motriz de máquinas diesel con seis o más cilindros y velocidad > a 9 m/s. Sistema motriz total (a gasolina o diesel), para carros, camiones, locomotoras
G 40	40	Ruedas de automotores, rines, conjuntos de ruedas, ejes de transmisión. Sistema motriz de máquinas rápidas de cuatro ciclos (gasolina o diesel) con seis o más cilindros, montadas elásticamente. Sistema motriz de carros, camiones y locomotoras.
G 16	16	Ejes de transmisión (propulsores, cardanes) con requerimientos especiales. Partes de maquinaria de trituración. Partes de maquinaria agrícola. Partes individuales de máquinas para autos, camiones, locomotoras. Sistema motriz de motores con seis o más cilindros bajo requerimientos especiales.

Grado de Calidad de Balanceo G	e.w mm/s	Tipos de rotores- ejemplos generales
G 6.3	6.3	Partes de máquinas de plantas de proceso. Engranajes principales de la turbinas de marina. Tambores, centrifugas. Ventiladores. Turbinas de naves espaciales (ensamblado el rotor). Volantes- impulsores de bombas. Máquinas herramientas y partes generales de maquinaria. Armaduras de motores eléctricos. Componentes individuales de motores bajo condiciones especiales.
G 2.5	2.5	Turbinas a gas y a vapor, turbinas principales de marina. Rotores rígidos de turbogeneradores - rotores - turbocompresores - transmisiones de máquinas herramientas. Armaduras de motores eléctricos medios y grandes con especiales requerimientos. Armaduras eléctricas pequeñas. Conjunto turbina - bomba.
G 1	1	Sistema de accionamiento de tocadiscos, fonógrafo, y gramófonos. Mecanismo de máquinas esmeriladoras. Armaduras eléctricas pequeñas con requerimientos especiales.
G 0.4	0.4	Rotores, discos y armaduras de máquinas rectificadoras. Giróscopos.

Notas : 1.  $w = 2\pi n / 60 \gg n / 10$   $n = \text{rev/min}$   
 $w = \text{rad/seg}$

2. *Un sistema motriz comprende : cigüeñal, volante, embrague, poleas, amortiguador de vibración, porción giratoria de la biela, etc.*

Figura 52. Desequilibrio específico máximo correspondiente a varios grados de calidad de balanceo. (ISO .1940).



## ANEXO J: NORMA SAE J1349

### 5.6 Correction Formulas

The applicable correction formulas for spark ignition and compression ignition engines are listed in this section. These correction formulas are designed for correction of net brake power at full throttle operation; however, for CI engines the formulas may also be used to correct partial load power for the purpose of determining specific fuel consumption. These correction formulas are not intended for altitude de-rating. This section includes all formulas necessary to correct observed engine power performance for deviations in inlet air and fuel supply conditions.

#### 5.6.1 Spark-Ignition Engine Correction Formulas

These spark-ignition engine correction formulas are only applicable at full (WOT) throttle positions.

$$Bp_c = Ip_c - Fp_o \quad (\text{Eq. 1})$$

where:

$$Ip_c = CA \cdot Ip_o = CA \cdot (Bp_o + Fp_o) \quad (\text{Eq. 2})$$

and the atmospheric correction factor, CA, is defined as:

$$CA = \left( \frac{99}{Pa_{do}} \right) \left( \frac{t_o + 273}{298} \right)^{0.5} \quad (\text{Eq. 3})$$

If friction is measured then brake power can be calculated by combining Equations 1 and 2:

$$Bp_c = CA \cdot Bp_o + (CA - 1) \cdot Fp_o \quad (\text{Eq. 4})$$

If friction is not measured and 85% mechanical efficiency is assumed per 3.7 then:

$$Fp_o = \frac{(1 - ME) \cdot Bp_o}{ME} = \frac{(1 - 0.85) \cdot Bp_o}{0.85} = 0.176 \cdot Bp_o \quad (\text{Eq. 5})$$

Brake power assuming 85% mechanical efficiency can then be calculated by substituting Equation 5 into Equation 4:

$$Bp_c = (1.176 \cdot CA - 0.176) \cdot Bp_o \quad (\text{Eq. 6})$$

$$Bp_c / Bp_o = 1 + 1.176 (CA - 1) \quad (\text{Eq. 7})$$

From Equation 7, it is possible to derive the ISO correction factors for Bp using the exponential and logarithmic expressions:

#### 9.1.6 Ambient Conditions

The test must be conducted at the following ambient conditions:

- a. Air Temperature: 25 °C ± 10 °C
- b. Barometric Pressure: 90 to 105 kPa
- c. Humidity: ≤70% relative humidity

NOTE: The purpose of this specification is to prohibit testing at humidity levels high enough to suppress knock such that the spark advance settings determined from the vehicle test would be unrepresentative of the spark advance which a customer would see at standard conditions.

- d. Wind speed: less than 7 m/s (15 mph)
- e. Road Surface: A closed course, with dry, flat, level hard-paved surface.

#### 9.2 Transient Vehicle Test Procedures

##### 9.2.1 Engine Warm-Up

The engine must be fully warmed up. Run the vehicle at a moderate speed (90 to 100 km/h for road vehicles) The engine is fully warmed up when the coolant outlet temperature has stabilized within +/-3C for a minimum of 5 minutes. When the vehicle is stopped following warmup, the acceleration run for determining control parameters and backpressure shall be started within 4 minutes of the time the vehicle comes to rest.

##### 9.2.2 Data Acquisition Rate

All data recorded by the data acquisition system must be recorded at 10 Hz or faster sample rate.

##### 9.2.3 Vehicle Acceleration Test Procedures

For measuring exhaust back-pressure, charge air cooler parameters (when applicable), and time-dependent engine control parameters, the vehicle shall be locked in a fixed gear and accelerated at full load from the lowest stable engine speed in that gear to the engine maximum speed.

Evaporative cooling of charge air coolers is prohibited unless offered by the manufacturer as standard equipment on the engine in the application being rated. If evaporative cooling is used, the evaporative cooling fluid must be as recommended by the manufacturer.

##### 9.2.4 Vehicle Data Averaging

The acceleration test should be repeated at least once and the results averaged for application to the dynamometer net power test.

## ANEXO K: SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA HIH 4000

**TABLE 1. PERFORMANCE SPECIFICATIONS (At 5 Vdc supply and 25 °C [77 °F] unless otherwise noted.)**  
 (%RH performance specifications include test system measurement errors (±0.5 % typical.)

Parameter	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Interchangeability (best fit straight line)	-	-	-	-
0 % to 60 %	-5	-	5	%RH
60 % to 100 %	-8	-	8	%RH
Interchangeability (2nd order curve)	-	±3.5	-	%RH
Accuracy <sup>1</sup> (best fit straight line)	-	±3.5	-	%RH
Accuracy (2nd order curve)	-	±2.5	-	%RH
Hysteresis	-	3	-	%RH
Repeatability	-	±0.5	-	%RH
Settling time	-	-	70	ms
Response time (1/e in slow moving air)	-	15	-	s
Stability <sup>2</sup> (@ 50 %RH)	-	±1.2 (per year)	-	%RH
Stability <sup>3</sup> (@ 50 %RH)	-	±0.5 (per year)	-	%RH
Voltage supply	4	-	5.8	Vdc
Current supply	-	-	500	µA
Voltage output (1 <sup>st</sup> order fit)	$V_{out} = V_{supply}(0.0062(\text{sensor RH}) + 0.16)$			
Voltage output (2nd order curve fit)	$V_{out} = 0.00003(\text{sensor RH})^2 + 0.0281(\text{sensor RH}) + 0.820$ , typical @ 25 °C			
Temperature compensation	$V_{out} = (0.0305 + 0.000044T - 0.0000011T^2)(\text{Sensor RH}) + (0.9237 - 0.0041T + 0.000040T^2)$ , T=Temperature in °C			
Operating temperature	-40[-40]	See Figure 1.	85[185]	°C[°F]
Operating humidity	0	See Figure 2.	100	%RH
Storage temperature	-40[-40]	-	125[257]	°C[°F]
Storage humidity	See Figure 2.			%RH

**Notes:**

1. For HIH-4000-003 and -004 only.
2. Specification includes testing outside of recommended operating zone.
3. Specification includes testing for recommended operating zone only.

**NOTICE**

- Do not expose sensor to condensing environments. Exposure to condensing environments will cause sensor output to indicate 0 %RH.
- Sensor is light sensitive. For best performance, shield sensor from bright light.
- Sensor is static sensitive. Sensor connection protected to 15 kV maximum.
- Sensor output is ratiometric to supply voltage.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**



**FACTORY CALIBRATION DATA**

HIH-4000 Sensors may be ordered with a calibration and data printout (Table 2). See order guide on back page.

**TABLE 2. EXAMPLE DATA PRINTOUT**

Model	HIH-4000-001
Channel	92
Wafer	030996M
MRP	337313
Calculated values at 5 V	
V <sub>out</sub> @ 0 %RH	0.958 V
V <sub>out</sub> @ 75.3 %RH	3.268 V
Linear output for 2 %RH accuracy @ 25 °C	
Zero offset	0.958 V
Slope	30.680 mV/%RH
RH	(V <sub>out</sub> -zero offset)/slope (V <sub>out</sub> -0.958)/0.0307
Ratiometric response for 0 % to 100 %RH	
V <sub>out</sub>	V <sub>supply</sub> (0.1915 to 0.8130)

FIGURE 1. RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

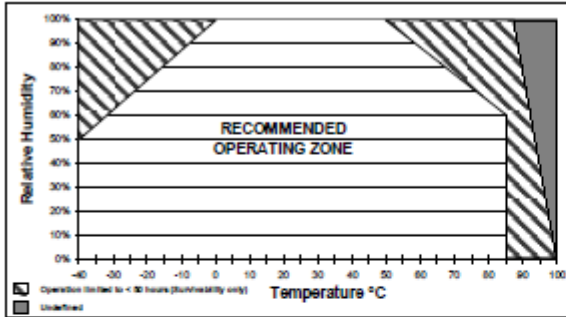


FIGURE 2. STORAGE ENVIRONMENT

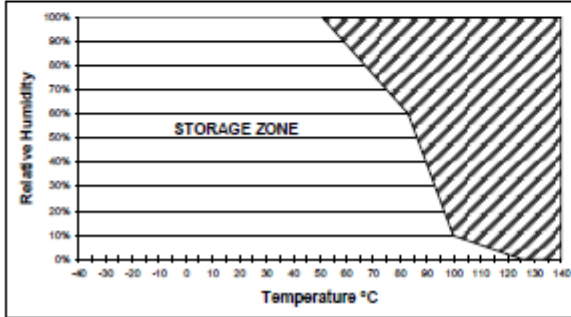
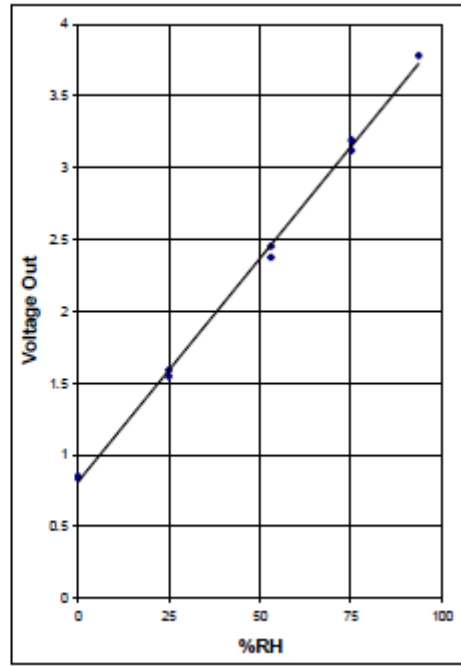


FIGURE 4. TYPICAL BEST FIT STRAIGHT LINE



## ANEXO L: SENSOR DE PRESION BAROMETRICA MPX4115AP

### On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX4115 series is designed to sense absolute air pressure in an altimeter or barometer (BAP) applications. Freescale's BAP sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high level analog output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration makes the Freescale BAP sensor a logical and economical choice for application designers.

#### Features

- 1.5% Maximum Error over 0° to 85°
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Durable Epoxy Unibody Element
- Easy-to-Use Chip Carrier Option

#### Typical Applications

- Altimeter
- Baromete

ORDERING INFORMATION <sup>(1)</sup>				
Device	Options	Case No.	MPX Series Order No.	Marking
Basic Element	Absolute, Element Only	Case 867-08	MPX4115A	MPX4115A
Ported Elements	Absolute, Ported	Case 867B-04	MPX4115AP	MPX4115AP
	Absolute, Stove Pipe Port	Case 867E-03	MPX4115AS	MPX4115A
	Absolute, Axial Port	Case 867F-03	MPX4115ASX	MPX4115A

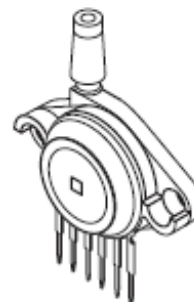
1. The MPX4115A BAP Sensor is available in the Basic Element package or with pressure port fittings that provide mounting ease and barbed hose connections.

**OPERATING OVERVIEW  
INTEGRATED  
PRESSURE SENSOR  
15 to 115kPa  
(2.18 to 16.7 psi)  
0.2 to 4.8 Volts Output**



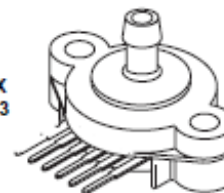
MPX4115A  
CASE 867-08

MPX4115AP  
CASE 867B-04



MPX4115AS  
CASE 867E-03

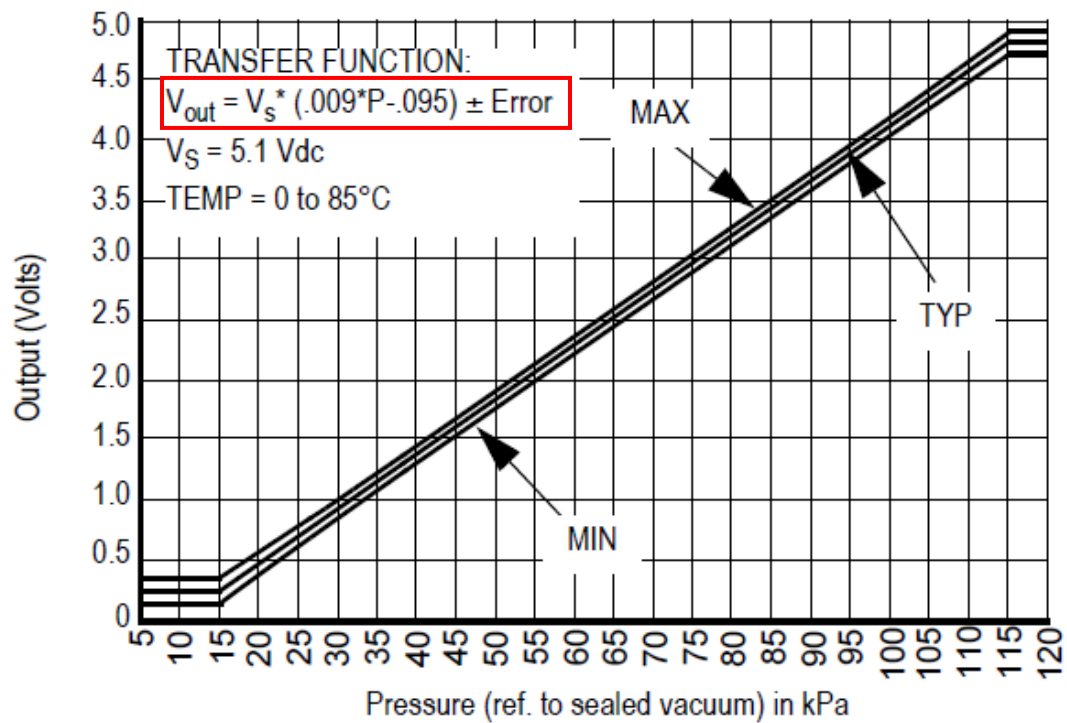
MPX4115ASX  
CASE 867F-03



#### PIN NUMBERS

1	$V_{OUT}^{(1)}$	4	N/C <sup>(2)</sup>
2	GND	5	N/C <sup>(2)</sup>
3	$V_S$	6	N/C <sup>(2)</sup>





**Figure 4. Output versus Absolute Pressure**



# Temperature sensor ic LM35CZ and LM35DZ

RS stock numbers 317-954 and 317-960

The LM35 is a precision semiconductor temperature sensor giving an output of 10mV per degree Centigrade. Unlike devices with outputs proportional to the absolute temperature (in degrees Kelvin) there is no large offset voltage which, in most applications, will have to be removed.

Accuracies of  $1/4^{\circ}\text{C}$  at room temperature or  $3/4^{\circ}\text{C}$  over the full temperature range are typical.

### Absolute maximum ratings (Note 10)

Supply voltage \_\_\_\_\_ +35V to -0.2V  
 Output voltage \_\_\_\_\_ +6V to -1.0V  
 Output current \_\_\_\_\_ 10mA  
 Storage temperature, TO-92 package  $-60^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$   
 Lead temperature (soldering, 10 seconds)  $260^{\circ}\text{C}$   
 Specified operating temperature range

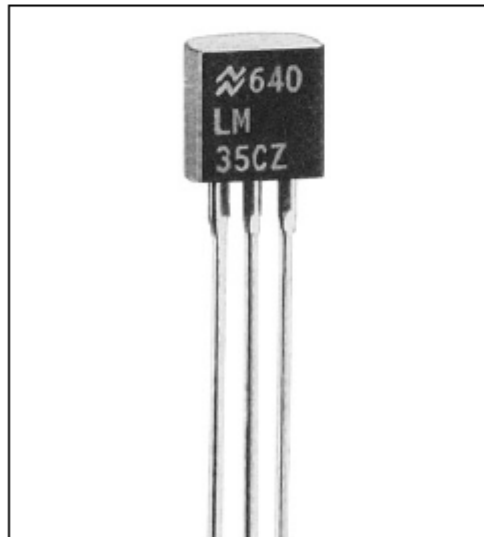
$T_{\text{MIN}}$  to  $T_{\text{MAX}}$  (Note 2)  
 LM35CZ \_\_\_\_\_  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$   
 LM35DZ \_\_\_\_\_  $0^{\circ}\text{C}$  to  $+100^{\circ}\text{C}$

### Features

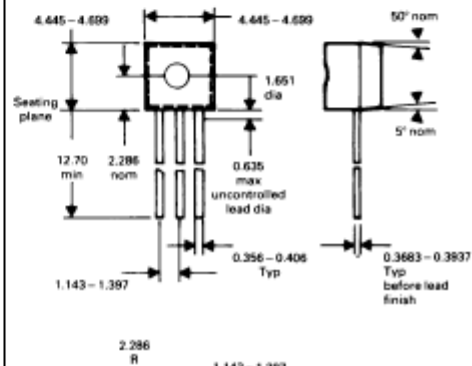
- Output proportional to  $^{\circ}\text{C}$
- Wide temperature range  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$  (CZ version)
- Accurate  $1/4^{\circ}\text{C}$  at room temperature typical
- Linear output  $0.2^{\circ}\text{C}$  typical
- Low current drain ( $60\mu\text{A}$  typical)
- Low self heating ( $0.08^{\circ}\text{C}$  typical)
- Output impedance  $0.1\Omega$  at 1mA
- Standard TO92 package.

### Pin connections

#### TO-92 Plastic package



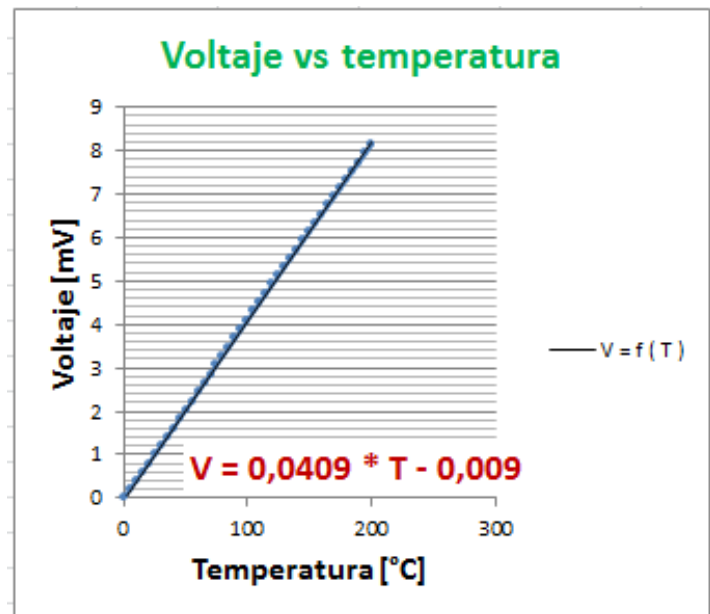
### Package details






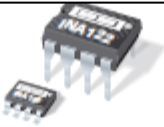
## ANEXO N: CARACTERIZACION DE TERMOCUPLA TIPO K

Temperatura [°C]	Voltaje [mV]
0	0
5	0,2
10	0,4
15	0,6
20	0,8
25	1
30	1,2
35	1,41
40	1,61
45	1,82
50	2,02
55	2,23
60	2,44
65	2,64
70	2,85
75	3,07
80	3,27
85	3,47
90	3,68
95	3,89
100	4,1
105	4,3
110	4,51
115	4,71
120	4,92
125	5,12
130	5,33
135	5,53
140	5,73
145	5,94
150	6,14
155	6,34
160	6,54
165	6,74
170	6,94
175	7,14
180	7,34
185	7,54
190	7,74
195	7,94
200	8,14



## ANEXO O: AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION INA122 P





# INA122

---

### Single Supply, *MicroPower* INSTRUMENTATION AMPLIFIER

---

#### FEATURES

- LOW QUIESCENT CURRENT: 60μA
- WIDE POWER SUPPLY RANGE
  - Single Supply: 2.2V to 36V
  - Dual Supply: -0.9/+1.3V to ±18V
- COMMON-MODE RANGE TO (V<sub>-</sub>)-0.1V
- RAIL-TO-RAIL OUTPUT SWING
- LOW OFFSET VOLTAGE: 250μV max
- LOW OFFSET DRIFT: 3μV/°C max
- LOW NOISE: 60nV/√Hz
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 25nA max
- 8-PIN DIP AND SO-8 SURFACE-MOUNT

#### APPLICATIONS

- PORTABLE, BATTERY OPERATED SYSTEMS
- INDUSTRIAL SENSOR AMPLIFIER: Bridge, RTD, Thermocouple
- PHYSIOLOGICAL AMPLIFIER: ECG, EEG, EMG
- MULTI-CHANNEL DATA ACQUISITION

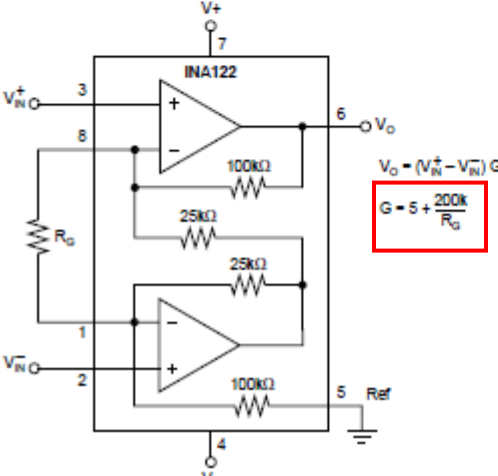
---

#### DESCRIPTION

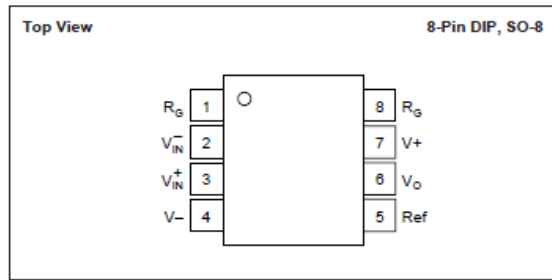
The INA122 is a precision instrumentation amplifier for accurate, low noise differential signal acquisition. Its two-op-amp design provides excellent performance with very low quiescent current, and is ideal for portable instrumentation and data acquisition systems. The INA122 can be operated with single power supplies from 2.2V to 36V and quiescent current is a mere 60μA. It can also be operated from dual supplies. By utilizing an input level-shift network, input common-mode range extends to 0.1V below negative rail (single supply ground).

A single external resistor sets gain from 5V/V to 10000V/V. Laser trimming provides very low offset voltage (250μV max), offset voltage drift (3μV/°C max) and excellent common-mode rejection.

