



**POSGRADO INTERINSTITUCIONAL DE CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA**

---

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA  
CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN  
LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHÍCULAR.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
EN LA ESPECIALIDAD DE METROLOGÍA**

PRESENTA

**Ing. Omar Corro Fuentes**

DIRIGIDA POR EL

**Dr. Luis del Llano Vizcaya**

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO., OCTUBRE 2017



CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Director de Posgrado**  
PICYT – CIDESI  
Querétaro

Los abajo firmantes, miembros del Comité Tutorial del alumno **Omar Corro Fuentes**, una vez leída y revisada la Tesis titulada “**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHÍCULAR.**”, aceptamos que la referida tesis revisada y corregida sea presentada por el alumno para aspirar al grado de **Maestría en Ciencia y Tecnología** en la opción terminal de **Metrología** durante el Examen de Grado correspondiente.

Y para que así conste firmo la presente a los 9 días del mes de Octubre del año dos mil diecisiete.

**Dr. Luis del Llano Vizcaya**  
Tutor Académico



CIENCIA Y TECNOLOGÍA

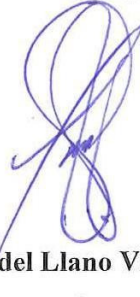
**Director de Posgrado**  
PICYT – CIDESI  
Querétaro

Los abajo firmantes, miembros del Jurado del Examen de Grado del alumno **Omar Corro Fuentes**, una vez leída y revisada la Tesis titulada “**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHÍCULAR.**”, aceptamos que la referida tesis revisada y corregida sea presentada por el alumno para aspirar al grado de **Maestría en Ciencia y Tecnología** en la opción terminal de **Metrología** durante el Examen de Grado correspondiente.

Y para que así conste firmamos la presente a los 9 días del mes de Octubre del año dos mil diecisiete.

  
**Dr. José Luis Sánchez Gaytán**  
Presidente

  
**M.C. Mario Dagoberto Díaz Orgaz**  
Secretario

  
**Dr. Luis del Llano Vizcaya**  
Vocal

## AGRADECIMIENTOS

Desde luego que al primero que le tengo que agradecer es a Dios por que desde el primer segundo de mi existencia hasta el día de hoy me ha rodeado de gente maravillosa y talentosa que no solamente me ha servido de inspiración, sino también de apoyo en esos momento difíciles y felices, gracias Dios.

Te amo Erika, gracias por compartir tú vida, espacio, amor, proyecto de vida y estar a mi lado en todo momento. El espacio para agradecerte es pequeño para expresarte todo lo que te amo, admiro y respeto. Gracias totales mi amor.

A mi Omarcito, por estar con nosotros y pidiéndole a Dios que nos acompañe, algún día te volveré a ver y a abrazar, te amo mi pequeño, nunca te olvidare.

Fernando, Mario, Luis, Alfredo, Víctor, Enrique y Gerardo por creer en que si se podía hacer este proyecto, darme su apoyo y sobre todo su confianza y por trabajar tan duro para llegar a vender hasta este momento 5 equipos, programar, medir, calibrar, calcular, realizar el método, una tesis y hacer algo por México. Gracias equipo, muchas gracias.

A Evelia y Abraham, mis amados papás, que desde pequeño me enseñaron que el esfuerzo, el trabajo duro y la perseverancia siempre dan frutos y que no importa que ocurra ni la edad que tenga, siempre me han recibido entre sus brazos llenos de amor.

A mi Karolita porque desde el día que naciste eres la luz de todos mis días mi ejemplo de seguir adelante y por llenar mi rostro de felicidad cada vez que sonrías y me miras con esos hermosos ojitos te amo Tatu.

Liz, Chucho y Yayo, gracias hermanos por compartir tantas cosas conmigo y su apoyo siempre incondicional, su cariño para mi familia.



## RESUMEN

La contaminación del medio ambiente es un tema que se ha tratado por más de 20 años en la República Mexicana, uno de los primeros intentos por contener los efectos invernadero han sido los programas de control de circulación de vehículos que funcionan por medio del monitoreo del consumo de hidrocarburos, medida que hasta el momento no ha sido del todo eficiente, ya que en lugar de controlar la circulación de estos, se generó el consumo de más vehículos, incluso se han construido segundos pisos y vialidades más amplias y largas para poder ofrecer movilidad a los usuarios en lugar de privilegiar el uso de un transporte público eficiente, que hasta el día de hoy está lejos de serlo y esto no solo en la Ciudad de México, sino también en varias ciudades del país.