Package options include 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages. Both are specified for the -40°C to +85°C extended industrial temperature range.



## PIN CONFIGURATION



## ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)</sup>

Supply Voltage, V+ to V- .....	36V
Signal Input Terminals, Voltage <sup>(2)</sup> .....	(V-)-0.3V to (V+)+0.3V
Current <sup>(2)</sup> .....	5mA
Output Short Circuit .....	Continuous
Operating Temperature .....	-40°C to +125°C
Storage Temperature .....	-55°C to +125°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C

NOTES: (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage.  
 (2) Input terminals are internally diode-clamped to the power supply rails. Input signals that can exceed the supply rails by more than 0.3V should be current-limited to 5mA or less.

## PACKAGE INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER <sup>(1)</sup>
INA122PA	8-Pin DIP	006
INA122P	8-Pin DIP	006
INA122UA	SO-8 Surface Mount	182
INA122U	SO-8 Surface Mount	182

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book.

# ANEXO P: RELAY DE ESTADO SOLIDO TD48A15

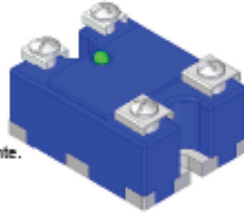
## 1.1. DISPOSITIVOS ON-OFF

### 1.1.1. RELAY DE ESTADO SÓLIDO. CARGAS AC.

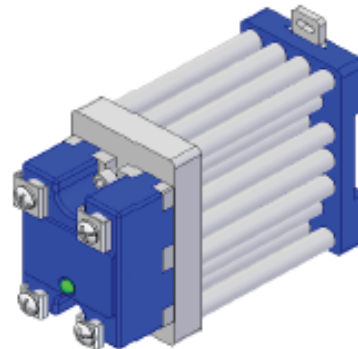
#### 1.1.1.1. RELAY DE ESTADO SÓLIDO MONOFÁSICOS 15-25-40 Arms 480VACrms - TRIAC

Características:

- Aislamiento Óptico.
- 600 voltios de voltaje de bloqueo.
- Detector de cruce por cero.
- Alta capacidad de picos de corriente.
- Puente de snubber.
- 4000 Voltios de Aislamiento
- RTV88, Resetttable Transient Voltage Suppressor System. Sistema de PROTECCIÓN de transientes para RELAY de entrada 20-275Vdc



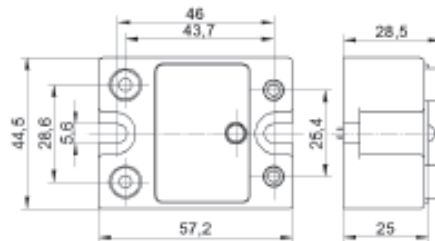
#### MONTAJE SUGERIDO CON DISIPADOR HS-OPT-01



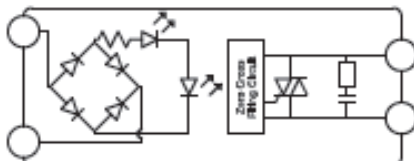
MODELOS MONOFÁSICOS DE CONTROL AC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VAC)	Voltaje de Línea (VACrms)	I <sup>2</sup> .T Para Fusibles (Amp <sup>2</sup> .seg)
TA48A15	0.10-16	20-275	24-575	144
TA48A25	0.10-25	20-275	24-575	340
TA48A40	0.10-40	20-275	24-575	880

MODELOS MONOFÁSICOS DE CONTROL DC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VDC)	Voltaje de Línea (VACrms)	I <sup>2</sup> .T Para Fusibles (Amp <sup>2</sup> .seg)
TD48A15	0.10-15	4-32	24-575	144
TD48A25	0.10-25	4-32	24-575	340
TD48A40	0.10-40	4-32	24-575	880

Dimensiones en mm

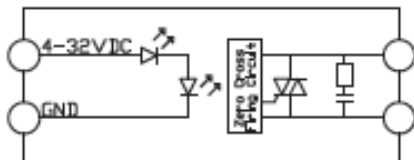


#### ESQUEMA ENTRADA AC



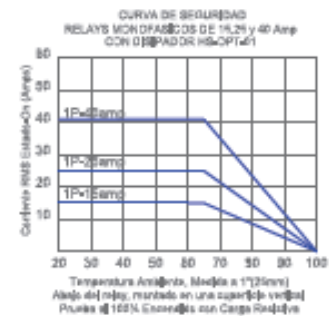
#### Instalación

#### ESQUEMA ENTRADA DC



#### Instalación

#### CURVAS DE TEMPERATURA



OPCIONES ADICIONALES	
-R	RELAY sin cruce por cero. (Random: Encendido Aleatorio)
-LD	RELAY Entrada 3-32Vdc
-VI	RELAY con dv/dt=10.000v/us

## ANEXO Q: SENSOR INDUCTIVO DE PROXIMIDAD PR18-5DP

### ■ Ordering information

P

R

L

L

18

-

5

DN

-

V

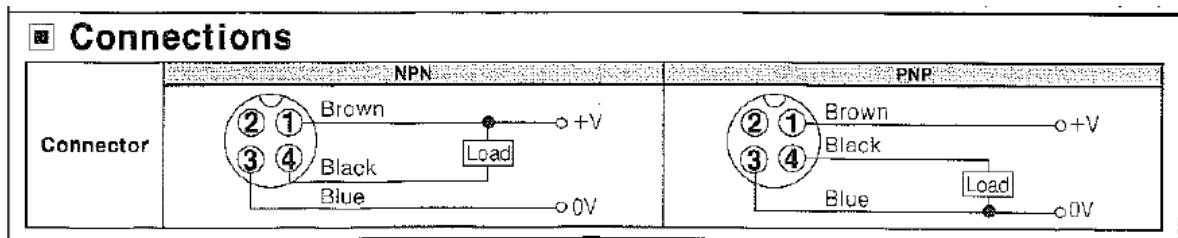
Cable type	<b>V</b>	Standard cable
	<b>S</b>	Oil resistant cable
	<b>S</b>	Option
Output	<b>DN</b>	NPN N.O. (Normally Open)
	<b>DN2</b>	NPN N.C. (Normally Closed)
	<b>DP</b>	PNP N.O. (Normally Open)
	<b>DP2</b>	PNP N.C. (Normally Closed)
Standard sensing distance	<b>Number</b>	Unit: mm
Dimension	<b>Number</b>	Diameter of head(mm)
Body size		Standard
	<b>S</b>	Short body
	<b>L</b>	Long body
Connection		DC 3 wire, cable outgoing type
	<b>W</b>	DC 3 wire, cable outgoing connector type
Shape	<b>R</b>	Cylindrical type
Item	<b>P</b>	Inductive proximity sensor

### ■ Control output diagram & Load operating

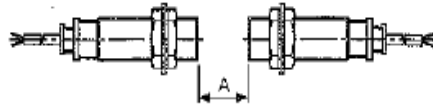
			Normally Open	Normally Closed
<b>NPN Output</b>		Sensing target	Presence Nothing	Presence Nothing
		Load (Brown-Black)	Operation Return	Operation Return
		Output voltage (Black-Blue)	H L	H L
		Indicator (LED)	ON OFF	ON OFF
		Sensing target	Presence Nothing	Presence Nothing
<b>PNP Output</b>		Sensing target	Presence Nothing	Presence Nothing
		Load (Black-Blue)	Operation Return	Operation Return
		Output voltage (Black-Blue)	H L	H L
		Indicator (LED)	ON OFF	ON OFF
		Sensing target	Presence Nothing	Presence Nothing

※ The above specifications are subject to change without notice.

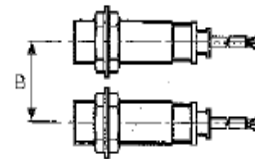
Model	PR08-1.5DN2	PR08-2DN2	PR12-2DN	PR12-4DN	PR18-5DP	PR18-8DP	PR30-10DN2	PR30-15DN2
	PR08-1.5DP2	PR08-2DP2	PR12-2DP	PR12-4DP	PR18-5DN2	PR18-8DN2	PR30-10DP2	PR30-15DP2
	PRL08-1.5DN	PRL08-2DN	PR12-2DN2	PR12-4DN2	PR18-5DP2	PR18-8DP2	PR30-10DN	PR30-15DN
	PRL08-1.5DP	PRL08-2DP	PR12-2DP2	PR12-4DP2	PRL18-5DN	PRL18-8DN	PRL30-10DP	PRL30-15DP
	PRL08-1.5DN2	PRL08-2DN2	PRS12-2DN	PRS12-4DN	PRL18-5DP	PRL18-8DP	PRL30-10DN2	PRL30-15DN2
	PRL08-1.5DP2	PRL08-2DP2	PRS12-2DP	PRS12-4DP	PRL18-5DN2	PRL18-8DN2	PRL30-10DP2	PRL30-15DP2
	PRW08-1.5DN	PRW08-2DN	PRS12-2DN2	PRS12-4DN2	PRL18-5DP2	PRL18-8DP2	PRW30-10DN	PRW30-15DN
	PRW08-1.5DP	PRW08-2DP	PRW12-2DN	PRW12-4DN	PRL18-5DN	PRL18-8DN	PRW30-10DP	PRW30-15DP
	PRW08-1.5DN2	PRW08-2DN2	PRW12-2DN2	PRW12-4DN2	PRW18-5DP	PRW18-8DP	PRW30-10DN2	PRW30-15DN2
	PRW08-1.5DP2	PRW08-2DP2	PRW12-2DP2	PRW12-4DP2	PRW18-5DN2	PRW18-8DN2	PRW30-10DP2	PRW30-15DP2
PRW08-1.5DN-V	PRW08-2DN-V	PRW12-2DN	PRW12-4DN	PRW18-5DP2	PRW18-8DP2	PRW30-10DN-V	PRW30-15DN-V	
PRW08-1.5DP-V	PRW08-2DP-V	PRW12-2DP2	PRW12-4DP2	PRW18-5DN	PRW18-8DN	PRW30-10DP-V	PRW30-15DP-V	
PRW08-1.5DN2-V	PRW08-2DN2-V	PRL12-2DN	PRL12-4DN	PRWL18-5DP	PRWL18-8DP	PRWL30-10DN2	PRWL30-15DN2	
PRW08-1.5DP2-V	PRW08-2DP2-V	PRL12-2DP	PRL12-4DP	PRWL18-5DN2	PRWL18-8DP2	PRWL30-10DP2	PRWL30-15DP2	
Sensing distance	1.5mm ± 10%	2mm ± 10%	2mm ± 10%	4mm ± 10%	5mm ± 10%	8mm ± 10%	10mm ± 10%	15mm ± 10%
Hysteresis	Max. 10% of sensing distance							
Standard sensing target	8 × 8 × 1mm (Iron)		12 × 12 × 1mm (Iron)		18 × 18 × 1mm (Iron)		25 × 25 × 1mm (Iron)	
Setting distance	0~1.05mm	0~1.4mm	0~2.8mm	0~3.5mm	0~5.6mm	0~7mm	0~10.5mm	
Power supply (Operating voltage)	12~24VDC (10~30VDC)							
Current consumption	Max. 10mA							
Response frequency	1.5kHz	1kHz	1.5kHz	500Hz	500Hz	350Hz	400Hz	200Hz
Residual voltage	Max. 2.0V		Max. 1.5V					
Affection by Temp.	Within ±10% max. of sensing distance at 20°C in temperature range of -25 ~ 70°C (PR08 Series: Max. ±20%)							
Control output	Max. 200mA							
Insulation resistance	Min. 50M(500VDC megger)							
Dielectric strength	1,500VAC 50/60Hz for 1 minute							
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 ~ 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours							
Shock	500m/s(50G) X, Y, Z directions for 3 times							
Indicator	Operating indicator(LED)							
Environment	Ambient temperature	-25 ~ 70°C, Storage: -30 ~ 80°C						
	Ambient humidity	35 ~ 95%RH, Storage: 35 ~ 95%RH						
Protection circuit	Surge protection, Reverse polarity protection, Overload & short circuit protection							
Protection	IP67(IEC Standards)							
Materials	Case/Nut: Nickel plated Brass, Washer: Nickel plated Iron, Sensing surface: Heat-resistant ABS, Standard cable(Black): Polyvinyl chloride(PVC), Oil resistant cable(Gray): Oil resistant Polyvinyl chloride(PVC)							



Face to Face

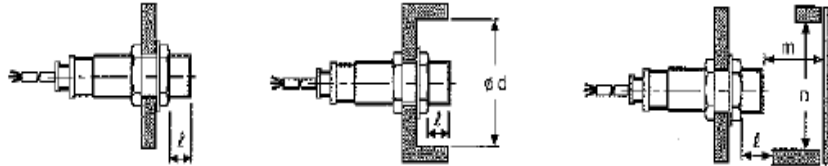


Parallel



⊙ **Influence by surrounding metals**

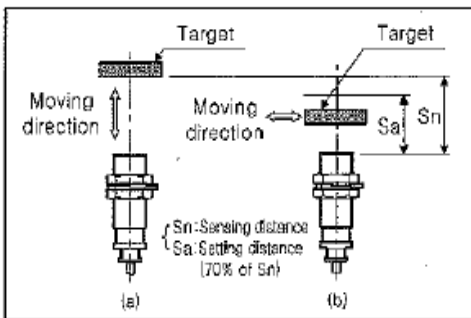
When sensors are mounted on metallic panel, it is required to protect the sensors from being affected by any metallic object except target. Therefore, be sure to provide a minimum distance as below chart.



(Unit: mm)

Model Item	PR□08-1.5D□	PR□08-2D□	PR□12-2D□	PR□12-4D□	PR□18-5D□ PRW□18-5D□	PR□18-8D□ PRW□18-8D□	PR□30-10D□ PRW□30-10D□	PR□30-15D□ PRW□30-15D□
A	9	12	12	24	30	48	60	90
B	16	24	24	36	36	54	60	90
l	0	5	0	11	0	14	0	15
φ d	8	24	12	36	18	54	30	90
m	4.5	6	6	12	15	24	30	45
n	12	24	18	36	27	54	45	90

■ **Setting distance**



• Sensing distance can be changed by the shape, size or material of the target. Therefore please check the sensing distance like (a), then pass the target within range of setting distance (Sa).

• Setting distance (Sa)  
= Sensing distance (Sn) × 70%  
Ex) PR30-10DN (See ordering information)  
Setting distance (Sa) = 10mm × 0.7 = 7mm

# MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

## 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

### Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

### Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Idle mode Currents Down to 5.8  $\mu$ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1  $\mu$ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1  $\mu$ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1  $\mu$ A Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

### Flexible Oscillator Structure:

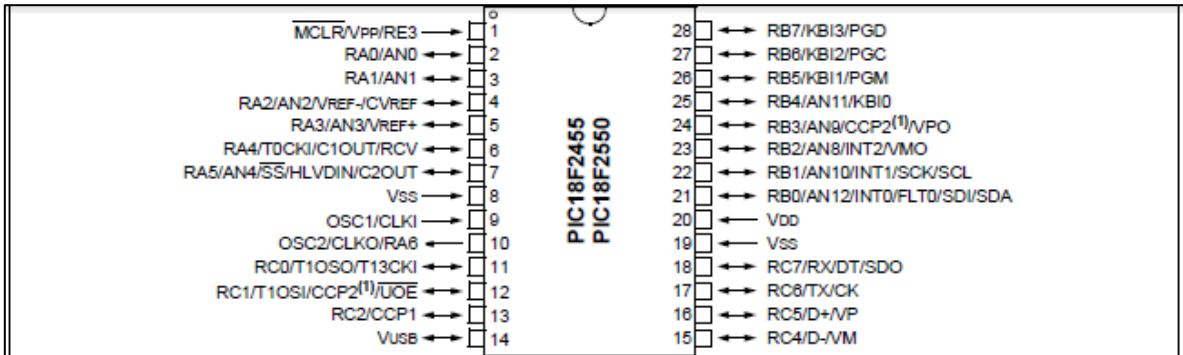
- Four Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
  - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
  - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator Options allow Microcontroller and USB module to Run at Different Clock Speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

### Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
  - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (TCY/16)
  - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (TCY)
  - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - Multiple output modes
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
  - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- 10-Bit, Up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter (A/D) module with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

### Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with Optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 Years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Optional Dedicated ICD/ICSP Port (44-pin, TQFP package only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)



#### 40-Pin PDIP

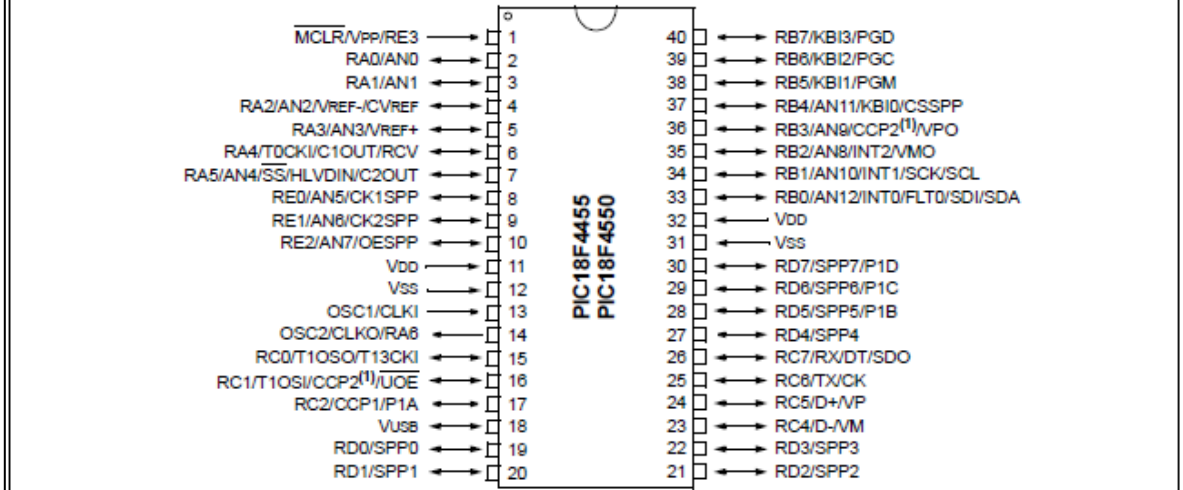
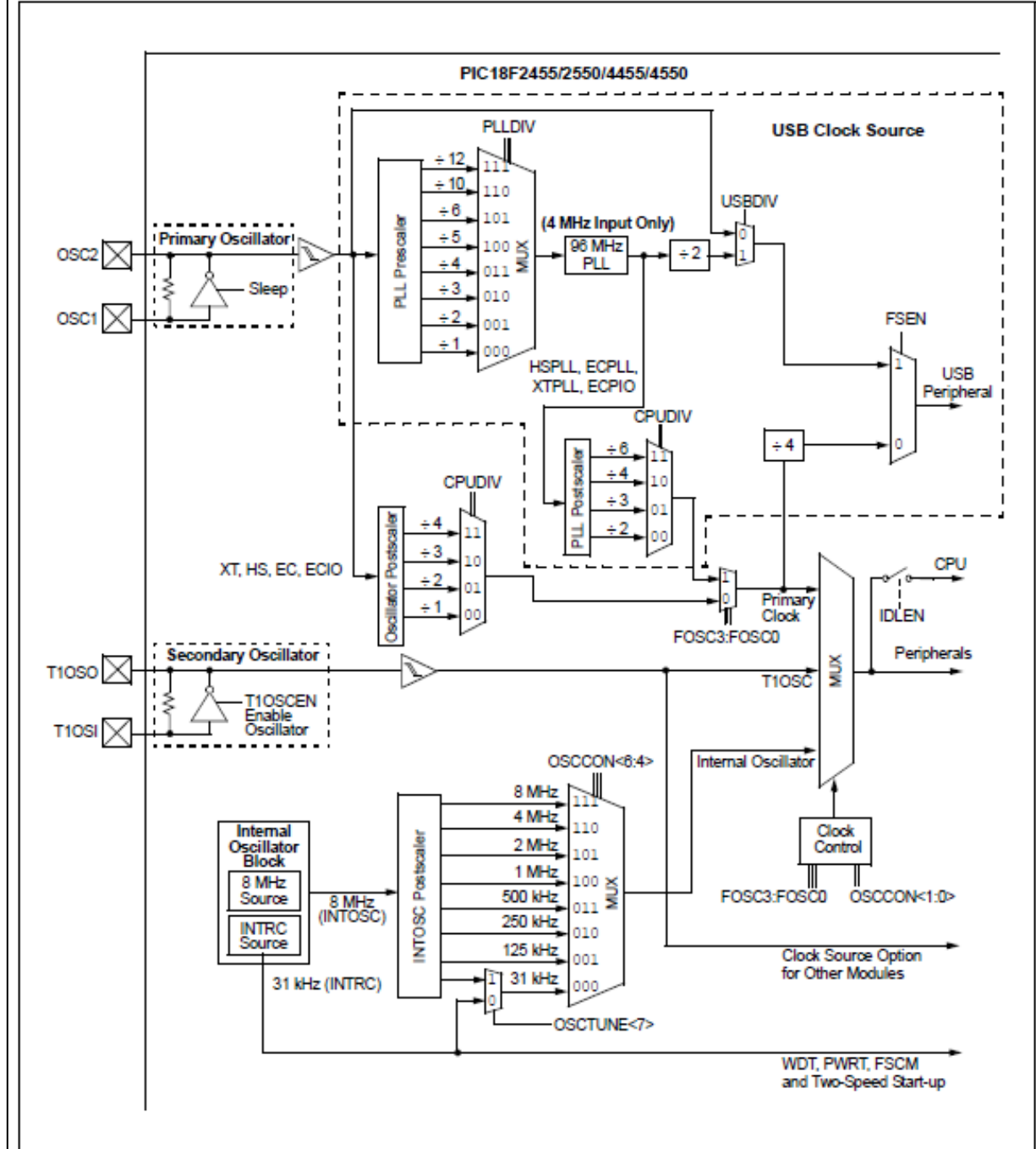


FIGURE 2-1: PIC18F2455/2550/4455/4550 CLOCK DIAGRAM



**TABLE 20-3: BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODES**

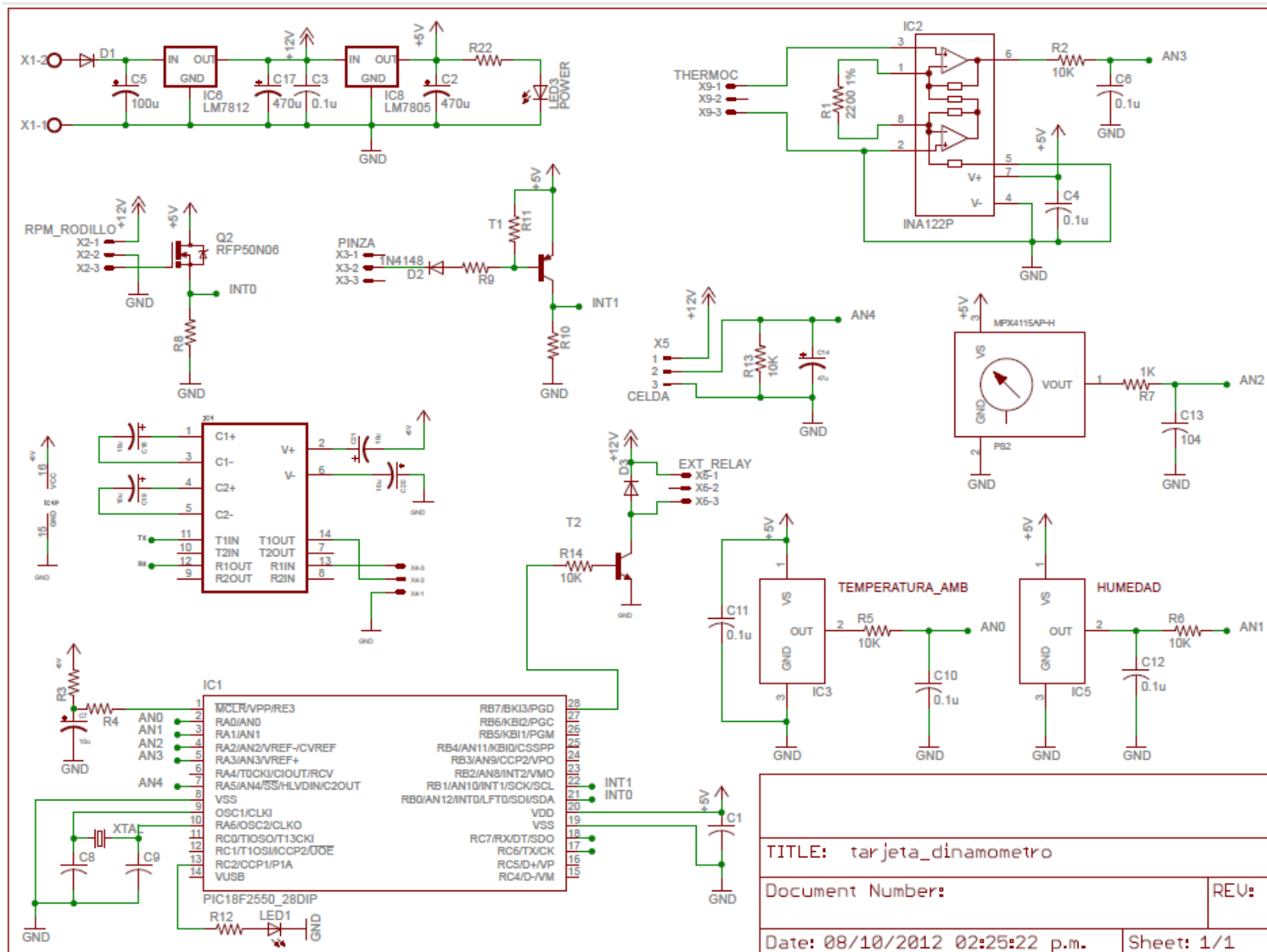
BAUD RATE (K)	SYNC = 0, BRGH = 0, BRG16 = 0											
	Fosc = 40.000 MHz			Fosc = 20.000 MHz			Fosc = 10.000 MHz			Fosc = 8.000 MHz		
	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)
0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	—	—	—	1.221	1.73	255	1.202	0.16	129	1.201	-0.16	103
2.4	2.441	1.73	255	2.404	0.16	129	2.404	0.16	64	2.403	-0.16	51
9.6	9.615	0.16	64	9.766	1.73	31	9.766	1.73	15	9.615	-0.16	12
19.2	19.531	1.73	31	19.531	1.73	15	19.531	1.73	7	—	—	—
57.6	56.818	-1.36	10	62.500	8.51	4	52.083	-9.58	2	—	—	—
115.2	125.000	8.51	4	104.167	-9.58	2	78.125	-32.18	1	—	—	—

BAUD RATE (K)	SYNC = 0, BRGH = 0, BRG16 = 0								
	Fosc = 4.000 MHz			Fosc = 2.000 MHz			Fosc = 1.000 MHz		
	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)
0.3	0.300	0.16	207	0.300	-0.16	103	0.300	-0.16	51
1.2	1.202	0.16	51	1.201	-0.16	25	1.201	-0.16	12
2.4	2.404	0.16	25	2.403	-0.16	12	—	—	—
9.6	8.929	-6.99	6	—	—	—	—	—	—
19.2	20.833	8.51	2	—	—	—	—	—	—
57.6	62.500	8.51	0	—	—	—	—	—	—
115.2	62.500	-45.75	0	—	—	—	—	—	—

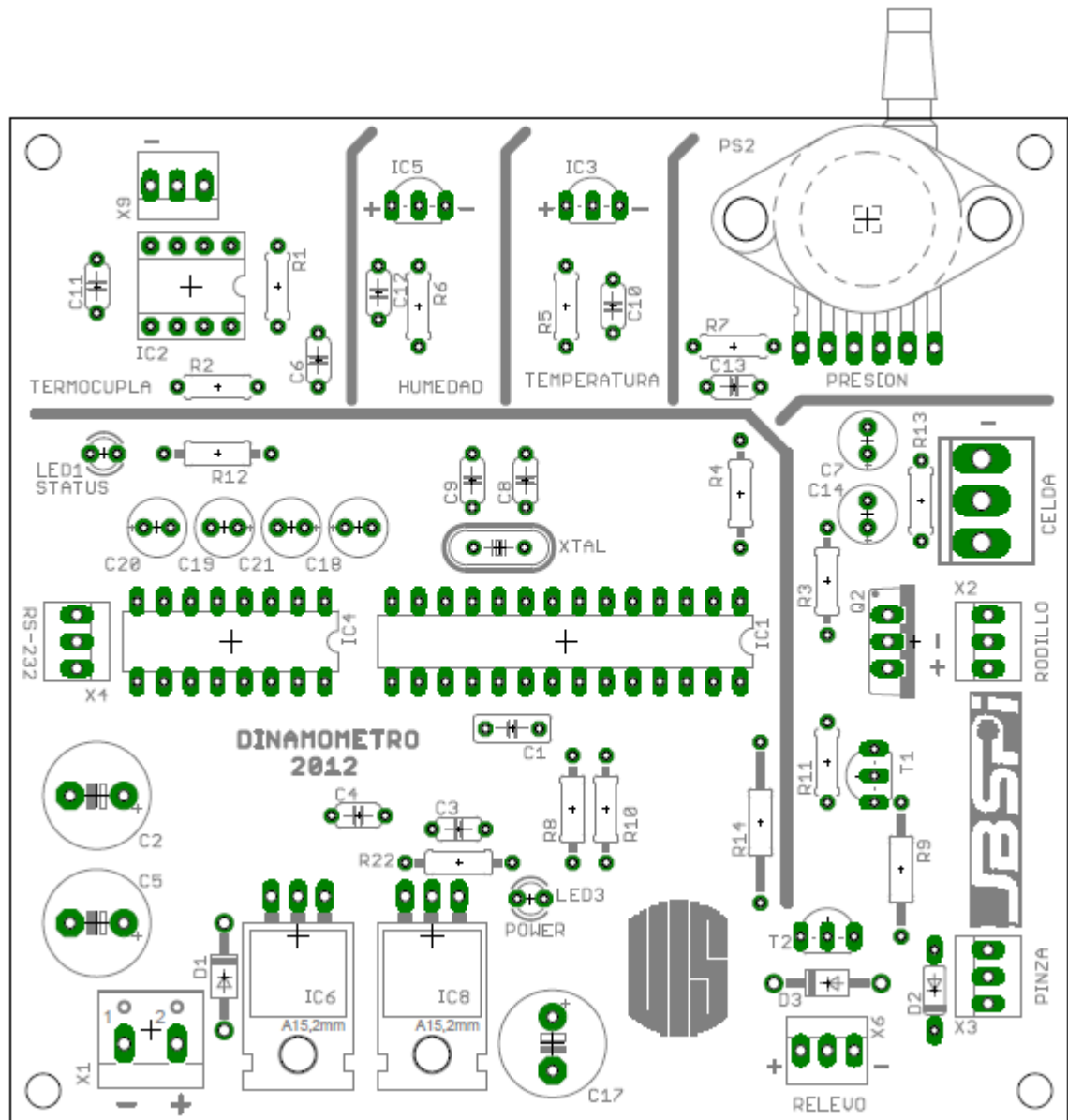
BAUD RATE (K)	SYNC = 0, BRGH = 1, BRG16 = 0											
	Fosc = 40.000 MHz			Fosc = 20.000 MHz			Fosc = 10.000 MHz			Fosc = 8.000 MHz		
	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)
0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.4	—	—	—	—	—	—	2.441	1.73	255	2.403	-0.16	207
9.6	9.766	1.73	255	9.615	0.16	129	9.615	0.16	64	9.615	-0.16	51
19.2	19.231	0.16	129	19.231	0.16	64	19.531	1.73	31	19.230	-0.16	25
57.6	58.140	0.94	42	56.818	-1.36	21	56.818	-1.36	10	55.555	3.55	8
115.2	113.636	-1.36	21	113.636	-1.36	10	125.000	8.51	4	—	—	—

BAUD RATE (K)	SYNC = 0, BRGH = 1, BRG16 = 0								
	Fosc = 4.000 MHz			Fosc = 2.000 MHz			Fosc = 1.000 MHz		
	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)	Actual Rate (K)	% Error	SPBRG value (decimal)
0.3	—	—	—	—	—	—	0.300	-0.16	207
1.2	1.202	0.16	207	1.201	-0.16	103	1.201	-0.16	51
2.4	2.404	0.16	103	2.403	-0.16	51	2.403	-0.16	25
9.6	9.615	0.16	25	9.615	-0.16	12	—	—	—
19.2	19.231	0.16	12	—	—	—	—	—	—
57.6	62.500	8.51	3	—	—	—	—	—	—
115.2	125.000	8.51	1	—	—	—	—	—	—

## ANEXO S: ESQUEMATICO DE LA TARJETA ELECTRONICA



# ANEXO T: IMPRESO DE LA TARJETA ELECTRONICA



## ANEXO U: CODIGO PROGRAMADO EN EL MICROCONTROLADOR

```
///1.INCLUSION DE LIBRERÍA DEL PIC Y CONFIGURACION CONVERSORES ANALOGOS///  
  
#include <18f2550.h> //Librería del PIC agregada  
  
#device adc=10 // Conversor análogo de 10 bits  
  
///2.CONFIGURACION DE LOS FUSES DEL MICROCONTROLADOR///  
  
#fuses XTPLL,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,PLL1,CPUDIV1,NOVREGEN,PUT  
  
///2.1.Donde//  
  
//XTPLL: Se usa cristal externo de 4 MHz  
//MCLR: significa que el pin 1 cumplirá la función de Master CLeAr para que  
//arranque el microcontrolador  
//NOWD: No usar perro guardián  
//NOPROTECT: No proteger el código del microcontrolador  
//NOLVP: No usar el modo de baja tensión para programar el microcontrolador  
//NODEBUG: Modo debug (depurar) desactivado  
//PLL1: significa que el PLL prescaler dividirá en 1 la frecuencia del  
//cristal, como se necesitan 4MHz en la entrada se divide por 1  
//CPUDIV1: el PLL postscaler decide la división en 2 de la frecuencia de  
//salida del PLL de 96MHZ, si queremos 48MHZ, lo dejaremos como está.  
//NOVREGEN: deshabilita el regulador de 3.3 volts que usa el módulo USB  
//PUT: Power Up Timer. Retarda el arranque de microcontrolador. Empieza a  
//funcionar unos 72 ms después de recibir la tensión.  
  
///3.CONFIGURACION DEL OSCILADOR DEL PIC///  
  
#use delay (clock=48M) //Definido en 48 MHz  
  
///4.CONFIGURACION DEL OSCILADOR DEL PIC///  
  
#use rs232 (baud=115200,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7, bits=8,parity=N,enable=PIN_c0)  
  
///4.1.Donde///  
  
// baud=115200: Velocidad de transmision  
// xmit=pin_c6: Pin c7 del PIC configurado como transmisor de datos  
// rcv=pin_c7: Pin c7 del PIC configurado como receptor de datos  
  
///5.USO DE INTERRUPCIONES Y TIMERS///
```

```

//5.1.DEFINICION DE LAS VARIABLES USADAS EN LAS INTERRUPCIONES Y TIMERS//

//5.1.1.VARIABLES PARA LA INTERRUPCIÓN Y TIMER DE LAS RPM DEL LOS RODILLOS//
unsigned int16 tiempo=0,interrupciones=0, ints_f=0;

//5.1.2.VARIABLES PARA LA INTERRUPCIÓN Y TIMER DE LAS RPM DEL MOTOR//
unsigned int16 tiempo_RPM=0, interrupciones_RPM=0, ints_f_RPM=0;

//5.1.3.VARIABLE DONDE SE ALMACENA EL COMANDO QUE LLEGA POR EL PUERTO SERIE//
char dato;

//5.1.4.VARIABLES PARA EL TIMER DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO//
int1 muestra=0;
int conta_tm2=0;

//6.INTERRUPCION PARA RECEPCION DE DATOS EN PUERTO SERIE//

#int_rda
void serial_isr(){ //Funcion para interrupcion por RX del puerto serie
    dato=getchar(); //Almacena el dato que llega por el Puerto Serie en la
                    //variable dato
}

//7.INTERRUPCION EXTERNA INT0 ACCIONADA POR EL SENSOR INDUCTIVO (RODILLOS)//

#int_ext //Funcion para interrupcion externa 0
void lee_pulso(){
    tiempo=get_timer0(); //Captura el tiempo del timer 0
    set_timer0(0); //Asigna 0 al timer 0
    ints_f=interrupciones;
    interrupciones=0;
}

//7.1.USO DEL TIMER0 CONTEO DE TIEMPO ENTRE PULSOR RPM RODILLO//

#int_timer0 //Funcion para interrupcion por timer 0
void conta_tiempo(){
    interrupciones++; //Al desbordarse el timer interrupciones aumenta en 1
}

//8.INTERRUPCION EXTERNA INT1 ACCIONADA POR LA PINZA INDUCTIVA (MOTOR)//

#int_ext1 //Funcion para interrupcion externa 1
void lee_pulso_RPM(){
    tiempo_RPM=get_timer1(); //Captura el tiempo del timer 1
    set_timer1(0); //Asigna 0 al timer 0
    ints_f_RPM=interrupciones_RPM;
    interrupciones_RPM=0;
}

//8.1.USO DEL TIMER1 CONTEO DE TIEMPO ENTRE PULSOR RPM MOTOR//

```

```

#int_timer1 //Funcion para interrupcion por timer 0
void conta_tiempo_RPM(){
    interrupciones_RPM++; //Al desbordarse el timer interrupciones_rpm
                           ahumenta en 1
}

///USO DEL TIMER2 PARA LA FRECUENCIA DE MUESTREO///

#int_timer2 //Funcion para interrupcion por timer 0
void muestreo(){
    if(++conta_tm2>1){ //2.5 ms de interrupcion, por 2 da en periodo de 5ms,
                       frecuencia de 200Hz
        muestra=1;
        conta_tm2=0;
    }
}

//////////9.PROGRAMA PRINCIPAL//////////

void main(void)
{
    ///9.1.DEFINICION DE VARIABLES///

    //9.1.1.Peso//
    float channel_AN4=0, volt_load=0, load=0, mem_autocero=0, autocero=0;
    int16 load_int=0, cont_autocero=0;

    //9.1.2.Temperatura ambiente//
    float channel_AN0=0, volt_temperatura=0, temperatura=0;
    int16 temperatura_int=0;

    //9.1.3.Humedad relativa//
    float channel_AN1=0, volt_HR=0, HR=0;
    int16 HR_int=0;

    //9.1.4.Presion barometrica//
    float channel_AN2=0, volt_presion=0, presion=0;

    //9.1.5.rpm del rodillo//
    float segundos=0, minutos=0, RPM=0;
    int16 RPM_int=0;

    //9.1.6.Aceleracion angular//
    float acc_ang=0, RPM_anterior=0, acl=0;

    //9.1.7.rpm del motor//
    float segundos1=0, RPM_PINZA=0, mem_PINZA=0, prom_PINZA=0;
    int16 PINZA_int=0, cont_PINZA=0;

    ///9.2.CONFIGURACION DE CANALES ANALOGOS///

```

```

setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);           //Velocidad de conversion igual a la
                                         //velocidad de clock
setup_adc_ports(AN0_TO_AN4_ANALOG);     //Se habilitan los canals analogos
                                         //necesarios (ANO, AN1, AN2, AN3, AN4)

///9.3.CONFUGURACION DE TIMERS E INTERRUPCIONES///

//9.3.1.TIMERS//

setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1); //Habilitar timer 0
setup_timer_1 ( T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_1 ); //Habilitar timer 1
setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,234,8);      //Habilitar timer 2
                                         // 500 us overflow, 2.5
                                         //ms interrupt

//9.3.2.INTERRUPCIONES//

ext_int_edge( 0, L_TO_H);               //Interrupcion externa por RB0 Low to High
ext_int_edge( 1, L_TO_H);               //Interrupcion externa por RB0 Low to High

///9.4.HABILITACION DE TIMERS E INTERRUPCIONES///

//9.4.1.INTERRUPCIONES//

enable_interrupts(INT_EXT);             //Habilita interrupción externa por RB0
enable_interrupts(INT_EXT1);           //Habilita interrupción externa por RB1
enable_interrupts(int_rda);            //Habilita interrupción por RS232
enable_interrupts(GLOBAL);             //Habilito interrupciones ya configuradas

//9.4.2.TIMERS//

enable_interrupts(INT_TIMER0);         //Habilita timer 0
enable_interrupts(INT_TIMER1);         //Habilita timer 1
enable_interrupts(INT_TIMER2);         //Habilita timer 2

///10.AUTOCERO DE LA BASCULA///

while(cont_autocero<600){               //Toma de 600 muestras
    if(muestra){                         //Muestrear a la freq de muestreo
        output_high(PIN_C2);            //Encender led de lectura
        set_adc_channel(4);             //Habilitar canal AN4
        delay_us(10);                   //10 us para realizar la conversion
        channel_AN4=read_adc();         //Leer canal AN4
        volt_load=channel_AN4*5000/1023; //Conversion digital a milivoltios
        mem_autocero=mem_autocero+volt_load; //Sumatoria de la conversion
        cont_autocero++;                 //Contador para las 600 muestras
        muestra=0;                       //Reiniciar la variable muestra
    }
}

autocero=mem_autocero/600;              //Promedio de las lecturas
output_low(PIN_C2);                     //Apagar el led de lectura

```

```

cont_autocero=0; //Reiniciar contador de muestras
mem_autocero=0; //Reiniciar variable de la sumatoria

///11.RUTINAS DE MEDICION Y CONTROL///

while(1==1) //Ciclo infinito
{
    if(muestra){ //Condicional de muestreo, cada vez
                //que la variable muestra valga 1
                //(cada5 ms) se hara un muestreo

        output_high(PIN_C2); //Encender led status de lectura

    }

    ///11.1.RUTINA PARA TOMA DE PESO///

    if(dato=='1'){ //Al llegar el comando 1 se jecuta `
                  //la rutina de peso

        set_adc_channel(4); //Se habilita el canal AN4
        delay_us(10); //10 uS para realizar conversion
        channel_AN4=read_adc(); //Lectura del canal AN4
        volt_load=channel_AN4*5000/1023; //Conversion digital a mV
        load=volt_load-autocero; //Se resta lo que la bascula censa
                                //en vacio para hacer auto cero
        load=(load*3/8); //PENDIENTE 3/8 //Conversion de mV a Kilogramos
                                //(Función de transferencia)
        if(load<0){ //Si el valor del peso es negativo
                   //Al ser negativo se hace cero
        load=0;
        }
        load_int=(int16)load; //Conversion de la variable a entero
                              //de 16 bits, para hacer más rápida la
                              //transmisión de datos

        ///11.1.1.IMPRESION DE DATOS DE PESO///

        printf("A%d",load_int); //Se envía el dato de peso al
                                //computador acompañado de una A
    }

    ///11.2.RUTINA PARA LA TOMA DE CONDICIONES AMBIENTALES///

```

```

if(dato=='2'){
//Al llegar el comando 2 se ejecuta la rutina de cond. ambientales

//11.2.1.TEMPERATURA AMBIENTE//

set_adc_channel(0); //Se habilita el canal AN0
delay_us(10); //10 uS para realizar conversión
channel_AN0=read_adc(); //Lectura del canal AN0
volt_temperatura=channel_AN0*5/1023; //Conversion digital a Voltios
temperatura=100*volt_temperatura; //Conversión de voltaje a temperatura (Función de transferencia)

temperatura_int=(int16)temperatura; //Conversión de la variable a entero de 16 bits, para hacer más rápida la transmisión de datos

//11.2.2.HUMEDAD RELATIVA///

set_adc_channel(1); //Se habilita el canal AN1
delay_us(10); //10 uS para realizar conversión
channel_AN1=read_adc(); //Lectura del canal AN1
volt_HR=channel_AN1*5/1023; //Conversion digital a Voltios
HR=(volt_HR-5*0.16)/(5*0.0062); //Conversión de voltaje a humedad relativa (función de transferencia)

HR_int=(int16)HR; //Conversión de la variable a entero de 16 bits, para hacer más rápida la transmisión de datos

//11.2.3.PRESION BAROMETRICA///

set_adc_channel(2); //Se habilita el canal AN2
delay_us(10); //10 uS para realizar conversión
channel_AN2=read_adc(); //Lectura del canal AN1
volt_presion=channel_AN2*5/1023;
presion=((volt_presion+0.475)/0.045); //Conversión de voltaje a presión barométrica (Función de transferencia)

//11.2.4.IMPRESION DE DATOS AMBIENTALES///

printf("B%0.1f",presion); //Se envía el dato de presión al computador acompañado de una B
printf("C%d",HR_int); //Se envía el dato de humedad relativa al computador acompañado de una C
printf("D%d",temperatura_int); //Se envía el dato de temperatura ambiente al computador acompañado de una D
}
///12.RUTINA DE MEDICION DE POTENCIA///

```

```

if(dato=='3'){ //Al llegar el comando 3 s ejecuta
                la rutina de medición de potencia

//12.1.RPM DE LOS RODILLOS INERCIALES//

segundos=(ints_f*5.461334e-3+tiempo*83.33334e-9); //Calculo del tiempo
//entre pulsos de la señal del
//sensor de RPM de los rodillos
minutos=segundos/60; //Conversion de segundos a minutos
RPM=(1/minutos); //Calculo de las RPM de los rodillos
                  como (1 rev/minutos)

//12.2.ACELERACION ANGULAR//

acc_ang=(RPM-RPM_anterior)/minutos; //Calculo de la aceleración angular
//como el delta de RPM`s sobre el
//tiempo transcurrido en el cambio
RPM_anterior=RPM; //Se almacena el dato actual de RPM

if (acc_ang>0) //Si la aceleración angular
               calculada no es negativa
{
    acl=acc_ang; //Tomar el valor de aceleracion
                 calculado
                //Si no, tomar el valor anterior,
                esto se hace para que la curva de
                potencia siempre sea positiva.
}

//12.3.RPM DEL MOTOR DEL VEHICULO//

segundos1=(ints_f_RPM*5.461334e-3+tiempo_RPM*83.33334e-9); //Calculo del
//tiempo entre pulsos de la señal
//del sensor de RPM del motor.
RPM_PINZA=(60/segundos1); //Calculo de las RPM del motor como
                           (1 rev/minutos), el 60 sale de la
                           conversión de segundos a minutos

//12.3.1.MANEJO DE 50 PROMEDIOS PARA LAS RPM MOTOR//

mem_PINZA=mem_PINZA+RPM_PINZA; //Se almacena un acumulativo de las
//RPM del motor
cont_PINZA++; //Conteo de cuantas veces ha medido
              el sensor de RPM del motor
if(cont_PINZA==50) //Al llegar a 50 lecturas
{
    prom_PINZA=0; //hacer variable promedio cero
    prom_PINZA=(mem_PINZA/50); //Calculo del promedio de las 50
                               muestras
    mem_PINZA=0; //Hacer cero la variable acumulativa
    cont_PINZA=0; //Reinicio del contador de lecturas
}

RPM_int=(int16)RPM; //Conversión de la variable de RPM
                   de los rodillos a entero de 16 bits,

```

```

PINZA_int=(int16)prom_PINZA;
//12.4.IMPRESION DE DATOS DE POTENCIA//
printf("E%lu",PINZA_int);
printf("F%0.2f",acl);
printf("G%lu",RPM_int);
}

///13.RUTINA DE ENCENDIDO DE LOS VENTILADORES///
if((dato=='4') || (dato=='3')){
    output_high(PIN_B7);
}

///14.RUTINA PARA APAGADO DE LOS VENTILADORES///
if(dato=='5'){
    output_high(PIN_B7);
}
muestra=0;
output_low(PIN_C2);
}
}
}

```

para hacer más rápida la transmisión de datos  
//Conversión de la variable de RPM del motor a entero de 16 bits, para hacer más rápida la transmisión de datos

//Se envía el dato de RPM del motor al computador acompañado de una **E**

//Se envía el dato de aceleración angular de los rodillos al computador acompañado de una **F**

//Se envía el dato de RPM de los rodillos al computador acompañado de una **B**

//Al llegar el comando 3 o el comando 4 se ejecuta la rutina de encendido de los ventiladores

//Se pone en alto el Puerto digital RB7 (+5v) encendiéndose los ventiladores

//Al llegar el comando 5 se ejecuta la rutina de apagado de los ventiladores

//Se pone en bajo el Puerto digital RB7 (0v) apagándose los ventiladores

//Reinicio de la variable de muestreo

//Apagar led status de lectura

## **ANEXO V: CÓDIGO DEL SOFTWARE**

### **Nota aclaratoria: Sobre el uso del software desarrollado en Matlab**

La interfaz de usuario GUI y las funciones embebidas dentro de esta fueron desarrolladas con una licencia académica de propiedad de la Universidad Industrial de Santander lo cual restringe su uso únicamente con fines académicos y no industriales, por lo tanto la empresa Soluciones Prácticas de Ingeniería u otra no están autorizadas para hacer uso y reproducción de dicho software.