La contaminación generada por los vehículos automotores no es un mito sino todo lo contrario es una realidad tan palpable que estudios recientes demuestran que el crecimiento del parque vehicular tan solo en la Ciudad de México creció en solamente 22 años (de 1990 al 2012) de casi tres millones a más de cinco millones de autos, y siendo estos los que contribuyen con el 99% de monóxido de carbono (CO).

Normatividad vigente de la NOM-047-SEMARNAT-2014 y la NOM-167-SEMARNAT-2017, han venido a presentar nuevos valores de tolerancia para la contaminación de los vehículos, dando clasificaciones dependiendo de su capacidad de desplazamiento (número de cilindros) y tamaños respecto a su peso bruto vehicular, utilizando equipos de detección de emisiones y otros medios auxiliares como los dinamómetros para poder emular la carga en el camino de cada tipo de auto.

Y es precisamente en el tema de los dinamómetros en el que, en este trabajo se presentarán los fundamentos, requerimientos, técnicas y medios para poder realizar la calibración de dinamómetros que se utilizan en los Centros de Verificación Vehicular.

## ÍNDICE GENERAL.

|   |      |
|---|------|
| AGRADECIMIENTOS .....   | I    |
| RESUMEN.....  | II   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | VIII |
| ÍNDICE DE IMÁGENES.....   | IX   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | XII  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.</b> .....   | 1    |
| 1.1. ANTECEDENTES. ....   | 2    |
| 1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....   | 4    |
| 1.3. ¿QUÉ VAMOS A CALIBRAR?.....  | 4    |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN.....   | 6    |
| 1.5. HIPÓTESIS. ....  | 6    |
| 1.6. OBJETIVOS.....   | 6    |
| 1.6.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 7    |
| 1.7. METODOLOGÍA. ....  | 7    |
| <b>2. MARCO TEÓRICO.</b> .....  | 8    |
| 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DINAMÓMETROS.....                                 | 9    |
| 2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO. ....  | 10   |
| 2.2.1. DINAMÓMETRO DE RESORTE. ....   | 10   |
| 2.2.2. DINAMÓMETRO DE CARÁTULA. ....  | 10   |
| 2.2.3. DINAMÓMETRO DIGITAL.....   | 11   |
| 2.2.4. MÁQUINAS DE ENSAYOS.....   | 11   |
| 2.2.5. DINAMÓMETRO UTILIZADOS EN AUTOMOTORES.....                             | 11   |
| 2.3. PARTES PRINCIPALES DE UN DINAMÓMETRO. ....                               | 12   |
| <b>3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.</b> .....                                      | 13   |
| 3.1. DISEÑO DE PROTOTIPO FUNCIONAL. ....                                      | 13   |
| 3.2. DETERMINACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO PARA LA DETERMINACIÓN DE POTENCIA....  | 14   |
| 3.2.1. DEFINICIONES. ....   | 16   |
| 3.2.2. MODELO FÍSICO.....   | 16   |
| 3.2.3. DETERMINACIÓN DEL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN DE PAR TORSIONAL (T)..... | 17   |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.2.3.1 | CELDA DE FUERZA.....   | 17 |
| 3.2.3.2 | MEDICIÓN DEL BRAZO DE PALANCA. ....  | 18 |
| 3.2.4.  | DETERMINACIÓN DEL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR Y TANGENCIAL ( $\omega, v$ )..... | 19 |
| 3.2.4.1 | DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR Y LINEAL. ....   | 19 |
| 3.2.4.2 | MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR. ....   | 20 |
| 3.2.4.3 | MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE RODILLO. ....   | 21 |
| 3.2.5.  | DETERMINACIÓN DEL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN DE LA POTENCIA ( $W$ ).....                               | 22 |
| 3.3.    | ESTIMACIÓN DEL MODELO DE INCERTIDUMBRE. ....   | 22 |
| 3.3.1.  | IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE.....  | 23 |
| 3.3.2.  | DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR. ....   | 25 |
| 3.3.3.  | COMBINACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES DE MEDIDA.....   | 26 |
| 3.3.4.  | COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD.....  | 26 |
| 3.3.4.2 | COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $\omega_r$ . ....                       | 27 |
| 3.3.4.3 | COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $v_R$ . ....                            | 27 |
| 3.3.4.4 | COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $T$ . ....                              | 28 |
| 3.3.4.5 | COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $W$ . ....                              | 28 |
| 3.3.5.  | LEY DE PROPAGACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA.....  | 29 |
| 3.3.6.  | ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRES COMBINADAS DE LAS MAGNITUDES DE ENTRADA. ....                             | 29 |
| 3.3.6.1 | PARA LA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO ( $\omega_R$ ).....  | 30 |
| 3.3.6.2 | PARA LA VELOCIDAD LINEAL DEL RODILLO ( $v_R$ ). ....   | 30 |
| 3.3.6.3 | PARA EL PAR TORSIONAL ( $T$ ). ....  | 30 |
| 3.3.6.4 | PARA LA POTENCIA ( $W$ ).....  | 30 |
| 3.3.7.  | INCERTIDUMBRE COMBINADA. ....  | 31 |
| 3.3.7.1 | PARA LA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO ( $\omega_R$ ). ....   | 31 |
| 3.3.7.2 | PARA LA VELOCIDAD LINEAL DEL RODILLO ( $v_R$ ). ....   | 31 |
| 3.3.7.3 | PARA EL PAR TORSIONAL ( $T$ ). ....  | 31 |
| 3.3.7.4 | PARA LA POTENCIA ( $W$ ).....  | 32 |
| 3.3.8.  | CORRELACIÓN.....   | 32 |
| 3.3.9.  | INCERTIDUMBRE EXPANDIDA. ....  | 32 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 3.3.9.1  | PARA LA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO $\omega_R$ .....                             | 32 |
| 3.3.9.2  | PARA LA VELOCIDAD LINEAL DEL RODILLO $v_R$ .....                                   | 32 |
| 3.3.9.3  | PARA EL PAR TORSIONAL ( <b>T</b> ). .....  | 32 |
| 3.3.9.4  | PARA LA POTENCIA ( <b>W</b> ). .....   | 33 |
| 3.3.10.  | APORTACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE. ....                            | 33 |