La escuela de Ingeniería Mecánica de la universidad industrial de Santander aclara que en ningún momento ha vendido, donado o desarrollado software a la empresa Soluciones Prácticas de Ingeniería a través de los autores de este proyecto de grado.

Los autores de este proyecto de grado no se harán responsables por el uso indebido que se le dé al software desarrollado en Matlab y aclaran que sus fines son únicamente académicos.

Cada una de las rutinas es cargada a los respectivos callback de los botones, se muestran a continuación los botones y sus rutinas cargadas.

## 1. Rutina para la toma de peso

### 1.1. Eje delantero y trasero



Rutina cargada en el callback.

```

%%1.PESO MOTOCICLETA EJE 1%%

%%1.1.CONFIGURACION DE PUERTO SERIE

clc; % Borra todo en comand window
DINA=serial('COM11'); % Se establece DINA como el COM11
set(DINA, 'Baudrate', 115200); % se configura la velocidad a 9600 Baudios
set(DINA, 'StopBits', 1); % se configura bit de parada a uno
set(DINA, 'DataBits', 8); % se configura que el dato es de 8 bits,
                           debe estar entre 5 y 8
set(DINA, 'Parity', 'none'); % se configura sin paridad
set(DINA, 'OutputBufferSize', 1); % "n" es el número de bytes a enviar
set(DINA, 'InputBufferSize', 512000); % "n" es el número de bytes a recibir
set(DINA, 'Timeout', 5); %5, Se realizara la medición por 5 segundos

%%1.2.ADQUISICION DE LA TRAMA DE DATOS

fopen(DINA); % Se abre el puerto serie
fwrite(DINA, '1', 'char'); % Se envía el comando 1 al microcontrolador
                           para iniciar lectura de datos
trama=fread(DINA); % Se realiza la lectura de los datos por 5
                   segundos
fwrite(DINA, '6', 'char'); % Se envía el comando 6 para terminar
lectura
trama=trama'; % Se traspone el vector de datos

%%1.3.FINALIZACION DEL PUERTO SERIE

fclose(DINA); % Se cierra el puerto serie
delete(DINA); % Se borra el puerto serie de matlab
clear DINA; % Se borran valores del puerto serie
INSTRFIND

%%1.4.DEFINICION DE VARIABLES Y VECTORES

i=1; %Variable para contador

```

```

PESOEJE1=[]; %Vector donde se almacenaran los datos del
              peso en formato de numero
PESOEJE1S=[]; %Vector donde se almacenaran los datos del
              peso en formato ascii

%%1.5.DATOS QUE SE NECESITAN CONOCER DE LA TRAMA

nt=length(trama); %tamaño de la trama

%1.5.1.Halla en que posición de la trama esta la primera A

while(trama(i)~=65) %El condicional se cumple cuando llegue una
                  A que equivale en código ascii a 65

    i=i+1; %i, Variable en la que se almacena la
           posición donde esta la primera A
end

s=i;

%1.5.2.Halla en que posición de la trama esta la ultima A

while(s~=nt) %Se busca la ultima A en toda la trama

    if(trama(s)==65) %r, variable donde se almacena la posición
        r=s; %donde está la ultima A
    end
    s=s+1;
end

%%1.6.DECODIFICACION DE LA TRAMA DE DATOS

while(i<r) %Desde la primera hasta la última A

    i=i+1;

    while((trama(i)~=65)&&(i<r)) %Si no ha llegado una A y no es
                                la ultima A
        PESOEJE1S=[PESOEJE1S trama(i)]; %Se almacena el numero tipo
                                ascii en el vector PESOEJE1S
        i=i+1;
    end

    PESOEJE1S = char(PESOEJE1S); %Conversion de ascii a char
    PESOEJE1S= str2num(PESOEJE1S); %Conversion de char a numero
    PESOEJE1 = [PESOEJE1 PESOEJE1S]; %Construccion del vector
    PESOEJE1S=[]; %Blanqueo del vector PESOEJE1S


```

```
end
```

```
%%1.7.CALCULO DEL PROMEDIO DEL PESO
```

```
PROMEDIO_EJE1=mean(PESOEJE1); %Calculo del promedio del vector  
PROMEDIO_EJE1=fix(PROMEDIO_EJE1); %Redondeo del promedio  
set(handles.peso_delantero,'string',PROMEDIO_EJE1); %Impresion en la GUI
```

## 1.2. Eje trasero



PESO DEL EJE TRASERO

Rutina cargada en el callback.

```
%%1.PESO MOTOCICLETA EJE 2%%
```

```
%%1.1CONFIGURACION DE PUERTO SERIE
```

```
clc; % Borra todo en comand window  
DINA=serial('COM11'); % Se establece DINA como el COM11  
set(DINA,'Baudrate',115200); % se configura la velocidad a 9600 Baudios  
set(DINA,'StopBits',1); % se configura bit de parada a uno  
set(DINA,'DataBits',8); % se configura que el dato es de 8 bits,  
debe estar entre 5 y 8  
set(DINA,'Parity','none'); % se configura sin paridad  
set(DINA,'OutputBufferSize',1); % "n" es el número de bytes a enviar  
set(DINA,'InputBufferSize',512000); % "n" es el número de bytes a recibir  
set(DINA,'Timeout',5); %5, Se realizara la medición por 5 segundos
```

```
%%1.2.ADQUISICION DE LA TRAMA DE DATOS
```

```
fopen(DINA); % Se abre el puerto serie  
fwrite(DINA,'1','char'); % Se envía el comando 1 al microcontrolador  
para iniciar lectura de datos  
trama=fread(DINA); % Se realiza la lectura de los datos por 5  
segundos  
fwrite(DINA,'6','char'); % Se envía el comando 6 para terminar  
lectura  
trama=trama'; % Se traspone el vector de datos
```

```
%%1.3.FINALIZACION DEL PUERTO SERIE
```

```
fclose(DINA); % Se cierra el puerto serie  
delete(DINA); % Se borra el puerto serie de matlab  
clear DINA; % Se borran valores del puerto serie  
INSTRFIND
```

```
%%1.4.DEFINICION DE VARIABLES Y VECTORES
```

```

i=1; %Variable para contador

PESOEJE2=[]; %Vector donde se almacenaran los datos del
peso en formato de numero
PESOEJE2S=[]; %Vector donde se almacenaran los datos del
peso en formato ascii

%%1.5.DATOS QUE SE NECESITAN CONOCER DE LA TRAMA

nt=length(trama); %tamaño de la trama

%1.5.1.Halla en que posición de la trama esta la primera A

while(trama(i)~=65) %El condicional se cumple cuando llegue una
A que equivale en código ascii a 65

    i=i+1; %i, Variable en la que se almacena la
posición donde esta la primera A
end
s=i;

%1.5.2.Halla en que posición de la trama esta la ultima A

while(s~=nt) %Se busca la ultima A en toda la trama

    if(trama(s)==65)
        r=s; %r, variable donde se almacena la posición
donde está la ultima A
    end
    s=s+1;
end

%%1.6.DECODIFICACION DE LA TRAMA DE DATOS

while(i<r) %Desde la primera hasta la última A

    i=i+1;

    while((trama(i)~=65)&&(i<r)) %Si no ha llegado una A y no es
la ultima A
        PESOEJE2S=[PESOEJE2S trama(i)]; %Se almacena el numero tipo
ascii en el vector PESOEJE1S
        i=i+1;
    end

    PESOEJE2S = char(PESOEJE2S); %Conversion de ascii a char
    PESOEJE2S= str2num(PESOEJE2S); %Conversion de char a numero

```

```

PESOEJE2 = [PESOEJE2 PESOEJE2S]; %Construccion del vector
PESOEJE2S=[]; %Blanqueo del vector PESOEJE2S

end

%%1.7.CALCULO DEL PROMEDIO DEL PESO

PROMEDIO_EJE2=mean(PESOEJE2); %Calculo del promedio del vector
PROMEDIO_EJE2=fix(PROMEDIO_EJE2); %Redondeo del promedio
set(handles.peso_delantero,'string',PROMEDIO_EJE2); %Impresion en la GUI

%%1.8.CALCULO DEL PESO TOTAL
PROMEDIO_EJE1=str2double(get(handles.peso_delantero,'string')); %Captura
del %peso del eje delantero
PESO_TOTAL=PROMEDIO_EJE2+PROMEDIO_EJE1; %Suma de los dos pesos
set(handles.peso_total,'string',PESO_TOTAL); %Impresion del peso total
en la interfaz de usuario

```

## 2. Rutina para la toma de condiciones ambientales.

CONDICIONES AMBIENTALES

Rutina cargada en el callback.

```

%%TOMA DE CONDICIONES AMBIENTALES%%

%%1.CONFIGURACION DE PUERTO SERIE

clc; % Borra todo en comand window
DINA=serial('COM11'); % Se establece DINA como el COM11
set(DINA,'Baudrate',115200); % se configura la velocidad a 9600
Baudios
set(DINA,'StopBits',1); % se configura bit de parada a uno
set(DINA,'DataBits',8); % se configura que el dato es de 8
bits, debe estar entre 5 y 8
set(DINA,'Parity','none'); % se configura sin paridad
set(DINA,'OutputBufferSize',1); % "n" es el número de bytes a enviar
set(DINA,'InputBufferSize',512000); % "n" es el número de bytes a
recibir
set(DINA,'Timeout',5); %Se realizara la medición por 5
segundos

%%2.ADQUISICION DE LA TRAMA DE DATOS

```

```

fopen(DINA);
fwrite(DINA, '2', 'char');           %Se envía el comando 2 al
                                     microcontrolador para iniciar lecturas
                                     de condiciones ambientales

trama=fread(DINA);
fwrite(DINA, '6', 'char');           % Se envía el comando 6 para terminar
                                     lectura

trama=trama';

%%3.FINALIZACION DEL PUERTO SERIE

fclose(DINA);
delete(DINA);
clear DINA;
INSTRFIND

%%4.DEFINICION DE VARIABLES Y VECTORES

i=1;

PRESION2=[];
PRESION=[];

HUMEDAD2=[];
HUMEDAD=[];

TEMPERATURA2=[];
TEMPERATURA=[];

%%4.DATOS QUE SE NECESITAN CONOCER DE LA TRAMA
%Halla el tamaño de la trama
nt=length(trama);

%4.1.Halla la pocision de la primera B
while(trama(i)~=66)                  %i, posición de la primera B
    i=i+1;
end

s=i;

%4.2.Ultima posicion de la D
while(s~=nt)
    if(trama(s)==68)                 %r, pocision de la ultima D
        r=s;
    end
    s=s+1;
end

%%5.DECODIFICACION DE LA TRAMA DE DATOS

```

```

while(i<r)

%%5.1.ADQUISICION DE LATRAMA DE PRESION B(66)
i=i+1;
while(trama(i)~=67&&(i<r))
    PRESION2=[PRESION2 trama(i)];
    i=i+1;
end

    PRESION2 = char(PRESION2);
    PRESION2= str2num(PRESION2);
    PRESION = [PRESION PRESION2];
    PRESION2=[];

%%5.2.ADQUISICION DE LA TRAMA DE HUMEDAD C(67)
i=i+1;
while((trama(i)~=68) &&(i<r))
    HUMEDAD2=[HUMEDAD2 trama(i)];
    i=i+1;
end
    HUMEDAD2=char(HUMEDAD2);
    HUMEDAD2=str2num(HUMEDAD2);
    HUMEDAD=[HUMEDAD HUMEDAD2];
    HUMEDAD2=[];

%%5.3.ADQUISICION DE LA TRAMA DE TEMPERATURA D(68)
i=i+1;
while((trama(i)~=66) &&(i<r))
    TEMPERATURA2=[TEMPERATURA2 trama(i)];
    i=i+1;
end
    TEMPERATURA2=char(TEMPERATURA2);
    TEMPERATURA2=str2num(TEMPERATURA2);
    TEMPERATURA=[TEMPERATURA TEMPERATURA2];
    TEMPERATURA2=[];
end

%%6.CALCULO DE LOS PROMEDIOS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES

%%6.1Promedio del vector de presion
PROMEDIO_PRESION=mean(PRESION);
PROMEDIO_PRESION=round(PROMEDIO_PRESION*10)/10;
set(handles.presion,'string',PROMEDIO_PRESION); %Impresion del dato
                                                de presion

%%6.2Promedio del vector de humedad
PROMEDIO_HUMEDAD=mean(HUMEDAD);
PROMEDIO_HUMEDAD=fix(PROMEDIO_HUMEDAD);
set(handles.humedad,'string',PROMEDIO_HUMEDAD); %Impresion del dato
                                                de humedad relativa

%%6.3Promedio del vector de temperatura

```

```

PROMEDIO_TEMPERATURA=mean(TEMPERATURA);
PROMEDIO_TEMPERATURA=fix( PROMEDIO_TEMPERATURA);
set(handles.temperatura,'string',PROMEDIO_TEMPERATURA); %Impresion del
                                                            dato de temperatura
                                                            ambiente

%%7.CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION DE POTENCIA POR CONDICIONES POR P Y
T

%7.1.TABLA DE PRESIONES DE SATURACION [°C & Kpa]
Tbs=[0.01  5  10 15 20 25 30 35 40 45 50]
Psat=[0.6117  0.8725 1.2281 1.7057 2.3392 3.1698 4.2469 5.6291
7.3851 9.5953 12.3520]

%7.2.CALCULO DE LA PRESION PARCIAL DEL VAPOR DE AGUA
Psati = interp1(Tbs,Psat,PROMEDIO_TEMPERATURA,'spline') % Presion de
                                                            saturacion a la temperatura
                                                            ambiente
Pw=(PROMEDIO_HUMEDAD*Psati)/100; %Presion parcial del vapor de
h2o

%7.3.CALCULO DE LA PRESION PARCIAL DEL AIRE SECO

Pas=PROMEDIO_PRESION-Pw
factor=(99/Pas)*(((PROMEDIO_TEMPERATURA+273)/298)^0.5);

factor=round(factor*1000)/1000;
set(handles.factor,'string',factor); %Impresión del factor de
correción de potencia

```

### 3. Rutina para la toma de potencia

INICIAR PRUEBA

Rutina cargada en el callback.

```
%%DATOS PARA EL CALCULO DE LA POTENCIA

%%1.CONFIGURACION DE PUERTO SERIE

clc;          % Borra todo en comand window

t=str2double(get(handles.tiempo,'string'));          %Captura el tiempo de
                                                    duracion de la prueba
                                                    definido por el operario

DINA=serial('COM11');          % Se establece DINA como el COM11
set(DINA,'Baudrate',115200);    % se configura la velocidad a 9600
Baudios
set(DINA,'StopBits',1);        % se configura bit de parada a uno
set(DINA,'DataBits',8);        % se configura que el dato es de 8
                                bits, debe estar entre 5 y 8
set(DINA,'Parity','none');      % se configura sin paridad
set(DINA,'OutputBufferSize',1); % "n" es el número de bytes a enviar
set(DINA,'InputBufferSize',512000); % "n" es el número de bytes a
recibir
set(DINA,'Timeout',t);         %Se realiza la medición en el tiempo t
                                definido por el usuario

%%2.ADQUISICION DE LA TRAMA DE DATOS

fopen(DINA);
fwrite(DINA,'3','char');        %Se envía el comando 3 al
                                microcontrolador para inicial la
                                lectura de potencia y encendido de los
                                ventiladores

trama=fread(DINA);
fwrite(DINA,'5','char');        % Se envía el comando 5 para terminar
                                lectura y apagar ventiladores

trama=trama';

%%3.FINALIZACION DEL PUERTO SERIE
fclose(DINA);
delete(DINA);
clear DINA;
INSTRFIND

%%4.DEFINICION DE VARIABLES Y VECTORES
i=1;
```

```
RPM=[];  
RPM1=[];  
RPM2=[];
```

```
ACL=[];  
ACL1=[];  
ACL2=[];  
POT1=[];
```

```
RODILLO=[];  
RODILLO2=[];
```

```
TORQUE=[];  
POT=[];  
VELOCIDAD=[];
```

```
t_ROD=0;  
t_ACL1=0;
```

```
%%5.DATOS QUE SE NECESITAN CONOCER DE LA TRAMA
```

```
%5.1.Halla el tamaño de la trama  
nt=length(trama);
```

```
%5.2.en que posicion de la trama esta la primera E  
while(trama(i)~=69)  
i=i+1;  
end
```

```
s=i;
```

```
%5.3.ultima pocision de la G  
while(s~=nt)
```

```
if(trama(s)==71)  
r=s;  
end  
s=s+1;  
end
```

```
%%6.DECODIFICACION DE LA TRAMA DE DATOS  
while(i<r)
```

```
%%6.1.ADQUISICION DE LATRAMA DE RPM MOTOR E(69)  
i=i+1;
```

```

while (trama(i)~=70&&(i<r))
    RPM2=[RPM2 trama(i)];
    i=i+1;
end

RPM2 = char(RPM2);
RPM2= str2num(RPM2);
RPM = [RPM RPM2];
RPM2=[];

%%6.2.ADQUISICION DE LATRAMA DE ACELERACION F(70)
i=i+1;
while ((trama(i)~=71) &&(i<r))
    ACL2=[ACL2 trama(i)];
    i=i+1;
end

ACL2=char(ACL2);
ACL2=str2num(ACL2);
ACL=[ACL ACL2];
ACL2=[];

%%6.3.ADQUISICION DE LA TRAMA DE RPM RODILLO G(71)
i=i+1;
while ((trama(i)~=69) &&(i<r))
    RODILLO2=[RODILLO2 trama(i)];
    i=i+1;
end

RODILLO2=char(RODILLO2);
RODILLO2=str2num(RODILLO2);
RODILLO=[RODILLO RODILLO2];
RODILLO2=[];
end

%%8.ELIMINACION DE PICOS USANDO LA MEDIA (PARA ACL Y RODILLO)%%

tamanoROD = length(RODILLO);
tamanoACL = length(ACL);

mediaACL=median(ACL);
mediaROD=median(RODILLO)

mediaACL=mediaACL*20;
mediaROD=mediaROD*20;

i=1;

for i=2:tamanoACL
    if(ACL(i)>mediaACL)

```

```

    ACL(i)=ACL(i-1);
end
end

i=1;

for i=2:tamanoROD
    if(RODILLO(i)>mediaROD)
        RODILLO(i)=ACL(i-1);
    end
end

%%9.IGUALACION DE TAMAÑOS DE ACELERACION, RODILLO Y RPM

t_ACL=length(ACL);
t_ROD=length(RODILLO);
t_RPM=length(RPM);

if((t_ACL<t_ROD) && (t_ACL<t_RPM))
    RODILLO=RODILLO(1:t_ACL);
    RPM=RPM(1:t_ACL);
end

if((t_ROD<t_ACL) && (t_ROD<t_RPM))
    ACL=ACL(1:t_ROD);
    RPM=RPM(1:t_ROD);
end

if((t_RPM<t_ACL) && (t_RPM<t_ROD))
    ACL=ACL(1:t_RPM);
    RODILLO=RPM(1:t_RPM);
end

t_ACL=length(ACL)
t_ROD=length(RODILLO)
t_RPM=length(RPM)

%%10.FILTRO PASA BAJO ACELERACION%
fs=200;           %Frecuencia de muestreo
T=1/fs;          %Periodo de muestreo
w=2/fs;          % frecuencia de corte

num= fir1(150,w); % (x,y) x es el orden del filtro
den=1;
ACL1=filter(num,den,ACL);

%%11.CONVERSION DE UNIDADES (RODILLO Y ACELERACION)
RODILLO=RODILLO*(pi/30); %convertir rev/min a rad/s
ACL1=(pi/1800)*ACL1;     %convertir rev/min^2 a rad/s^2

```

```

%%12.FILTRO RPM MOTOR%
RPM1=smooth(RPM,'rlowess');
RPM1=fix(RPM1);
RPM1=RPM1';

%%13.CALCULO DEL TORQUE
TORQUE=3*ACL1;

%%14.CALCULO DE LA POTENCIA
POT=RODILLO.*TORQUE;

%14.1FILTRADO DE LA POTENCIA
fsp=200;
Tp=1/fsp;
wp=2/fsp;           % frecuencia de corte
nump= fir1(200,wp); %orden del filtro
denp=1;
POT1=filter(nump,denp,POT);

%%15.CORRECCION POR EL FACTOR DE POTENCIA
correccion=str2double(get(handles.factor,'string'));
POT1=POT1*correccion;
POT1=POT1*0.001341;   %CONVERSION DE watts a hp

%%16.QUITAR EL 10% DE LOS DATOS INICIALES DE POTENCIA
t_POT=length(POT1)
p_POT=t_POT*0.10;

%17.CAMBIO DE TAMAÑO DEL VECTOR DE POTENCIA
POT1=POT1(p_POT:t_POT);
RPM1=RPM1(p_POT:t_POT);

%18.Suma de las perdidas internas del dinamómetro 0.12 HP.
POT1= POT1+0.12;

%%18.POTENCIA MAXIMA
POTENCIA_MAXIMA=max(POT1);
posicion_max=find(POT1==POTENCIA_MAXIMA);

POTENCIA_MAXIMA=round(POTENCIA_MAXIMA*10)/10;   %Un decimales de precision

RPM_POTENCIA_MAXIMA=RPM1(posicion_max);

%%19.CALCULO DE LA VELOCIDAD MAXIMA
VELOCIDAD=RODILLO*0.124*3.5;
VELOCIDAD_MAXIMA=max(VELOCIDAD);
VELOCIDAD_MAXIMA=fix(VELOCIDAD_MAXIMA);

PESO=str2double(get(handles.peso_total,'string'))

```

```

PESO_POTENCIA=PESO/POTENCIA_MAXIMA;
PESO_POTENCIA=round(PESO_POTENCIA*10)/10;

%%20.IMPRESION DE DATOS EN LA INTERFAZ
set(handles.relacion,'string',PESO_POTENCIA);           %Relacion peso
                                                         potencia
set(handles.potencia,'string',POTENCIA_MAXIMA);        %Potencia maxima
set(handles.velocidad,'string',VELOCIDAD_MAXIMA);      %Velocidad maxima
set(handles.rpm_potencia,'string',RPM_POTENCIA_MAXIMA); %RPM del motor
                                                         a las cuales
                                                         desarrolla la
                                                         potencia maxima

%%21.GRAFICA DE POTENCIA
axes(handles.grafica)
plot(POT1,'B. ');                                     %Impresion de la grafica de potencia
                                                         en la interfaz de usuario

```

#### 4. Rutina para el encendido de los ventiladores



Rutina cargada en el callback.

```

%%1.CONFIGURACION DE PUERTO SERIE
clc; % Borra todo en comand window
DINA=serial('COM11'); % Se establece DINA como el COM10
set(DINA,'Baudrate',115200); % se configura la velocidad a 9600 Baudios
set(DINA,'StopBits',1); % se configura bit de parada a uno
set(DINA,'DataBits',8); % se configura que el dato es de 8 bits,
                        debe estar entre 5 y 8
set(DINA,'Parity','none'); % se configura sin paridad
set(DINA,'OutputBufferSize',1); % "n" es el número de bytes a enviar
set(DINA,'InputBufferSize',512000); % "n" es el número de bytes a
recibir
set(DINA,'Timeout',3); %Para este caso no aplica el tiempo de
                        muestreo, debido a que no se están leyendo
                        datos.Se deja en 3 por defecto

%%2.ENVIO DEL COMANDO DE ENCENDIDO
fopen(DINA);

```

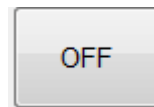
```

fwrite(DINA, '4', 'char');           %Se envía el comando 4 al microcontrolador
                                     para encender los ventiladores

%%3.FINALIZACION DEL PUERTO SERIE
fclose(DINA);                       % Se cierra el puerto serie
delete(DINA);                       % Se borra el puerto serie de matlab
clear DINA;                         % Se borran valores del puerto serie
INSTRFIND

```

## 5. Rutina para el apagado de los ventiladores



Rutina cargada en el callback.

La configuración del puerto serie es igual a la de la rutina de apagado de los ventiladores, por lo tanto.

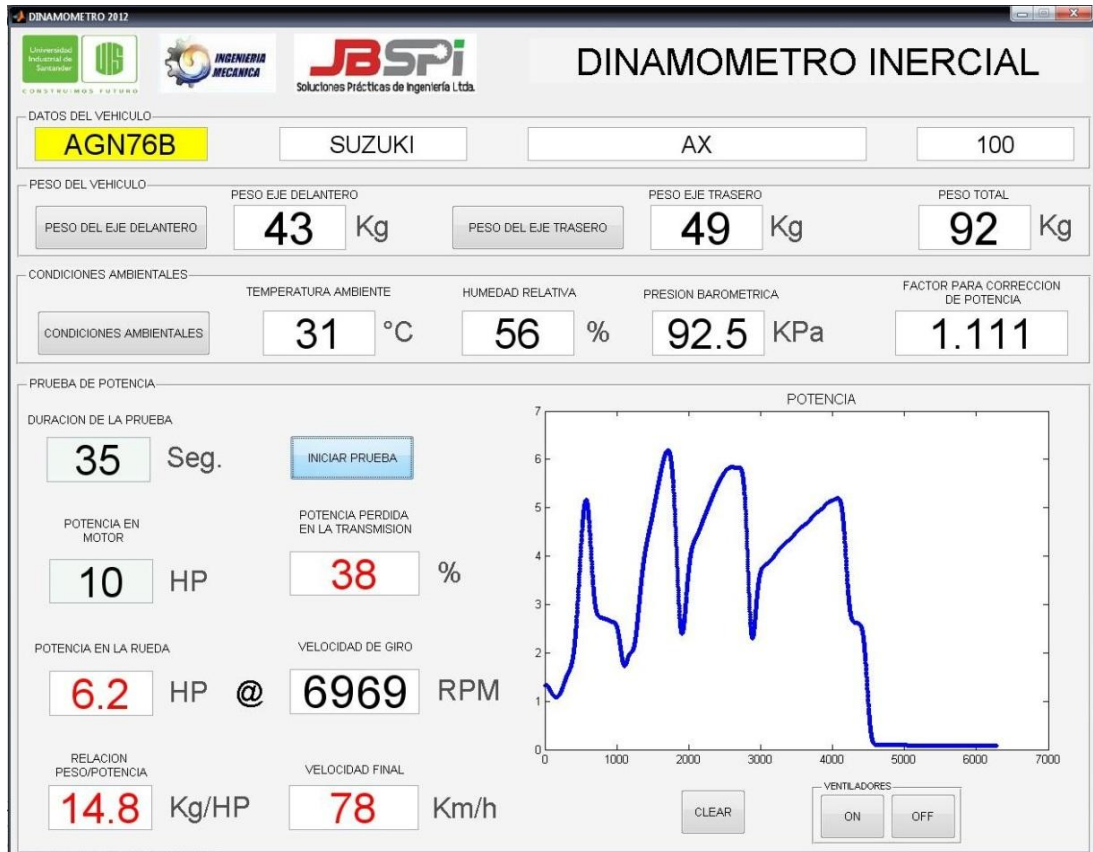
```

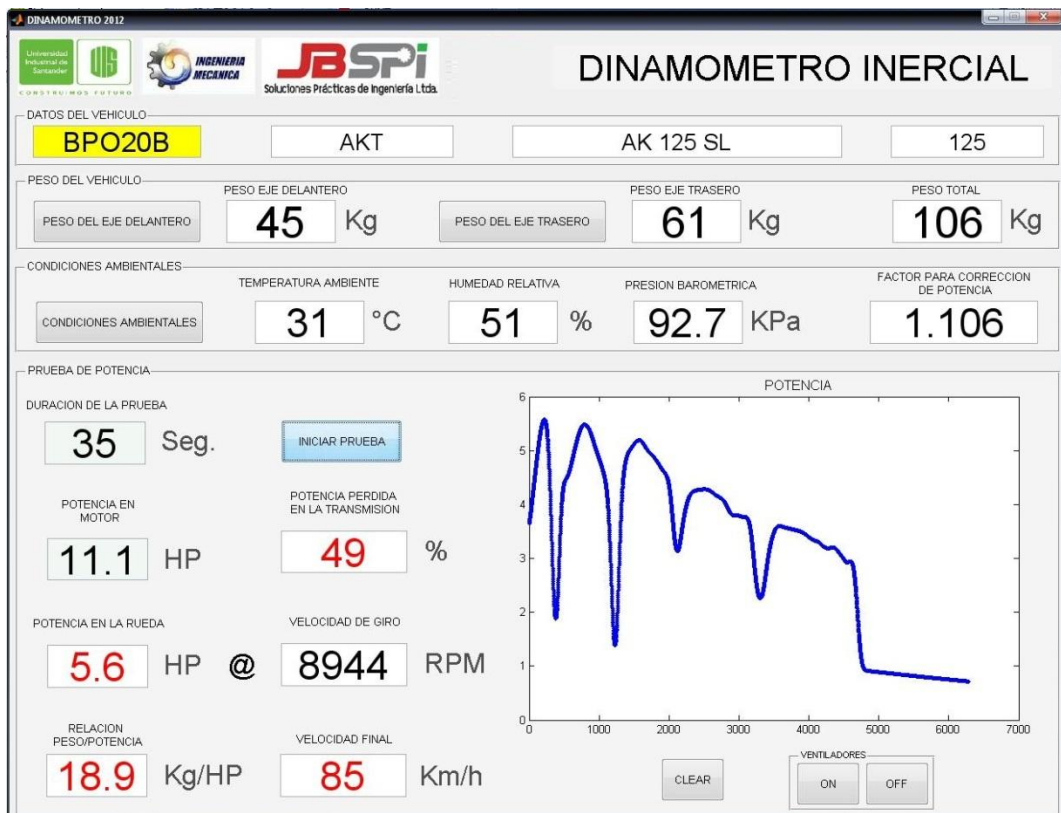
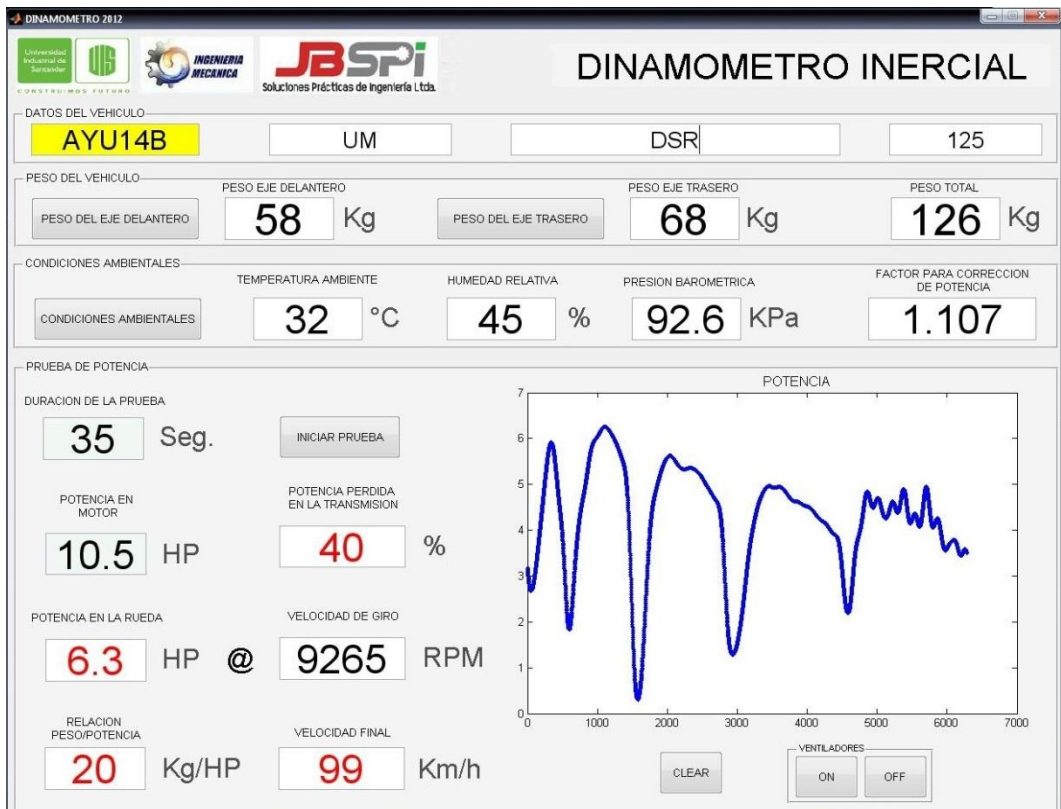
%%2.ENVIO DEL COMANDO DE APAGADO
fopen(DINA);
fwrite(DINA, '5', 'char');           %Se envía el comando 5 al microcontrolador
                                     para apagar los ventiladores

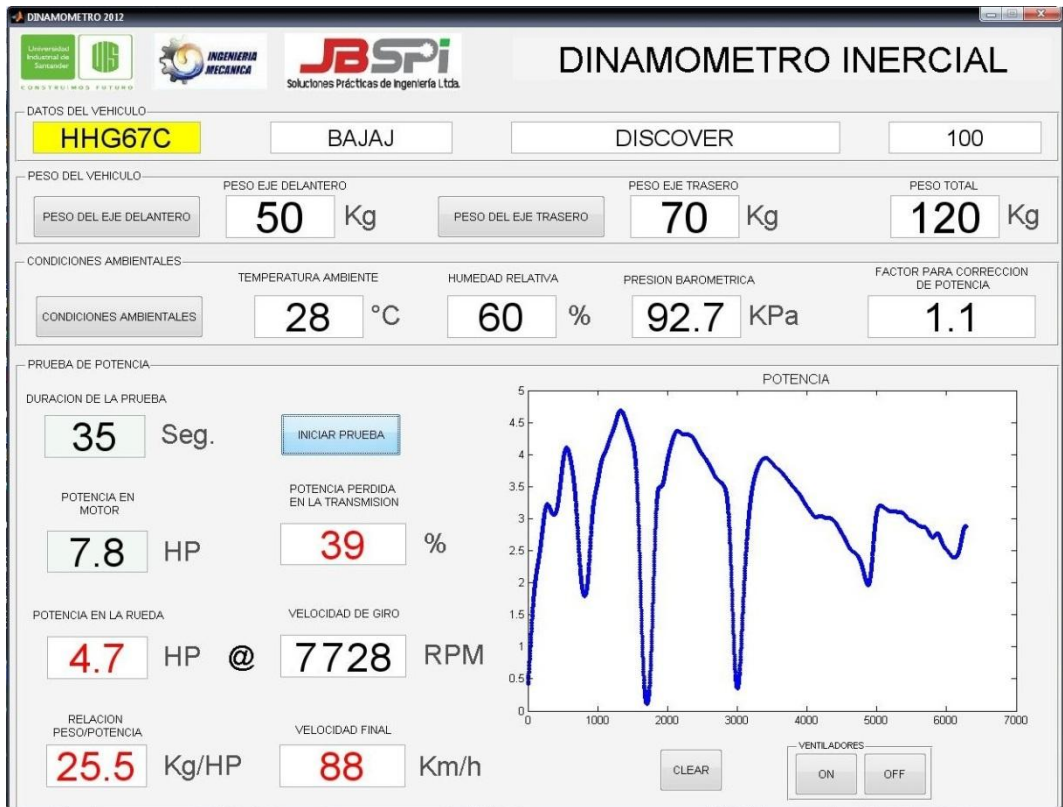
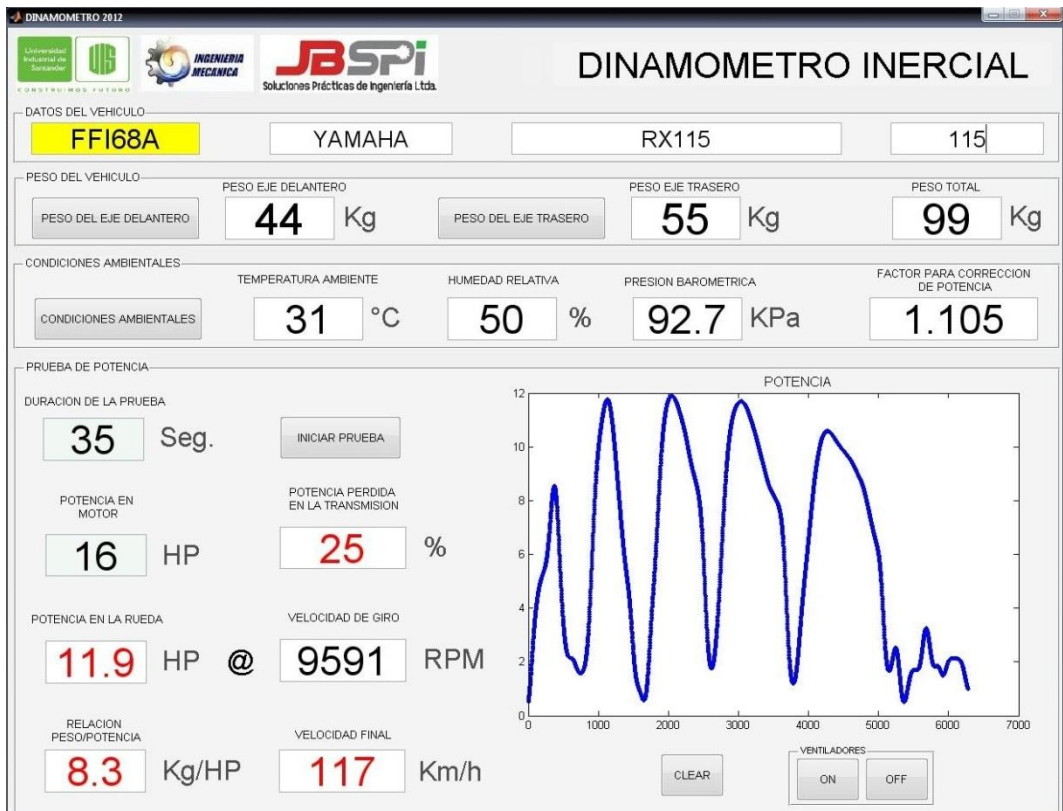
%%3.FINALIZACION DEL PUERTO SERIE
fclose(DINA);                       % Se cierra el puerto serie
delete(DINA);                       % Se borra el puerto serie de matlab
clear DINA;                         % Se borran valores del puerto serie
INSTRFIND

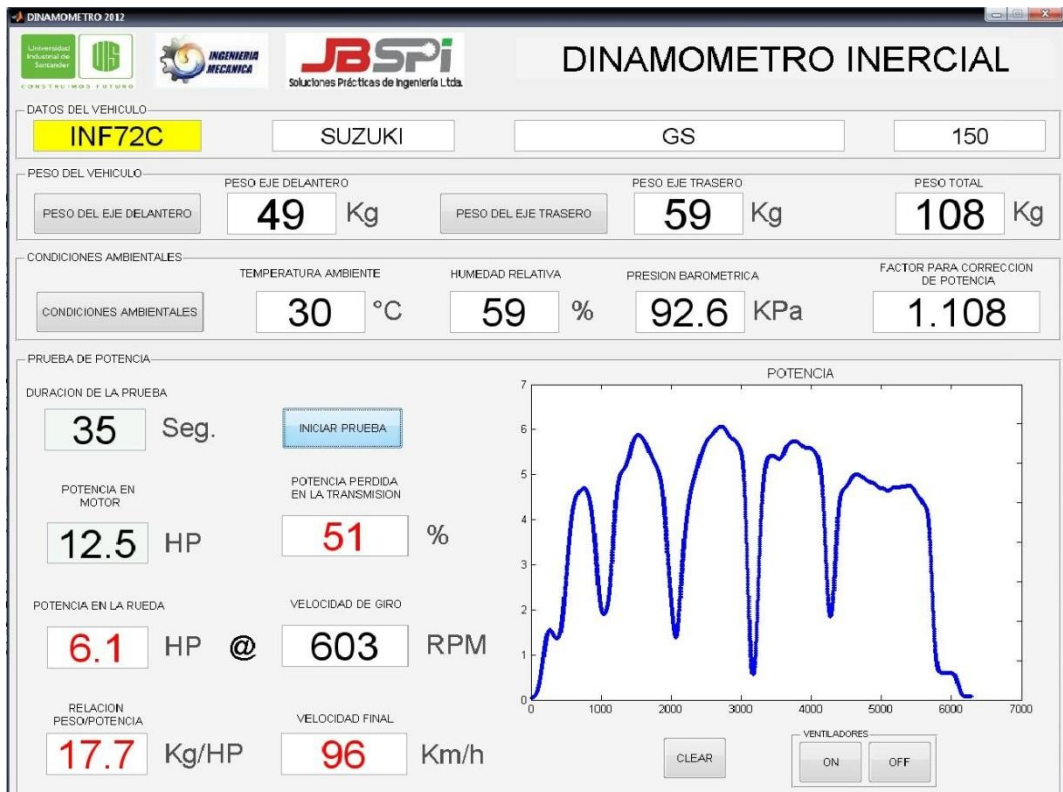
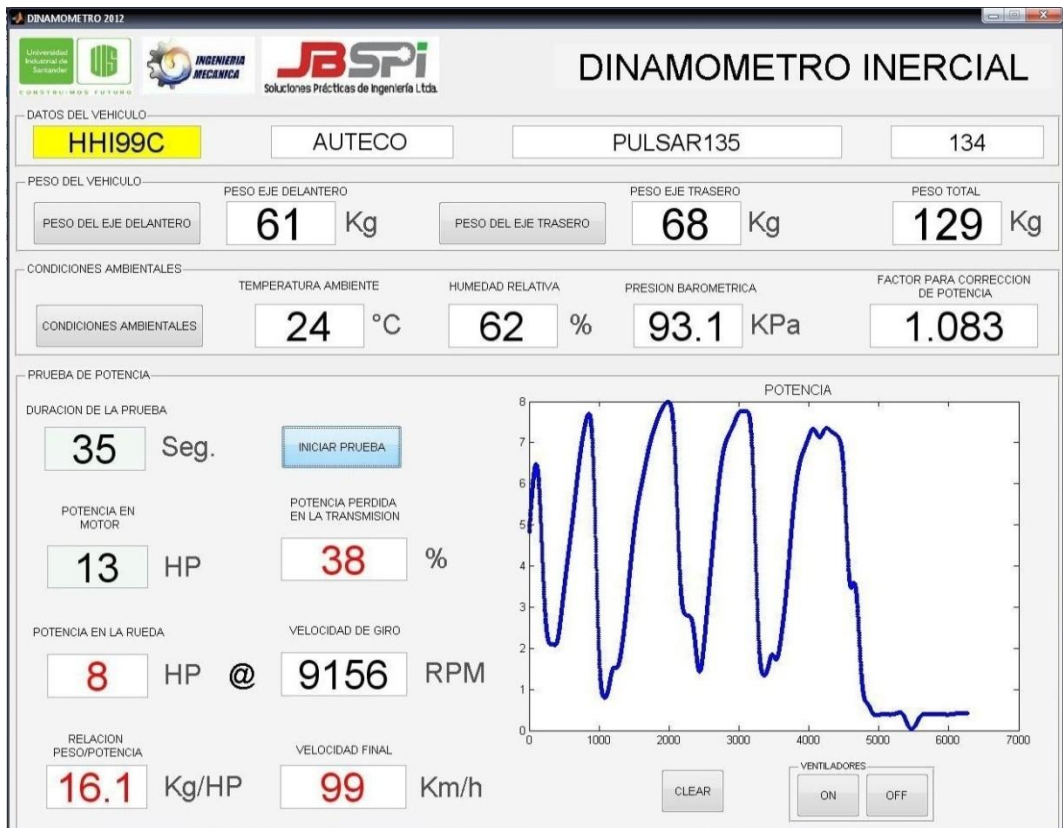
```

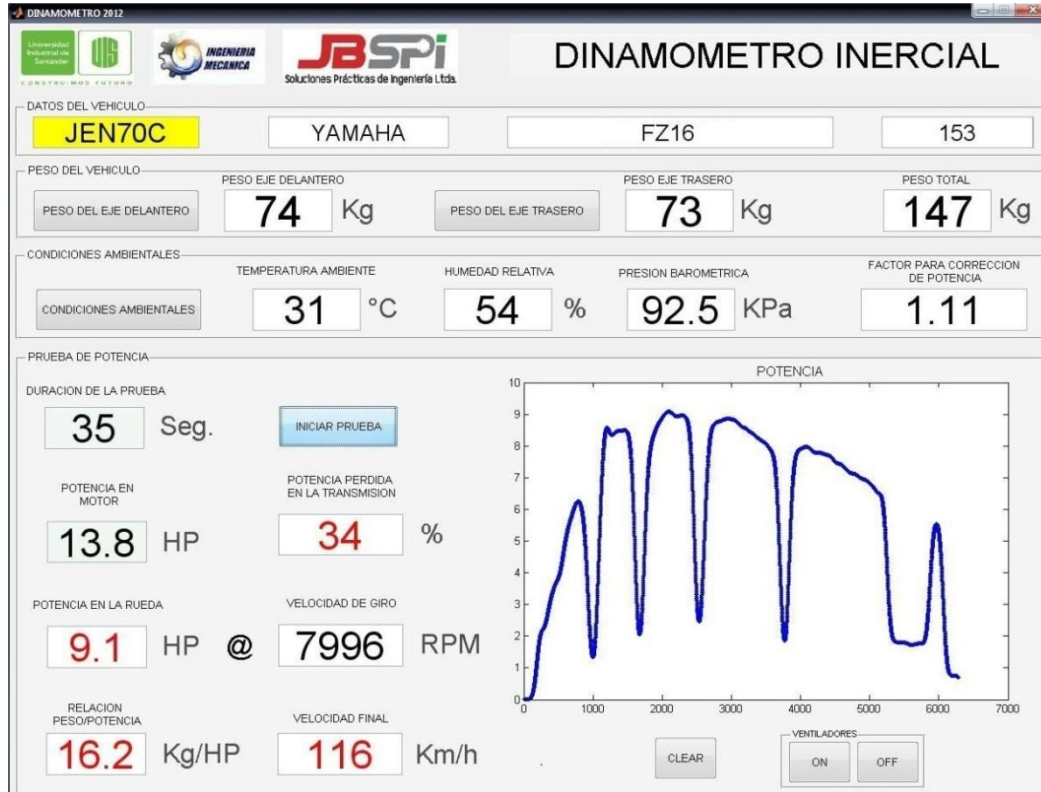
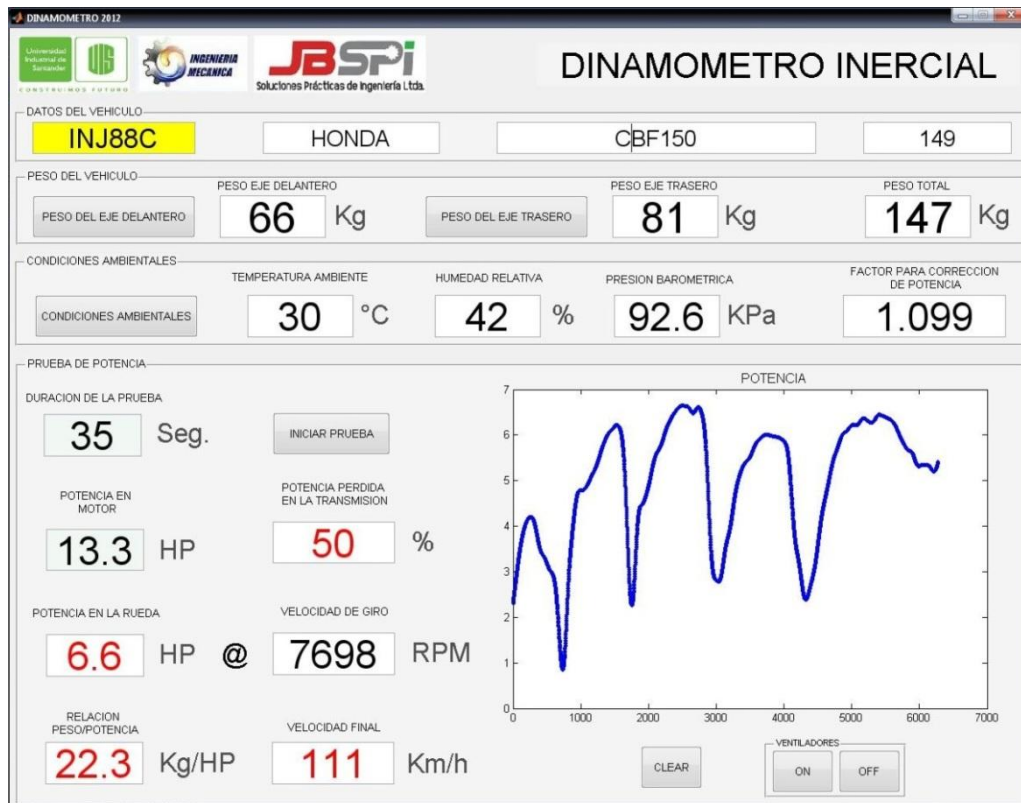
# ANEXO W: PRUEBAS