| 3.4.     | DISEÑO DE SOFTWARE. ....   | 34 |
| 3.4.1.   | DETERMINACIÓN DE CONSTANTES. ....  | 36 |
| 3.4.2.   | DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A REPORTAR. ....                                       | 37 |
| 3.4.3.   | DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE MUESTRAS.....   | 38 |
| 3.4.4.   | DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE MUESTREO.....  | 38 |
| 3.4.5.   | FORMATO DE GUARDADO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN. ....                         | 38 |
| 3.4.6.   | CANDADOS DE SEGURIDAD DEL SOFTWARE. ....   | 38 |
| 3.5.     | METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN.....  | 39 |
| 3.5.1.   | LAZOS DE MEDICIÓN DEL DINAMÓMETRO.....   | 39 |
| 3.5.2.   | CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE POTENCIA.....  | 40 |
| 3.5.2.1  | PARA LA CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE FUERZA. ....                                    | 40 |
| 3.5.2.2  | MEDICIÓN DEL BRAZO DE PALANCA. ....  | 43 |
| 3.5.3.   | CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE VELOCIDAD..... | 43 |
| 3.5.3.1. | MEDICIÓN DEL RADIO DEL RODILLO MOTRIZ.....   | 44 |
| 3.5.3.2  | MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR. ....   | 45 |
| 3.6.     | CARGA DE DATOS EN EL SOFTWARE.....   | 46 |
| 3.6.1.   | EJECUCIÓN DEL SOFTWARE MUUK' BALAK'. ....  | 47 |
| 3.6.2.   | VENTANA DE AUTENTICACIÓN. ....   | 47 |
| 3.6.3.   | GENERACIÓN Y GUARDADO DE SESIÓN DE MEDICIÓN. ....                                  | 48 |
| 3.6.4.   | BÚSQUEDA DE SESIÓN. ....   | 49 |
| 3.6.5.   | CARGAR SESIÓN. ....  | 49 |
| 3.6.6.   | DATOS GENERALES.....   | 50 |
| 3.6.7.   | PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA CALIBRACIÓN DEL DINAMÓMETRO. ....                    | 51 |
| 3.6.7.1  | CELDA DE CARGA. ....   | 51 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.6.7.2   | RODILLOS Y BRAZO. ....                                    | 52        |
| 3.6.7.3   | TOLERANCIAS.....  | 53        |
| 3.6.7.4   | PARÁMETROS INTERNOS.....                                  | 53        |
| 3.6.7.5   | UNIDADES DE MEDIDA. ....                                  | 55        |
| 3.7.      | INSTRUMENTACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN. ....                 | 55        |
| 3.7.1.    | MALETÍN DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....                      | 55        |
| 3.7.2.    | CONEXIÓN DE LA CELDA DE CARGA DEL DINAMÓMETRO.....        | 56        |
| 3.7.3.    | SENSOR DE VELOCIDAD ANGULAR.....                          | 57        |
| 3.7.4.    | PARO DE EMERGENCIA. ....                                  | 57        |
| 3.7.5.    | ENTRADA DEL SENSOR DE VELOCIDAD ANGULAR.....              | 58        |
| 3.7.6.    | INTERRUPTOR DE FUNCIONAMIENTO. ....                       | 59        |
| 3.7.7.    | LÁMPARA DE ENCENDIDO.....                                 | 59        |
| 3.7.8.    | PUERTO DE COMUNICACIÓN USB.....                           | 60        |
| 3.7.9.    | ENTRADA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA. ....                   | 61        |
| 3.7.10.   | CONECTOR PARA CELDA PATRÓN. ....                          | 61        |
| 3.8.      | OBTENCIÓN DE CORRIDA DE DATOS. ....                       | 62        |
| 3.9.      | APORTACIÓN EN EL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN. ....            | 65        |
| 3.9.1.    | DISEÑO DEL MODELO NUMÉRICO.....                           | 65        |
| 3.9.2.    | ESTIMACIÓN DEL MODELO DE INCERTIDUMBRE.....               | 66        |
| 3.9.3.    | APORTACIÓN PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE. ....           | 66        |
| 3.9.4.    | METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN. ....                          | 67        |
| 3.10.     | APORTACIÓN EN LA INSTRUMENTACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN..... | 68        |
| <b>4.</b> | <b>EXPERIMENTACIÓN.....</b>                               | <b>69</b> |
| 4.1.      | PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN.....     | 69        |
| 4.1.1.    | CARÁTULA DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....              | 70        |
| 4.2.      | PRESENTACIÓN DE LAS TABLAS DE ERRORES. ....               | 72        |
| 4.3.      | PRESENTACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE COMPORTAMIENTO. ....      | 74        |
| 4.3.1.    | GRAFICA DE ERRORES DE LA POTENCIA AL FRENO.....           | 75        |
| 4.3.2.    | GRAFICA DE ERRORES DE LA VELOCIDAD LINEAL.....            | 77        |
| 4.4.      | APORTACIÓN EN LA EXPERIMENTACIÓN.....                     | 78        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSIONES. ....</b>                                 | <b>82</b> |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.1.      | CONCLUSIÓN DEBIDO AL SISTEMA DE CONTROL DEL DINAMÓMETRO (ROJO).  | 82        |
| 5.2.      | CONCLUSIÓN DEBIDO AL ESTADO FÍSICO DEL DINAMÓMETRO (AZUL).   | 83        |
| 5.3.      | CONCLUSIÓN DEBIDO AL HARDWARE Y SOFTWARE PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS (VERDE).  | 84        |
| 5.4.      | CONCLUSIÓN DEBIDO A LA ELABORACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS INSTALADOS EN LOS CVV.                                 | 85        |
| 5.5.      | CONCLUSIÓN DEBIDO A LA ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE ANALIZADORES ESPECÍFICOS PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS INSTALADOS EN LOS CVV. | 86        |
| 5.6.      | CONCLUSIÓN POR EL REGISTRO DE MARCA.   | 86        |
| 5.7.      | CONCLUSIÓN POR EL REGISTRO DE PATENTE.   | 86        |
| 5.8.      | CONCLUSIÓN POR LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.   | 86        |
| <b>6.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.</b>   | <b>87</b> |
| Anexo I.  |  | 89        |
| Anexo II. |  | 101       |