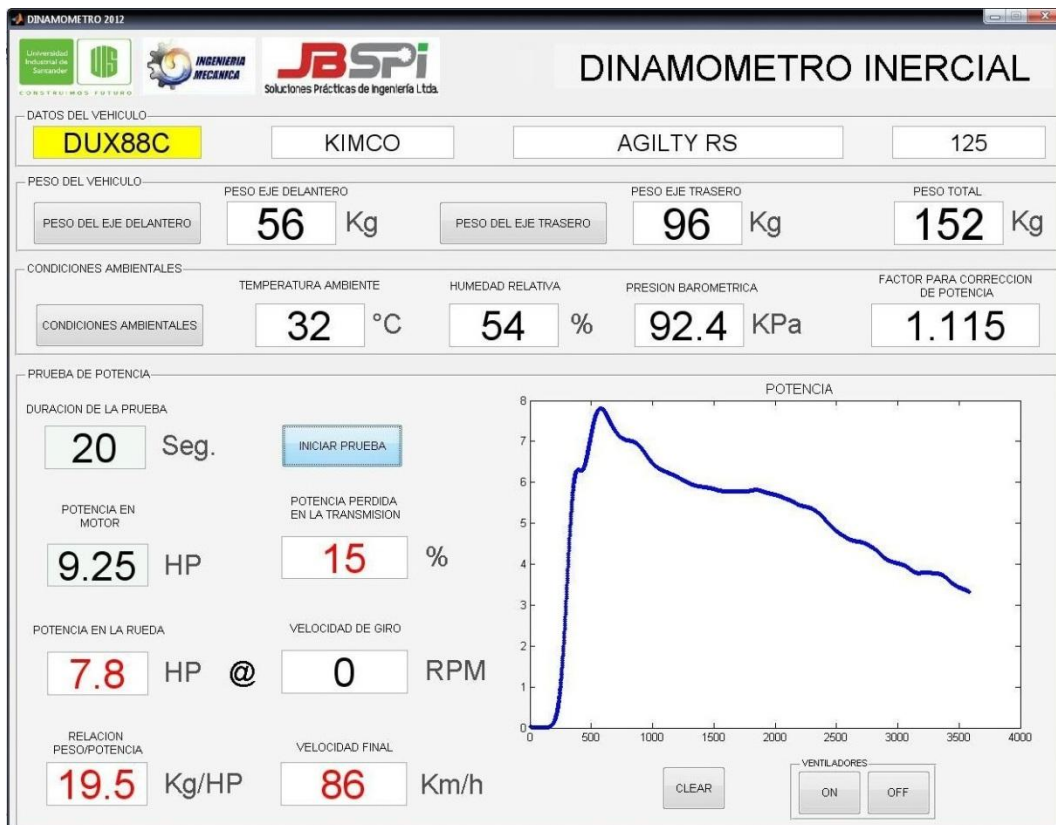
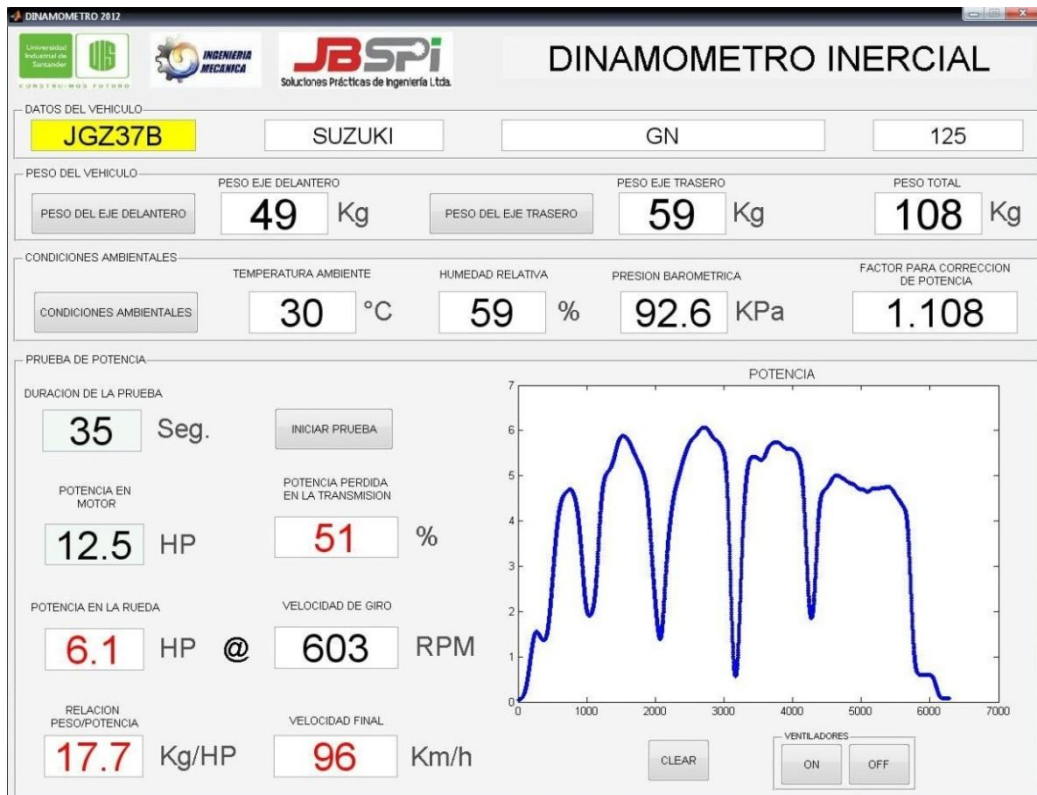


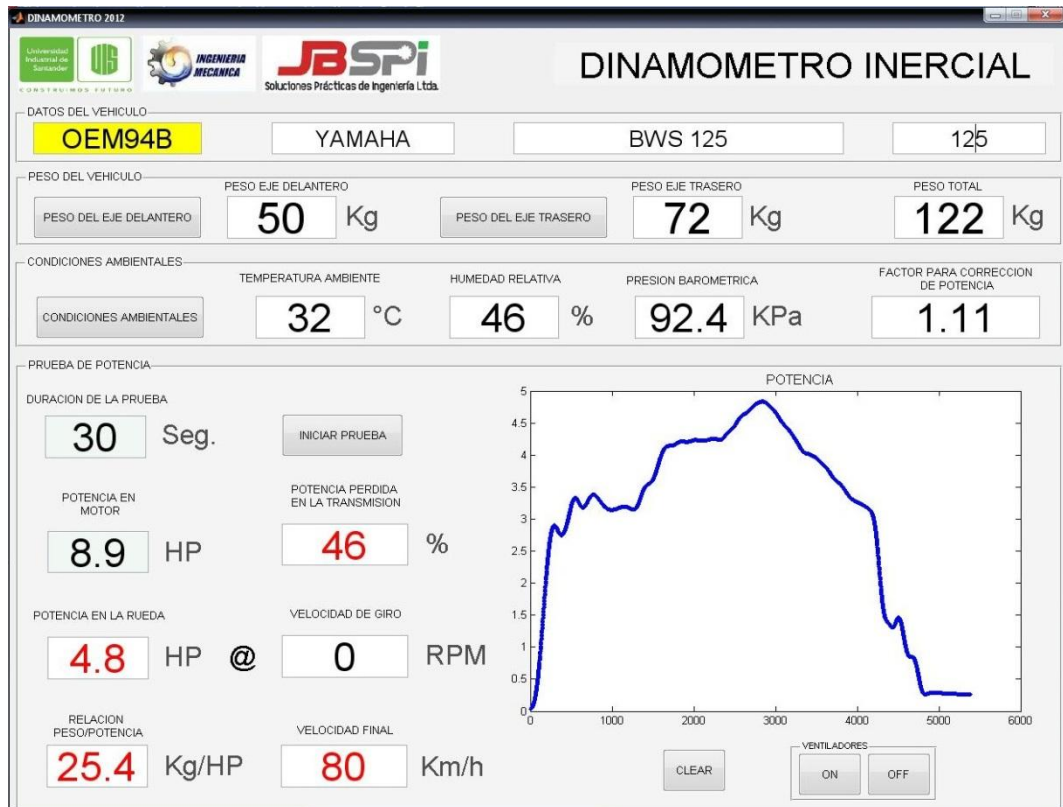
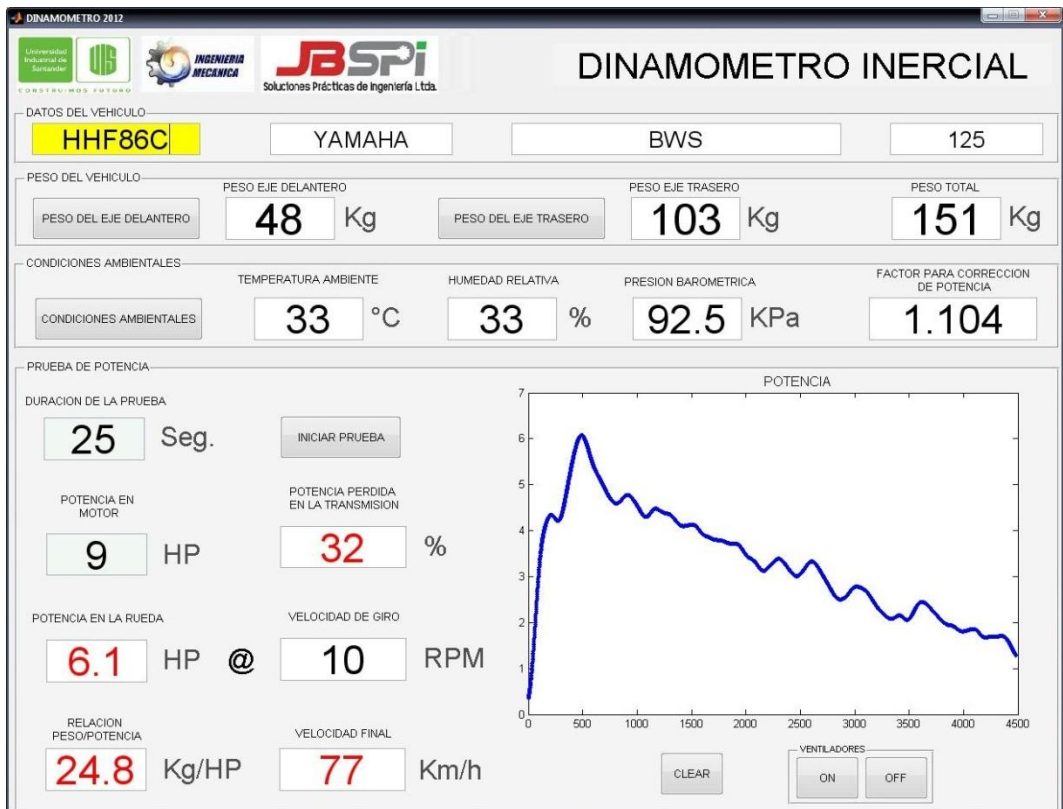


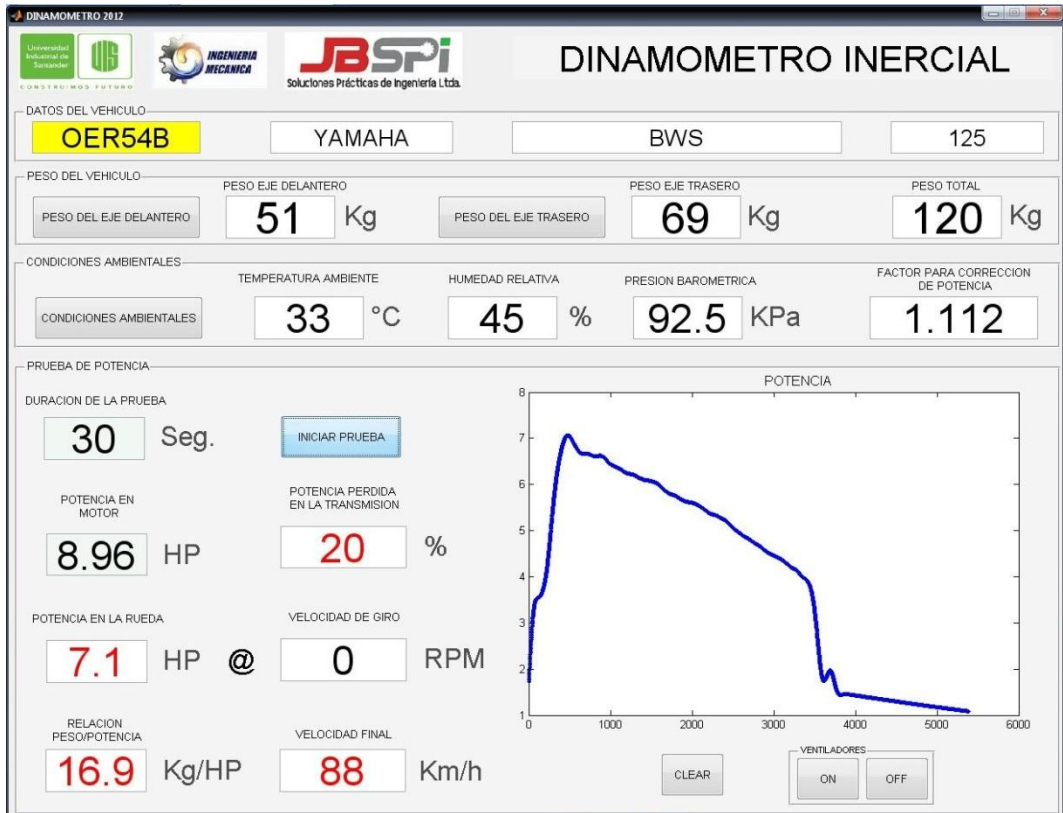












**ANEXO X: CERTIFICADOS DE CALIBRACION**

CERTIFICADO: # CAL-0513

CERTIFICADO DE CALIBRACION

NUMERO DE CERTIFICADO # CAL-0513

IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

NOMBRE	DINAMOMETRO INERCIAL
MARCA	JB-SPI LTDA.
MODELO	DINAMOMETRO 2012
REFERENCIA	DYNA-UIS
SERIAL	17052012
VARIABLE A CALIBRAR	FRECUENCIA-RPM PINZA INDUCTIVA

DATOS DEL CLIENTE

DIRECCION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TELEFONO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CIUDAD	CALLE 9 # 27
	TEL. (7) 6344000
	BUCARAMANGA- SANTANDER

MÉTODO DE CALIBRACION:

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Comparación simple  
PRO-CAL-RPM-001

SITIO DE CALIBRACION:

NOMBRE	JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA LTDA.
LUGAR	LABORATORIO JB-SPI
DIRECCION	Calle 25 N° 21B-203 GIRON
TELEFONO	6594641

FECHA DE RECEPCION	03/10/2012
FECHA DE CALIBRACION	04/10/2012
FECHA DE EMISION	05/10/2012

CONDICIONES DE ESTABILIZACIÓN: 10 Minutos después de encendido el equipo para calentamiento y haber realizado una prueba completa de medición después del periodo de calentamiento.

Pág. 1 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0513

**CONDICIONES AMBIENTALES**

HUMEDAD RELATIVA	56 %
TEMPERATURA	30,1 °C Promedio
PRESION BAROMETRICA	923 mB
ALTITUD	777 m.s.n.m.
HORA DEL PROCESO	14:45

**PATRÓN(ES) EMPLEADO(S):**

**PATRON 1**

NOMBRE	TACOMETRO OPTICO
MARCA	REED
MODELO	AT-6
SERIAL	21082012
N° DE CERTIFICADO	CMK-TFC-12084

Pág. 2 de 4

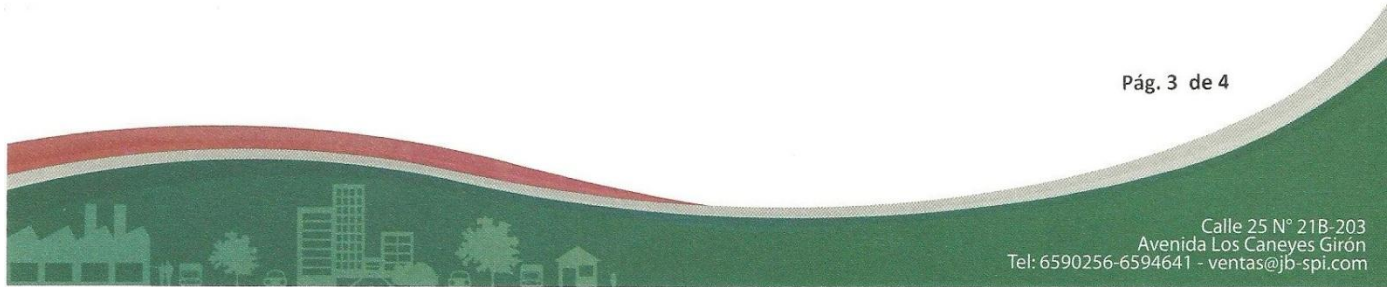
CERTIFICADO: # CAL-0513

**DATOS DE CALIBRACION**

DATOS DEL EQUIPO BAJO CALIBRACION			
LECTURAS DEL EQUIPO RPM [rpm]	1000 rpm	6000 rpm	12000 rpm
MEDICION # 1	996	5986	11981
MEDICION # 2	996	5991	11973
MEDICION # 3	999	5984	11976
MEDICION # 4	997	5979	11985
PROMEDIO DE LECTURAS	997,00	5985,00	11978,75
DESVIACION ESTANDAR MEDICIONES	1,4	5,0	5,3
VALOR DEL PATRON	1000,0	6000,0	12000,0

FUENTES DE INCERTIDUMBRE			
U FOTOTACOMETRO PATRON SEGÚN CERTIFICADO	0,24	0,24	0,24
U REPETIBILIDAD DEL INSTRUMENTO	0,71	2,48	2,66
U RESOLUCION DEL INSTRUMENTO	0,29	0,29	0,29
INCERTIDUMBRE COMBINADA	0,80	2,51	2,68
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	1,60	5,02	5,37

RESULTADOS DE LA EVALUACION				
ERROR	[rpm]	-3,00	-15,00	-21,25
INCERTIDUMBRE	[rpm]	+/- 1,60	+/- 5,02	+/- 5,37
PORCENTAJE DE ERROR	[%]	-0,30%	-0,25%	-0,18%
PORCENTAJE DE INCERTIDUMBRE	[%]	+/- 0,16%	+/- 0,08%	+/- 0,04%



CERTIFICADO: # CAL-0513

**HERRAMIENTA ESPECIALIZADA PARA VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MEDIDA ADICIONALES DEL PROCESO**

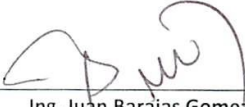
Medidor de presión Barométrica, Altímetro, Termómetro, Humedad relativa, Voltímetro, Herramienta, Manual de servicio Técnico

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda ., no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso indebido del equipo.

Este certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda .

Firma(s) autorizada(s)

  
Ing. Juan Barajas Gomez  
Director Técnico

--- Fin del certificado. [www.jb-spi.com](http://www.jb-spi.com) ---

Pág. 4 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0514

CERTIFICADO DE CALIBRACION

NUMERO DE CERTIFICADO # CAL-0514

IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

NOMBRE	DINAMOMETRO INERCIAL
MARCA	JB-SPI LTDA.
MODELO	DINAMOMETRO 2012
REFERENCIA	DYNA-UIS
SERIAL	17052012
VARIABLE A CALIBRAR	HUMEDAD RELATIVA

DATOS DEL CLIENTE

DIRECCION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TELEFONO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CIUDAD	CALLE 9 # 27
	TEL. (7) 6344000
	BUCARAMANGA- SANTANDER

MÉTODO DE CALIBRACION:

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

Comparación simple  
PRO-CAL-HRE-001

SITIO DE CALIBRACION:

NOMBRE	JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA LTDA.
LUGAR	LABORATORIO JB-SPI
DIRECCION	Calle 25 N° 21B-203 GIRON
TELEFONO	6594641

FECHA DE RECEPCION	03/10/2012
FECHA DE CALIBRACION	06/10/2012
FECHA DE EMISION	07/10/2012

CONDICIONES DE ESTABILIZACIÓN: 10 Minutos después de encendido el equipo para calentamiento y haber realizado una prueba completa de medición después del periodo de calentamiento.

Pág. 1 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0514

CONDICIONES AMBIENTALES

HUMEDAD RELATIVA	47 %
TEMPERATURA	31,4 °C Promedio
PRESION BAROMETRICA	923 mB
ALTITUD	777 m.s.n.m.
HORA DEL PROCESO	09:30

PATRÓN(ES) EMPLEADO(S):

PATRON 1

NOMBRE	TERMOHIGROMETRO DIGITAL
MARCA	NA
MODELO	JUMBO TTH-002
SERIAL	EP0019
N° DE CERTIFICADO	TH0858-C

Pág. 2 de 4

**CERTIFICADO: # CAL-0514**

**DATOS DE CALIBRACION**

DATOS DEL EQUIPO BAJO CALIBRACION		
LECTURAS DEL EQUIPO HUMEDAD RELATIVA [%]	PUNTO 40%	PUNTO 60 %
MEDICION # 1	40	60
MEDICION # 2	41	61
MEDICION # 3	40	59
MEDICION # 4	40	60
PROMEDIO DE LECTURAS	40,25	60,00
DESVIACION ESTANDAR MEDICIONES	0,50	0,82
VALOR DEL PATRON	40,0	60,0

FUENTES DE INCERTIDUMBRE		
U PATRON SEGÚN CERTIFICADO	0,500	0,500
U REPETIBILIDAD DEL INSTRUMENTO	0,250	0,408
U RESOLUCION DEL INSTRUMENTO	0,289	0,289
INCERTIDUMBRE COMBINADA	0,629	0,707
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	1,258	1,414

RESULTADOS DE LA EVALUACION			
ERROR	[%HR]	-0,250	0,000
INCERTIDUMBRE	[%HR]	+/- 1,258	+/- 1,414
PORCENTAJE DE ERROR	[%]	-0,63%	0,00%
PORCENTAJE DE INCERTIDUMBRE	[%]	+/- 3,15%	+/- 2,36%

Pág. 3 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0514


HERRAMIENTA ESPECIALIZADA PARA VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MEDIDA ADICIONALES DEL PROCESO  
Medidor de presión Barométrica, Altimetro, Termómetro, Humedad relativa, Voltímetro, Herramienta, Manual de servicio Técnico

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda ., no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso indebido del equipo.

Este certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda .

Firma(s) autorizada(s)



---

Ing. Juan Barajas Gomez  
Director Técnico

--- Fin del certificado. [www.jb-spi.com](http://www.jb-spi.com) ---

Pág. 4 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0515

CERTIFICADO DE CALIBRACION

NUMERO DE CERTIFICADO # CAL-0515

IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

NOMBRE	DINAMOMETRO INERCIAL
MARCA	JB-SPI LTDA.
MODELO	DINAMOMETRO 2012
REFERENCIA	DYNA-UIS
SERIAL	17052012
VARIABLE A CALIBRAR	TEMPERATURA-AMBIENTE

DATOS DEL CLIENTE

DIRECCION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TELEFONO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CIUDAD	CALLE 9 # 27
	TEL. (7) 6344000
	BUCARAMANGA- SANTANDER

MÉTODO DE CALIBRACION:

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION	Comparación simple
	PRO-CAL-TEM-001

SITIO DE CALIBRACION:

NOMBRE	JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA LTDA.
LUGAR	LABORATORIO JB-SPI
DIRECCION	Calle 25 N° 21B-203 GIRON
TELEFONO	6594641

FECHA DE RECEPCION	03/10/2012
FECHA DE CALIBRACION	06/10/2012
FECHA DE EMISION	07/10/2012

CONDICIONES DE ESTABILIZACIÓN: 10 Minutos después de encendido el equipo para calentamiento y haber realizado una prueba completa de medición después del periodo de calentamiento.