## ÍNDICE DE FIGURAS.

### MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3       | Método de investigación.....   | 14 |
| 3.1     | Figura 3.1 Diagrama a Bloques del Prototipo Funcional.....   | 14 |
| 3.2.1.1 | Figura 3.2 Representación del principio del Par Torsional.....   | 17 |
| 3.2.1.1 | Figura 3.3 Movimiento circular uniforme.....   | 17 |
| 3.3.1   | Figura 3.4 Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en la velocidad angular del rodillo..... | 24 |
| 3.3.1.  | Figura 3.5 Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en la velocidad lineal del rodillo.....  | 24 |
| 3.3.1   | Figura 3.6 Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en el par torsional.....                 | 25 |
| 3.3.1   | Figura 3.7 Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en potencia.....                         | 25 |
| 3.5.1   | Figura 3.8 Figura esquemática del dinamómetro.....   | 40 |
| 3.5.2.1 | Figura 3.9 Aplicación de las cargas en la posición de 0°.....  | 42 |
| 3.5.2.1 | Figura 3.10 Aplicación de las cargas en la posición de 120° y 240°.....  | 43 |
| 3.5.3.1 | Figura 3.11 Diámetro del rodillo.....  | 45 |
| 3.6     | Figura 3.12 Flujo de trabajo con la aplicación del sistema de medición.....  | 47 |
| 3.7.2   | Figura 3.13. Correspondencia de pines de entrada para la señal de la celda del dinamómetro.....                          | 58 |
| 3.7.5   | Figura 3.14 Correspondencia de pines de entrada para el tacómetro paralelo.....  | 60 |