Pág. 1 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0515

**CONDICIONES AMBIENTALES**

HUMEDAD RELATIVA	47 %
TEMPERATURA	31,4 °C Promedio
PRESION BAROMETRICA	923 mB
ALTITUD	777 m.s.n.m.
HORA DEL PROCESO	15:10

**PATRÓN(ES) EMPLEADO(S):**

**PATRON 1**

NOMBRE	TERMOHIGROMETRO DIGITAL
MARCA	NA
MODELO	JUMBO TTH-002
SERIAL	EP0019
N° DE CERTIFICADO	TH0858-C

Pág. 2 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0515

**DATOS DE CALIBRACION**

DATOS DEL EQUIPO BAJO CALIBRACION		
LECTURAS DEL EQUIPO TEMPERATURA [°C]	PUNTO 25 °C	PUNTO 45 °C
MEDICION # 1	25	45
MEDICION # 2	25	45
MEDICION # 3	25	45
MEDICION # 4	25	45
PROMEDIO DE LECTURAS	25,00	45,00
DESVIACION ESTANDAR MEDICIONES	0,0	0,0
VALOR DEL PATRON	25,0	45,0

FUENTES DE INCERTIDUMBRE		
U PATRON SEGÚN CERTIFICADO	0,130	0,130
U REPETIBILIDAD DEL INSTRUMENTO	0,000	0,000
U RESOLUCION DEL INSTRUMENTO	0,289	0,289
INCERTIDUMBRE COMBINADA	0,317	0,317
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	0,633	0,633

RESULTADOS DE LA EVALUACION			
ERROR	[°C]	0,000	0,000
INCERTIDUMBRE	[°C]	+/- 0,633	+/- 0,633
PORCENTAJE DE ERROR	[%]	0,00%	0,00%
PORCENTAJE DE INCERTIDUMBRE	[%]	+/- 2,53%	+/- 1,41%

CERTIFICADO: # CAL-0515

**HERRAMIENTA ESPECIALIZADA PARA VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MEDIDA ADICIONALES  
DEL PROCESO**

Medidor de presión Barométrica, Altímetro, Termómetro, Humedad relativa, Voltímetro,  
Herramienta, Manual de servicio Técnico

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las  
mediciones.

Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda ., no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el  
uso indebido del equipo.

Este certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización previa por  
escrito de Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda .

Firma(s) autorizada(s)

  
Ing. Juan Barajas Gomez  
Director Técnico

--- Fin del certificado. [www.jb-spi.com](http://www.jb-spi.com) ---

Pág. 4 de 4

**CERTIFICADO: # CAL-0516**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**NUMERO DE CERTIFICADO # CAL-0516**

**IDENTIFICACION DEL EQUIPO:**

NOMBRE	DINAMOMETRO INERCIAL
MARCA	JB-SPI LTDA.
MODELO	DINAMOMETRO 2012
REFERENCIA	DYNA-UIS
SERIAL	17052012
VARIABLE A CALIBRAR	PRESION-BAROMETRICA

**DATOS DEL CLIENTE**

DIRECCION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TELEFONO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CIUDAD	CALLE 9 # 27
	TEL. (7) 6344000
	BUCARAMANGA- SANTANDER

**MÉTODO DE CALIBRACION:  
PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

Comparación simple  
PRO-CAL-PRE-001

**SITIO DE CALIBRACION:**

NOMBRE	JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA LTDA.
LUGAR	LABORATORIO JB-SPI
DIRECCION	Calle 25 N° 21B-203 GIRON
TELEFONO	6594641

FECHA DE RECEPCION	03/10/2012
FECHA DE CALIBRACION	08/10/2012
FECHA DE EMISION	10/10/2012

**CONDICIONES DE ESTABILIZACIÓN:** 10 Minutos después de encendido el equipo para calentamiento y haber realizado una prueba completa de medición después del periodo de calentamiento.

Pág. 1 de 4

**CERTIFICADO: # CAL-0516**

**CONDICIONES AMBIENTALES**

HUMEDAD RELATIVA	61 %
TEMPERATURA	31,7 °C Promedio
PRESION BAROMETRICA	923 mB
ALTITUD	777 m.s.n.m.
HORA DEL PROCESO	08:40

**PATRÓN(ES) EMPLEADO(S):**

**PATRON 1**

NOMBRE	MEDIDOR DE PRESION
MARCA	ASCROFT
MODELO	AW 02L
SERIAL	251009
N° DE CERTIFICADO	09-4208

Pág. 2 de 4

**CERTIFICADO: # CAL-0516**

**DATOS DE CALIBRACION**

DATOS DEL EQUIPO BAJO CALIBRACION		
LECTURAS DEL EQUIPO PRESION [KPa]	PUNTO 105 KPa	PUNTO 110 KPa
MEDICION # 1	106,4	111,2
MEDICION # 2	105,9	110,8
MEDICION # 3	105,8	110,9
MEDICION # 4	106,3	110,9
PROMEDIO DE LECTURAS	106,10	110,95
DESVIACION ESTANDAR MEDICIONES	0,29	0,17
VALOR DEL PATRON	105,00	110,00

FUENTES DE INCERTIDUMBRE		
U PATRON SEGÚN CERTIFICADO	0,284	0,297
U REPETIBILIDAD DEL INSTRUMENTO	0,147	0,087
U RESOLUCION DEL INSTRUMENTO	0,289	0,289
INCERTIDUMBRE COMBINADA	0,431	0,423
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	0,861	0,846

RESULTADOS DE LA EVALUACION			
ERROR	[KPa]	1,100	0,950
INCERTIDUMBRE	[KPa]	+/- 0,861	+/- 0,846
PORCENTAJE DE ERROR	[%]	1,05%	0,86%
PORCENTAJE DE INCERTIDUMBRE	[%]	+/- 0,82%	+/- 0,77%

Pág. 3 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0516

**HERRAMIENTA ESPECIALIZADA PARA VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MEDIDA ADICIONALES  
DEL PROCESO**

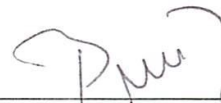
Medidor de presión Barométrica, Altímetro, Termómetro, Humedad relativa, Voltímetro,  
Herramienta, Manual de servicio Técnico

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las  
mediciones.

Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda ., no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el  
uso indebido del equipo.

Este certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización previa por  
escrito de Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda .

Firma(s) autorizada(s)



Ing. Juan Barajas Gomez  
Director Técnico

--- Fin del certificado. [www.jb-spi.com](http://www.jb-spi.com) ---

Pág. 4 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0517

CERTIFICADO DE CALIBRACION

NUMERO DE CERTIFICADO # CAL-0517

IDENTIFICACION DEL EQUIPO:

NOMBRE	DINAMOMETRO INERCIAL
MARCA	JB-SPI LTDA.
MODELO	DINAMOMETRO 2012
REFERENCIA	DYNA-UIS
SERIAL	17052012
VARIABLE A CALIBRAR	<b>MASA</b>

DATOS DEL CLIENTE

DIRECCION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TELEFONO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CIUDAD	CALLE 9 # 27
	TEL. (7) 6344000
	BUCARAMANGA- SANTANDER

MÉTODO DE CALIBRACION:

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION	Comparación simple
	PRO-CAL-BAS-001

SITIO DE CALIBRACION:

NOMBRE	JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA LTDA.
LUGAR	LABORATORIO JB-SPI
DIRECCION	Calle 25 N° 21B-203 GIRON
TELEFONO	6594641

FECHA DE RECEPCION	03/10/2012
FECHA DE CALIBRACION	08/10/2012
FECHA DE EMISION	10/10/2012

CONDICIONES DE ESTABILIZACIÓN: 10 Minutos después de encendido el equipo para calentamiento y haber realizado una prueba completa de medición después del periodo de calentamiento.

Pág. 1 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0517

**CONDICIONES AMBIENTALES**

HUMEDAD RELATIVA	61 %
TEMPERATURA	31,7 °C Promedio
PRESION BAROMETRICA	923 mB
ALTITUD	777 m.s.n.m.
HORA DEL PROCESO	14:50

**PATRÓN(ES) EMPLEADO(S):**

**PATRON 1**

NOMBRE	6 MASAS INDIVIDUALES
MARCA	SB LTDA.
MODELO	BLOQUES
SERIAL	1-2 / 1-2 / 1-2
N° DE CERTIFICADO	9158

Pág. 2 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0517

### DATOS DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO BAJO CALIBRACION		
LECTURAS DEL EQUIPO MASA [Kg]	PUNTO 50 [Kg]	PUNTO 70 [Kg]
MEDICION # 1	50	70
MEDICION # 2	50	70
MEDICION # 3	50	70
MEDICION # 4	50	70
PROMEDIO DE LECTURAS	50,00	70,00
DESVIACION ESTANDAR MEDICIONES	0,00	0,00
VALOR DEL PATRON	50,00	70,00

FUENTES DE INCERTIDUMBRE		
U PATRON SEGÚN CERTIFICADO	0,000	0,000
U REPETIBILIDAD DEL INSTRUMENTO	0,000	0,000
U RESOLUCION DEL INSTRUMENTO	0,289	0,289
INCERTIDUMBRE COMBINADA	0,289	0,289
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	0,577	0,577

RESULTADOS DE LA EVALUACION			
ERROR	[Kg]	0,000	0,000
INCERTIDUMBRE	[Kg]	+/- 0,577	+/- 0,577
PORCENTAJE DE ERROR	[%]	0,00%	0,00%
PORCENTAJE DE INCERTIDUMBRE	[%]	+/- 1,15%	+/- 0,82%

Pág. 3 de 4

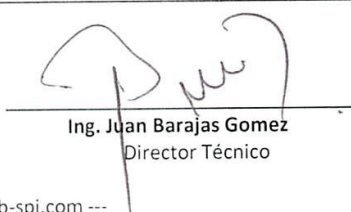
CERTIFICADO: # CAL-0517

**HERRAMIENTA ESPECIALIZADA PARA VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MEDIDA ADICIONALES  
DEL PROCESO**

Medidor de presión Barométrica, Altimetro, Termómetro, Humedad relativa, Voltímetro,  
Herramienta, Manual de servicio Técnico

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron  
las mediciones.  
Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda ., no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar  
el uso indebido del equipo.  
Este certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización previa por  
escrito de Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda .

Firma(s) autorizada(s)

  
Ing. Juan Barajas Gomez  
Director Técnico

--- Fin del certificado. [www.jb-spi.com](http://www.jb-spi.com) ---

Pág. 4 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0518

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**NUMERO DE CERTIFICADO # CAL-0518**

**IDENTIFICACION DEL EQUIPO:**

NOMBRE	DINAMOMETRO INERCIAL
MARCA	JB-SPI LTDA.
MODELO	DINAMOMETRO 2012
REFERENCIA	DYNA-UIS
SERIAL	17052012
VARIABLE A CALIBRAR	FRECUENCIA-RPM SENSOR INDUCTIVO

**DATOS DEL CLIENTE**

DIRECCION	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TELEFONO	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
CIUDAD	CALLE 9 # 27
	TEL. (7) 6344000
	BUCARAMANGA- SANTANDER

**MÉTODO DE CALIBRACION:**

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

Comparación simple  
PRO-CAL-RPM-001

**SITIO DE CALIBRACION:**

NOMBRE	JB SOLUCIONES PRACTICAS DE INGENIERIA LTDA.
LUGAR	LABORATORIO JB-SPI
DIRECCION	Calle 25 N° 21B-203 GIRON
TELEFONO	6594641

FECHA DE RECEPCION	03/10/2012
FECHA DE CALIBRACION	12/10/2012
FECHA DE EMISION	13/10/2012

**CONDICIONES DE ESTABILIZACIÓN:** 10 Minutos después de encendido el equipo para calentamiento y haber realizado una prueba completa de medición después del período de calentamiento.

Pág. 1 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0518

**CONDICIONES AMBIENTALES**

HUMEDAD RELATIVA	56 %
TEMPERATURA	30,1 °C Promedio
PRESION BAROMETRICA	923 mB
ALTITUD	777 m.s.n.m.
HORA DEL PROCESO	14:45

**PATRÓN(ES) EMPLEADO(S):**

**PATRON 1**

NOMBRE	TACOMETRO OPTICO
MARCA	REED
MODELO	AT-6
SERIAL	21082012
N° DE CERTIFICADO	CMK-TFC-12084

Pág. 2 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0518

### DATOS DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO BAJO CALIBRACION		
LECTURAS DEL EQUIPO RPM [rpm]	1785 rpm	3580 rpm
MEDICION # 1	1785	3579
MEDICION # 2	1784	3581
MEDICION # 3	1782	3585
MEDICION # 4	1786	3582
PROMEDIO DE LECTURAS	1784,25	3581,75
DESVIACION ESTANDAR MEDICIONES	1,7	2,5
VALOR DEL PATRON	2000,0	3000,0

FUENTES DE INCERTIDUMBRE		
U FOTOTACOMETRO PATRON SEGÚN CERTIFICADO	0,24	0,24
U REPETIBILIDAD DEL INSTRUMENTO	0,85	1,25
U RESOLUCION DEL INSTRUMENTO	0,29	0,29
INCERTIDUMBRE COMBINADA	0,93	1,31
INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	1,87	2,61

RESULTADOS DE LA EVALUACION			
ERROR	[rpm]	-215,75	581,75
INCERTIDUMBRE	[rpm]	+/- 1,87	+/- 2,61
PORCENTAJE DE ERROR	[%]	-10,79%	19,39%
PORCENTAJE DE INCERTIDUMBRE	[%]	+/- 0,09%	+/- 0,09%

Pág. 3 de 4

CERTIFICADO: # CAL-0518

HERRAMIENTA ESPECIALIZADA PARA VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE MEDIDA ADICIONALES DEL PROCESO  
Medidor de presión Barométrica, Altímetro, Termómetro, Humedad relativa, Voltímetro, Herramienta, Manual de servicio Técnico

Los resultados del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda ., no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso indebido del equipo.

Este certificado no podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de Soluciones Practicas de Ingeniería Ltda .

Firma(s) autorizada(s)

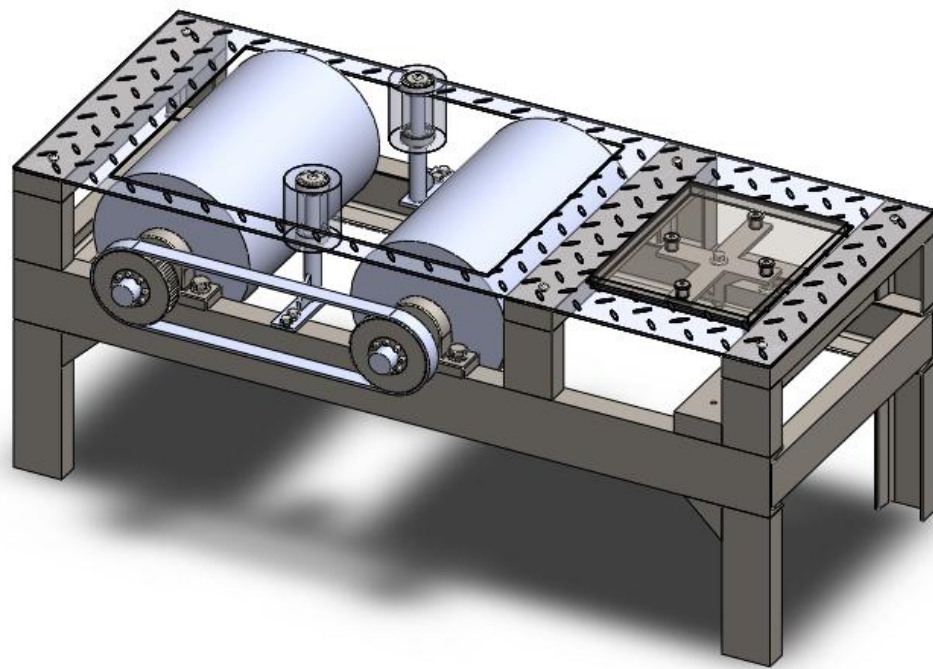
  
Ing. Juan Barajas Gomez  
Director Técnico

--- Fin del certificado. [www.jb-spi.com](http://www.jb-spi.com) ---

Pág. 4 de 4

ANEXO Y: MANUAL

## MANUAL INTEGRAL DE DINAMOMETRO INERCIAL



## **DINAMOMETRO INERCIAL**

### **INTRODUCCIÓN**

El presente manual se propone entregar instrucciones eficaces y seguras sobre instalación, operación y mantenimiento del dinamómetro inercial para motocicletas. Con el respeto y seguimiento de estas instrucciones, podrá obtenerse de este equipo la eficacia y duración adecuada.

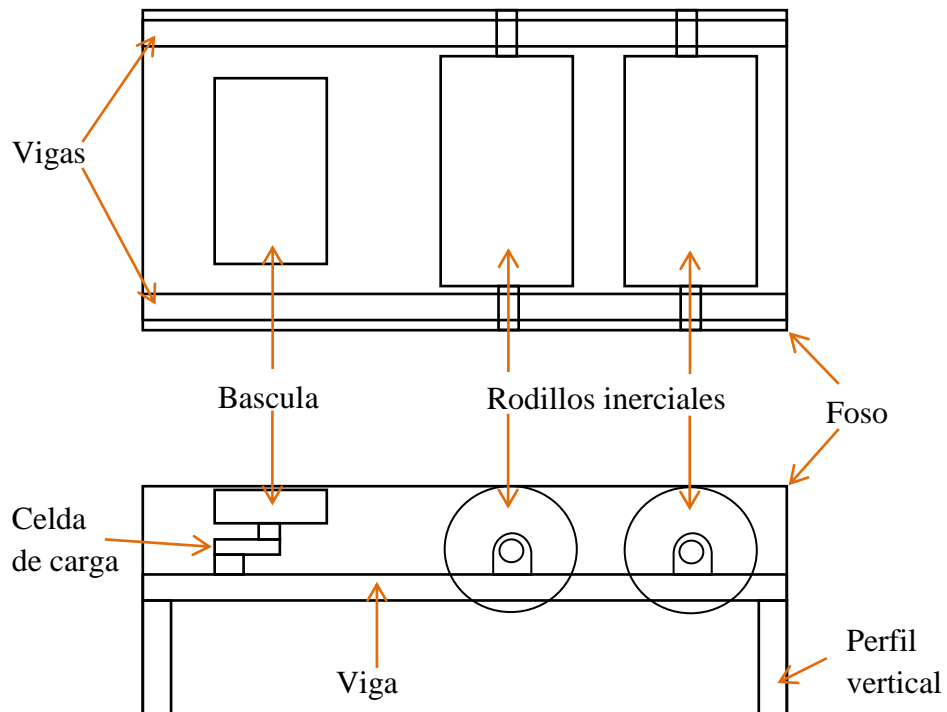
Además se entrega importante información en cuanto a seguridad operacional y precauciones para evitar las ejecuciones potencialmente peligrosas para el operador u otras personas presentes y para el correcto funcionamiento del sistema. El manual está dividido en capítulos según una lógica tendiente a facilitar la consulta por parte del personal interesado, y está dirigido, por lo que se refiere en especial a las operaciones de mantenimiento a personal técnico especializado que, según los casos, deberá poseer un buen conocimiento de mecánica, electromecánica, electrónica y uso de sistemas basados en unidades computarizadas. Es, sin embargo, necesario recalcar que el equipo y todos sus componentes han sido diseñados y fabricados con el fin de hacer las operaciones lo más sencillas posibles, tanto en cuanto a la gestión y uso normal de la máquina como respecto de las delicadas tareas relativas a su mantenimiento.

Este manual podría eventualmente contener imprecisiones o errores tipográficos y está sujeto a eventuales correcciones futuras. Este instructivo es parte integral del equipo, por lo cual siempre deberá acompañarlo. El manual debe ser mantenido en las inmediaciones del dinamómetro inercial para motocicletas.

El operador y personal de mantenimiento deben estar en capacidad de localizar y consultar el manual rápidamente y en cualquier momento.

## DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA

El dinamómetro inercial de rodillos es un equipo diseñado para realizar la medición de potencia en motocicletas. El principio de funcionamiento del dinamómetro consiste en dos rodillos de alta inercia, los cuales ofrecen una resistencia al arranque en la rueda de la motocicleta y en la medida que estos cilindros se aceleran es posible estimar la potencia en la motocicleta.



Posee además una báscula integrada para capturar el peso de la motocicleta, unos sensores periféricos de temperatura ambiente, temperatura del motor, humedad relativa, presión atmosférica, sensor inductivo (rpm rodillo inercial), pinza inductiva (rpm motor).

Este dinamómetro es un sistema desarrollado bajo parámetros estandarizados cumpliendo con la norma SAE J1349 de medición de potencia.

Está diseñado exclusivamente para motos, soportando carga máxima de hasta 200Kg por eje y una potencia de hasta 25 hp. Su función principal es realizar una rápida, precisa y eficaz prueba de potencia de la motocicleta.

Este dinamómetro es útil para pruebas de potencia de arranque o progresivas, mas no para simulaciones de carga constante.

El chasis de la maquina ha sido diseñado de manera óptima y resistente frente a estados de carga extremos y está construido con materiales estructurales A36 y está pintado para prevenir la oxidación de la estructura.

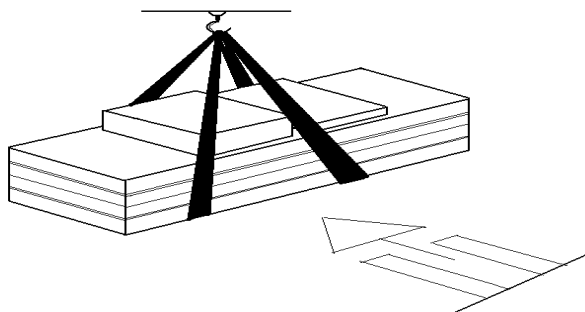
## **EMBALAJE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

El levantamiento, transporte, desempaque, ensamble, instalación, arranque, ajuste, pruebas iniciales, mantenimiento, reparación, revisión, transporte y desmantelamiento del equipo deben ser realizados por personal especializado y competente.

Las consecuencias del uso inadecuado del equipo están a cargo del personal responsable, de su manipulación, dicha adjudicación de responsabilidad se dará previamente a su entrega.

El dinamómetro inercial para motocicletas debe ser transportado solo si previamente ha sido ensamblado sobre estiba cuente con protección de cartón o madera en las partes superior y laterales para evitar abolladuras.

Este equipo puede ser manipulado, movido y posicionado utilizando un montacargas, grúa de elevación frontal, un aparejo o bien cualquier tipo de elevador cuya fuerza de elevación mínima sea de 500 Kg..

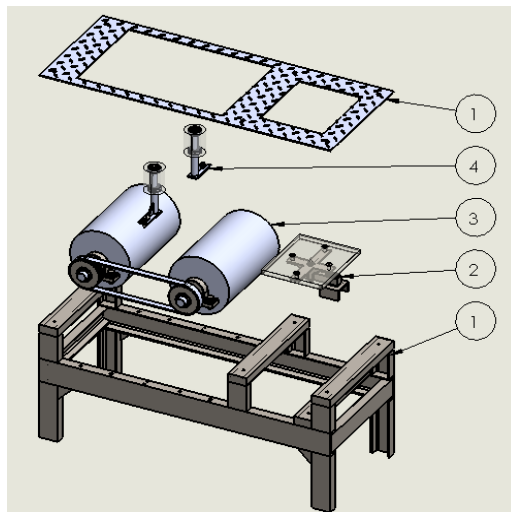


En caso de que presente demasiado movimiento, una segunda persona siempre debe encargarse de la carga, para evitar oscilaciones peligrosas, esto usando una cuerda industrial y elementos de protección básicos como guantes, casco y botas de seguridad.

Evítese colocar sobre el equipo, otras mercancías que contengan puntas filosas, partes metálicas, elementos corrosivos o químicos. Es factible acomodar otras mercancías que vengan empacadas en cajas de cartón, con un peso uniformemente distribuido, y que no superen los 100 kg.

## ESTRUCTURA DE LA MAQUINA

El dinamómetro esencialmente se divide en cuatro partes importantes.



SUBENSAMBLE	DESCRIPCIÓN
1	CHASIS
2	BASCULA
3	ELEMENTOS RODANTES
4	PROTECTOR LATERAL

## INSTALACIÓN

El dinamómetro debe ser instalado en un foso hecho a medida, ubicado en un lugar seco, y con un drenaje de agua para evitar problemas ante la posible presencia de agua. Dicho foso debe ser de concreto de por lo menos 15 cm de pared, con alma de malla metálica.

Para garantizar estabilidad de la maquina en la operación, esta debe ser correctamente anclada al piso, con chazos metálicos por lo menos  $4 \times \frac{3}{4}$ ".

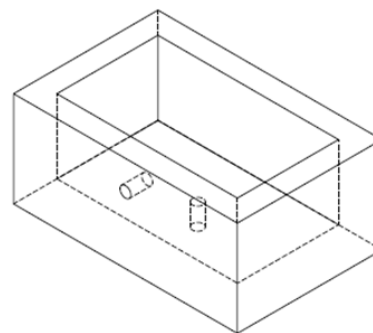
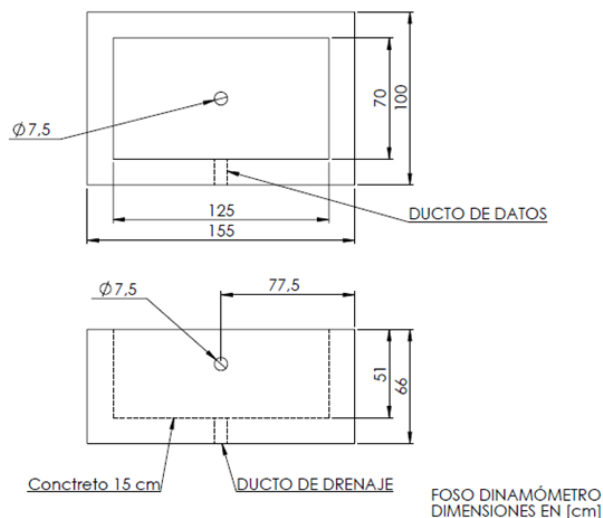
Aunque el dinamómetro se encuentra balanceado y el nivel de vibraciones transmitidas es muy bajo se recomienda anclarlo bien para que movimientos no deseados afecten las mediciones.

### Pasos de la instalación

La instalación debe hacerse de manera cuidadosa y como indican los siguientes pasos:

- Limpie el foso y asegúrese que el drenaje este funcional.
- Realice las perforaciones y adecuaciones de los chazos metálicos.
- Instale el chasis de la máquina, y sujételo con los chazos.
- Coloque los rodillos inerciales en su lugar junto con la transmisión por correa.
- Ubique el sensor de rpm de los mismos.
- Instale la celda de carga y los componentes de la báscula.
- Lleve los cables de los sensores desde la maquina hasta el PC.
- Por ultimo coloque la cubierta del equipo.

### Características del foso



## SEGURIDAD OPERACIONAL Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Se recomienda leer atentamente estas instrucciones antes de llevar a cabo cualquier operación con la máquina. Conserve este manual, a fin de facilitar su consulta de parte de los operadores.

- Durante la secuencia medición de potencia, por favor recuerde que nadie permanezca cerca de los rodillos. Si es posible, asegure la zona de prueba mediante barandillas y marcas de color amarillo.
- Previamente a la secuencia de la prueba, es importante asegurarse que la motocicleta se encuentre bien sujeta a la máquina, mediante las correas en la parte trasera y la prensa rueda en la parte delantera.
- Si el dinamómetro está instalado en la zona de tráfico del taller o en una zona accesible al público, es importante cubrir el banco de pruebas con las tapas o protegerlo mediante barandillas si no está en uso.
- No hacer ajustes en el equipo con los rodillos inerciales girando.
- Ubicar el dinamómetro en un lugar ventilado, para evitar la acumulación de gases producto de la combustión.

## RIESGOS

### Atención



El equipo utilizado para trabajos de ambiente automotor implica riesgos que pueden llevar a graves heridas, enfermedades e incluso la muerte. Favor preste atención a los procedimientos sugeridos y tome las precauciones necesarias en cuanto a seguridad industrial y manejo de sistemas informáticos. Utilice gafas, guantes, botas y demás dotación adecuada para cada lugar y labor.

Procedimientos inadecuados en la operación de los equipos pueden llevar a un deterioro prematuro o daños.

## Riesgo de explosión



El ambiente de trabajo automotor puede tener presentes elementos combustibles como gasolina, grasas, gas metano, etc. Que pueden causar un incendio o una explosión. Algunos equipos utilizan aire comprimido, bombas hidráulicas y sistemas de alta presión que pueden causar explosiones.

Evite en lo posible fuentes de ignición y mantenga seguro los tanques y mangueras que puedan contener o generar presión. El empleo de personal no calificado para labores de mantenimiento u operación de maquinaria o motocicletas puede generar accidentes.

## Riesgos mecánicos



Las motocicletas tienen piezas rotativas que pueden accionarse aun con el motor apagado, una moto accidentalmente en movimiento puede aplastar a un operario o causar daños en la maquinaria. La maquinaria puede tener piezas rotativas o de fuerza capaces de causar serias heridas o la muerte. Existe el riesgo de aplastamiento. La maquinaria puede tener la fuerza necesaria para dañar objetos o piezas de la motocicleta si no son usados de forma adecuada o para los propósitos establecidos.

## Riesgos de gases tóxicos



Las emisiones gaseosas generadas por las motocicletas pueden contener elementos incoloros e inodoros altamente tóxicos, trabaje en sitios con la suficiente ventilación para evitar intoxicación. Algunos subproductos y desechos como aceites pueden tener materiales altamente tóxicos. Algunos equipos utilizan aceites, celdas electroquímicas, filtros, entre otros, cuyos contenidos pueden ser tóxicos.

## Riesgos de quemaduras y corrosión



Las motocicletas pueden tener partes calientes que pueden causar serias quemaduras. Algunos fluidos pueden tener naturaleza corrosiva.

Algunos filtros y piezas de equipos pueden contener elementos que contengan materiales corrosivos o cáusticos como baterías y celdas electromagnéticas.

## Riesgos de nivel alto sonoro



Durante las pruebas es posible obtener valores sonoros que puedan causar daños permanentes acumulativos. El sonido en los motores de las motocicletas pueden causar molestias y deterioro de la calidad auditiva y ambiente de trabajo.

## Riesgos de choque eléctrico








Las motocicletas contienen sistemas eléctricos de alta tensión capaces de causar heridas y hasta la muerte. Un elemento crítico es la bujía y el cableado que esta lleva ligado, los niveles de tensión o voltaje generados durante la operación del motor de combustión interna son altos y requiere cuidado a la hora de instalar el sensor de rpm del motor.

## ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

El uso adecuado de los elementos de protección permitirá garantizar la seguridad de la operación y la integridad tanto del personal como de la maquina en sí.

Para los riesgos anteriormente presentados se recomienda el uso de los siguientes elementos de protección.

La ausencia de por lo menos uno de estos elementos dará cabida a la ocurrencia de algunos accidentes potenciales.

Gafas	
Botas de seguridad	
Protector auditivo	
Guantes de cuero	
Mascara para gases	

## ELEMENTOS AUXILIARES

No menos importante es la protección de los equipos durante la prueba, haciendo necesario también contar con accesorios auxiliares para la prueba. Ver Tabla x.

Extintor	
Correas de sujeción	
Prensa rueda	
Ventilador para motocicleta	
Señalización adecuada del área de trabajo	

## MANTENIMIENTO DEL DINAMÓMETRO

Con el respeto y seguimiento de estas instrucciones podrá obtenerse un desarrollo adecuado del proceso mantenimiento y con ello poder garantizar que la máquina esté en condiciones óptimas para su funcionamiento. Además se entrega información de los implementos y herramientas que se deben utilizar en el correspondiente mantenimiento.

Leer atentamente las instrucciones de este manual antes de realizar el mantenimiento del equipo.

### Condiciones generales

- ✓ Asegurar que se cuenta con la herramienta e insumos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento
- ✓ Al realizar la actividad de mantenimiento se debe llevar un registro para anexarlas a las bitácoras de mantenimiento u hojas de vida del equipo.

- ✓ Al momento de terminar el mantenimiento se deben realizar una prueba de funcionamiento.

### **Condiciones de seguridad**

- ✓ Se debe utilizar los elementos de protección personal (gafas, guantes, botas de seguridad)
- ✓ Nunca realice actividades para las cuales no haya sido autorizado
- ✓ Ubique la señalización adecuada del área de la máquina, especialmente durante el mantenimiento, para evitar que alguna persona se tropiece o caiga.

### **Recursos, elementos e insumo utilizados**

- Aspiradora
- Brocha
- Bayetilla
- Desengrasante (varsol)
- Juego de llaves hallen o brístol 6 a 12 mm
- Juego de llaves combinadas de 8 - 25 mm.
- Juego de copas 10-25 mm.
- Engrasadora (inyector de grasa)
- Bayetilla y estopa.

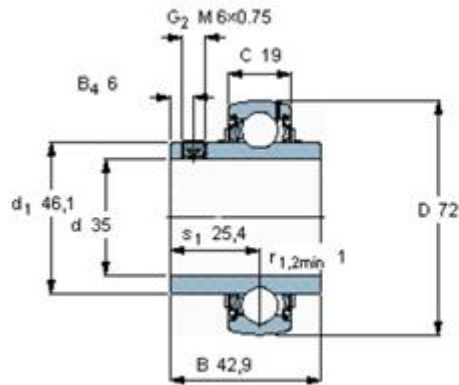
### **Condiciones de trabajo nominales**

En promedio la maquina se usará aproximadamente 6 veces por hora y permanecerá funcionando durante 2 minutos máximo, es decir que en promedio funcionara 12 minutos por cada hora, tomando con referencia que se someterá a 10 horas de trabajo fluctuante, el dinamómetro funcionara por un tiempo de 2 horas consecutivos al día. Tanto los rodamientos como las demás piezas se someterán a esta carga intermitente.

La maquia estará sometida a condiciones ambientes, en un lugar que tiene una temperatura promedio de 30° C, se espera que por fricción de los cojinetes en funcionamiento la temperatura exterior máxima de 55°, además el lugar presenta índices de contaminación por partículas extrañas (polvo) relativamente altas, y puede presentar humedad exterior excesiva.

## Elementos propensos a fallar

### Rodamientos

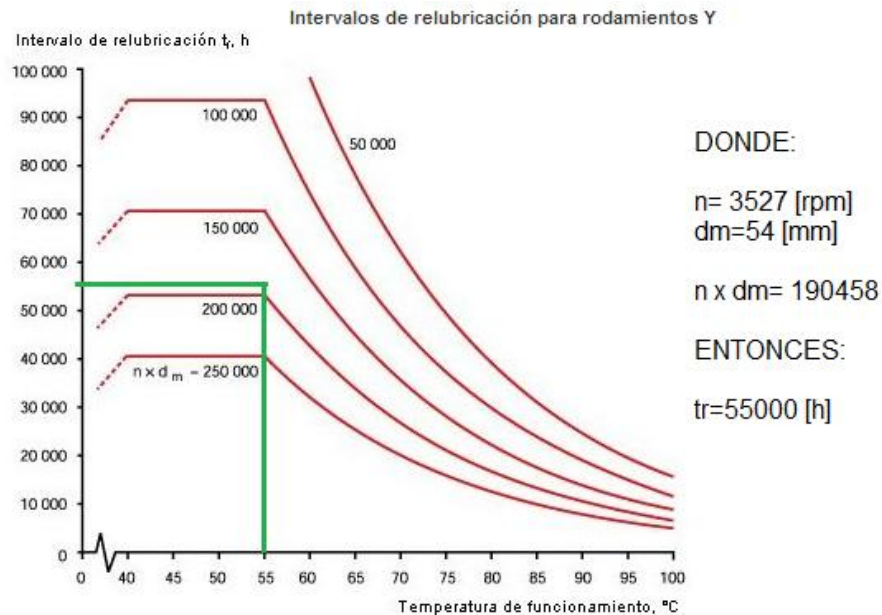


Debido a la naturaleza de la carga a la que se somete la máquina y los elementos que las componen, las partes que fallaran con más frecuencia si no se someten a un mantenimiento adecuado serán los elementos rodantes (chumaceras, rodamientos y el sistema de transmisión por banda sincrónica). Los rodamientos estarán sometidos a cargas oscilantes y vibraciones altas debido a la naturaleza de la prueba a la cual se someten.

Los rodamientos a mantener son rodamientos de pedestal los cuales requieren lubricación, con grasa, su referencia es YAR-207-2F.

La vida de este rodamiento se estima en 383 horas, y la lubricación para la unidad de rodamiento de este tipo no se considera, ya que otros elementos fallarán antes que la lubricación, es decir la lubricación tiene mayor vida que el rodamiento.

Esto se puede observar en la figura x del fabricante SKF, donde se calculan los intervalos de re lubricación.



Como se observa se recomienda re lubricar a las 55000 horas, pero ya se sabe que el rodamiento fallará antes aproximadamente a las 383 horas es decir no requiere re lubricación.

No obstante se recomienda lubricar la parte externa de la unidad de rodamiento, en contacto con el soporte, pues allí existe una rotula que permite alinear el rodamiento y adsorber esfuerzos generados por pequeños desplazamientos del eje. Esta tarea se puede realizar gracias a la grasera ubicada en la estructura del rodamiento.

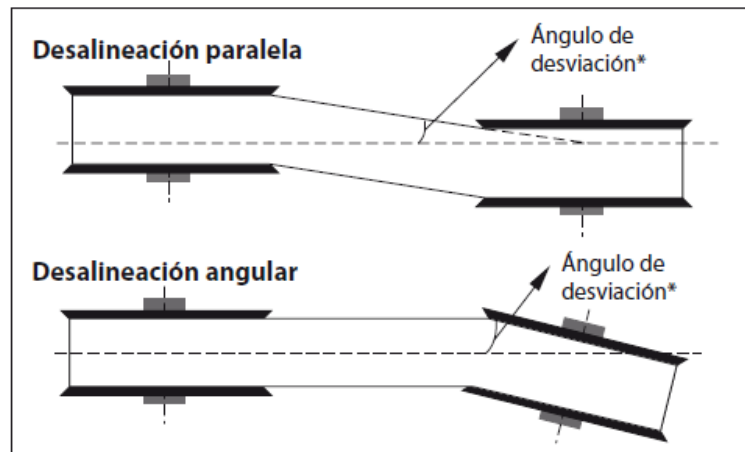
### Trasmisión sincrónica

La trasmisión es un conjunto compuesto por una correa y dos poleas dentadas, su mantenimiento se basa en mantener limpia el área de trabajo, para evitar la deposición de polvo o partículas que entren en contacto con estos componentes, además es indispensable aislar cualquier tipo de grasa, combustible, o disolvente fuera de su superficie.

El componente crítico de este sistema de trasmisión es la correa y puede presentar elongaciones o deformaciones en su estructura si llegara a entrar en contacto con combustibles o disolventes. Una ventaja de este diseño

seleccionado, es que la forma del diente de la transmisión es sinusoidal y no cuadrada, dándole suavidad al movimiento y alargando la vida de las partes.

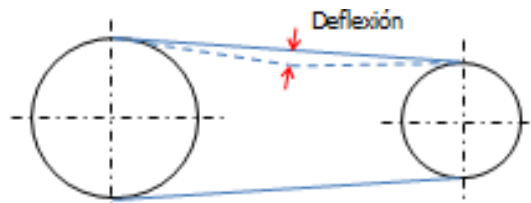
Por otro lado se debe tener en cuenta la alineación de las poleas, si estas están desalineadas ocasionará un desgaste prematuro en la correa.



Para el dinamómetro que la distancia entre centros es de 408 mm, realizando el cálculo en la anterior tabla se encuentra que el máximo desalineamiento paralelo permitido es de 2,04 mm y el máximo desalineamiento angular permitido es de 0,204° es decir que cada vez que se intervenga este sistema se debe dejar dentro de estos márgenes máximos de desalineamiento.

Desviación máx. de alineación de poleas	Para cada 500 mm de distancia entre ejes	
	(°)	(mm)
Correas trapezoidales	1/2	5
Polyflex®	1/4	2,5
Micro-V®	1/4	2,5
Correas síncronas	1/4	2,5

La tensión en la correa es otro aspecto que se debe cuidar y según el fabricante debe ser tal que la deflexión de sus tramos rectos sea 0,4 mm por cada 25 mm de distancia entre centros. Es decir que como la distancia entre centros es 408 mm, el juego recomendado es 6,5 mm.

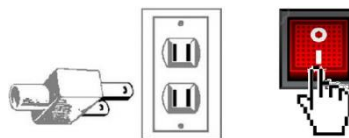


El almacenamiento de las correas también influye en la vida de las mismas, se recomienda almacenarla de forma que los radios de giro al enrollarla no sean demasiado pequeños, se puede usar separadores de cartón, además es recomienda temperaturas de almacenamiento entre los 5 y los 30 °C, y humedad relativa menor al 70%.

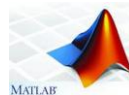
#### MANUAL DE OPERACIÓN DINAMÓMETRO

El dinamómetro está diseñado para una operación amigable con el usuario basado en rutinas de secuencias lógicas, y los pasos de su operación se explican a continuación.

**a)** Conectar y encender la tarjeta electrónica.



**b)** Abrir el programa Matlab.



**c)** Ejecutar el software aplicativo Guide de Matlab.



**d)** Digitar los datos de la motocicleta (placa, marca, línea y cilindraje).

DATOS DEL VEHICULO			
JEN70C	YAMAHA	FZ16 FAZER	153

**e)** Buscar con el fabricante de la motocicleta la potencia nominal del motor y digitarla en el recuadro “POTENCIA EN MOTOR”.

POTENCIA EN MOTOR	
13.8	HP

**f)** Garantizar que el dinamómetro se encuentre libre de obstáculos, y limpio.

**g)** Ubicar la motocicleta de forma alineada y centrada frente al dinamómetro.



**h)** Colocar la rueda delantera de la motocicleta en la báscula, y luego oprimir el botón “ PESO DEL EJE DELANTERO”



PESO DEL VEHICULO	PESO EJE DELANTERO	PESO EJE TRASERO	PESO TOTAL
PESO DEL EJE DELANTERO	74 Kg	PESO DEL EJE TRASERO	73 Kg
			147 Kg

- i) Colocar la rueda trasera de la motocicleta en la báscula, y luego oprimir el botón “PESO DEL EJE TRASERO”

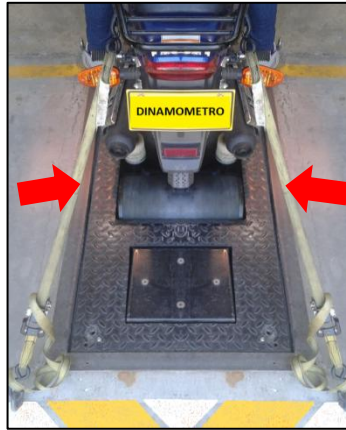


PESO DEL VEHICULO	PESO EJE DELANTERO	PESO EJE TRASERO	PESO TOTAL
PESO DEL EJE DELANTERO	74 Kg	PESO DEL EJE TRASERO	73 Kg
			147 Kg

- j) Mover la motocicleta hacia delante de manera que la rueda delantera quede encajada en la prensa-rueda, y la rueda trasera en los rodillos inerciales.



- k) Sujetar la motocicleta con dos tirantes de seguridad laterales en la parte trasera de la misma, y en la parte delantera sujetarla con una cinta de seguridad.



- l) Situar la pinza inductiva para captar las rpm del motor, esta va ubicada sobre en cable de la bujía que va al motor. ¡PRECAUCION! Realice esta operación únicamente cuando el motor se encuentre apagado para evitar choques eléctricos.



- m) Adquirir las condiciones ambientales en el momento de la prueba, oprimiendo el botón.

CONDICIONES AMBIENTALES				
	TEMPERATURA AMBIENTE	HUMEDAD RELATIVA	PRESION BAROMETRICA	FACTOR PARA CORRECCION DE POTENCIA
CONDICIONES AMBIENTALES	31 °C	54 %	92.5 KPa	1.11

- n) Ubique los ventiladores de manera que el flujo de aire este direccionado hacia el motor de la motocicleta.



- o) Una vez que se garantice que la motocicleta está bien sujeta y la prueba esté en condiciones aceptables de seguridad, se procede a realizar la medición de potencia. Solo se requiere introducir el tiempo estimado de duración de la prueba en segundos en el recuadro “DURACION DE LA PRUEBA”.

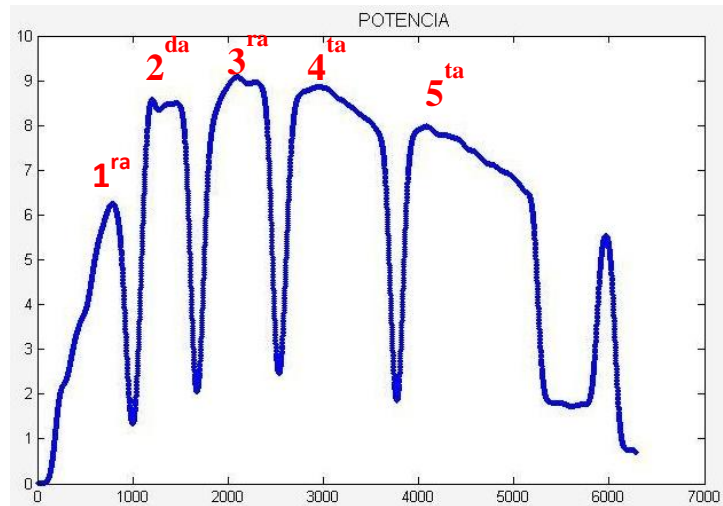
DURACION DE LA PRUEBA

35 Seg.

- p) Ejecutar el botón “INICIAR PRUEBA” y de manera simultánea se debe acelerar la motocicleta en primera marcha a fondo y luego continuar con las demás marchas hasta que se finalicen, durante este proceso de aceleración de la motocicleta se debe observar que los ventiladores se encienden automáticamente y permanecen así durante toda la prueba.

INICIAR PRUEBA

- q) Sigue el análisis de resultados, esto consiste en visualizar el comportamiento de la potencia en la motocicleta en todas las marchas.
- r) Adicionalmente se entregan datos como las rpm a las cuales se alcanzó la potencia máxima, relación peso/potencia, potencia perdida y la velocidad final o máxima de la motocicleta en el dinamómetro. Ver figura xx.



s) En la parte inferior del software se encuentra ubicado el botón “CLEAR” el cual clarea los todos los datos y alista el sistema para una nueva prueba. También existe un panel dedicado a los ventiladores encargados de refrigerar la motocicleta, allí se puede encender o apagar los ventiladores de forma manual.


**Figura xx.** Botones de clarear datos y control de ventiladores.



**Fuente:** Autores

t) A continuación se muestra la interfaz del usuario, con los datos completos de la prueba.

## ANEXO Z: INCERTIDUMBRE DE MEDICION

	<b>CORPORACIÓN METROLOGÍA Y CALIDAD</b> <b>INSTRUCTIVO INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN</b> <b>CDA - Centro de Diagnóstico Automotor</b>	101 V-0 Página 1 de 1
---	---	-----------------------------

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

El cálculo de la incertidumbre del resultado de una medición tiene por objetivo determinar los límites dentro de los cuales se espera que debe encontrarse el valor verdadero de la magnitud medida. El intervalo definido por estos límites es la incertidumbre de la medición.


El presente procedimiento presenta la forma como es calculada la incertidumbre de medición, cuando el proceso así lo requiere.

Para él calculo la incertidumbre es necesario evaluar los posibles factores (razonablemente esperados), que inciden en ella, como por ejemplo la incertidumbre asociada a los patrones y la variación de la indicación de los instrumentos.

La incertidumbre asociada a los equipos patrones y la incertidumbre asociada con la lectura de los instrumentos (repetibilidad).

Una vez realizada la medición en un punto de chequeo es necesario calcular el promedio, la desviación estándar experimental y la incertidumbre del valor promedio. Para ello se deben usar las siguientes ecuaciones:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad u(\bar{x}) = \frac{S(x_i)}{\sqrt{n}}$$

	<b>CORPORACIÓN METROLOGÍA Y CALIDAD</b> <b>INSTRUCTIVO INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN</b> <b>CDA - Centro de Diagnóstico Automotor</b>	101 V- 0 Página 2 de 2
---	---	------------------------------

Donde  $\bar{x}$  es la media de las mediciones realizadas, n el número de mediciones,  $X_i$  el resultado de la medición  $i$ ,  $S(X_i)$  la desviación estándar experimental y  $u(x)$  la incertidumbre del valor promedio (incertidumbre tipo A).

Posteriormente se debe calcular la incertidumbre asociada al patrón la cual se calcula con base a los límites de error dados en las especificaciones : C (incertidumbre tipo B).

$$u(\text{patrón}) = \frac{C}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre por la resolución del equipo donde se realiza la lectura

$$u(\text{resolución}) = \frac{d/2}{\sqrt{3}}$$

Con las incertidumbres anteriores se calcula la incertidumbre estándar combinada de la siguiente manera:

$$u_c = \sqrt{(u(x))^2 + (u(\text{patrón}))^2 + (u(\text{resolución}))^2}$$

Normalmente es expresada la incertidumbre expandida con un nivel de confianza del 95% con  $K=2$

$$U_{exp} = k U_c$$