### CONCLUSIONES.

|   |  |    |
|---|--|----|
| 5 | Figura 5.1 Identificación de los tres sistema..... | 83 |
|---|--|----|

## ÍNDICE DE IMÁGENES.

### ANTECEDENTES

|     |                                     |   |
|-----|-------------------------------------|---|
| 1.1 | Imagen 1. Nota periodística I.....  | 3 |
| 1.1 | Imagen 2. Nota periodística II..... | 4 |

### MARCO TEÓRICO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.1   | Imagen 3. Imagen del dinamómetro de resorte.....  | 8  |
| 2.2.1 | Imagen 4. Dinamómetros de la marca Kern 283 y 483.....  | 9  |
| 2.2.2 | Imagen 5. Correspondiente a un dinamómetro de la marca Chatillon modelo SS-TDS-2010 del catálogo AMETEK 2010..... | 10 |
| 2.2.3 | Imagen 6. Correspondiente a diferentes tipos de dinamómetros.....   | 10 |
| 2.2.4 | Imagen 7. Tipos de máquinas de ensayo.....  | 11 |
| 2.2.5 | Imagen 8. Dinamómetros utilizados en CVV.....   | 12 |
| 2.3   | Imagen 9. Partes de un dinamómetro.....   | 13 |

### MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.2     | Imagen 10. Partes mecánicas de los dinamómetros.....   | 15 |
| 3.2     | Imagen 11. Distintas interfaces del control de dinamómetros.....   | 16 |
| 3.2.2.1 | Imagen 12. Celdas de carga en dinamómetros .....   | 18 |
| 3.2.2.2 | Imagen 13. Brazo de palanca en dinamómetros.....   | 19 |
| 3.2.3.2 | Imagen 14. Rodillos de dinamómetros I.....   | 20 |
| 3.2.3.3 | Imagen 15. Rodillos de dinamómetros II.....  | 21 |
| 3.4     | Imagen 16. Partes del sistema de potencia.....   | 36 |
| 3.5.2   | Imagen 17. Partes del sistema de potencia.....   | 41 |
| 3.5.2.1 | Imagen 18. Instalación del arreglo de cargas para la calibración de la celda de fuerza.....                    | 42 |
| 3.5.2.1 | Imagen 19. Verificando el valor de SPAN.....   | 43 |
| 3.5.2.2 | Imagen 20. Imagen de los ejes de acción de la celda de fuerza y el eje de rotación del sistema de frenado..... | 44 |
| 3.5.3.1 | Imagen 21. Cinta PI.....   | 45 |
| 3.5.3.1 | Imagen 22. Rodillos del dinamómetro III.....   | 45 |
| 3.5.3.1 | Imagen 23. Calibradores de puntas especiales.....  | 45 |
| 3.5.3.1 | Imagen 24. Medición del diámetro de rodillo.....   | 45 |
| 3.5.3.2 | Imagen 25. Calibración del lazo de medición de velocidad angular .....   | 46 |
| 3.6.1   | Imagen 26. Icono de la aplicación.....   | 48 |
| 3.6.2   | Imagen 27. Ventana inicial de aplicación antes de validación de usuario.....                                   | 48 |
| 3.6.3   | Imagen 28. Casilla de la sesión y creación del archivo de sesión.....  | 49 |
| 3.6.3   | Imagen 29. Botón de guardado de la sección activa.....   | 49 |
| 3.6.4   | Imagen 30. Búsqueda de sesión.....   | 50 |
| 3.6.5   | Imagen 31. Cargar sesión.....  | 51 |
| 3.6.6   | Imagen 32. Inicio de sesión y habilitación de uso del software.....  | 51 |



|                        |   |    |
|------------------------|---|----|
| 3.6.7.1                | Imagen 33. Ejemplo de ingreso manual de valores de calibración de la celda de carga del dinamómetro.....  | 52 |
| 3.6.7.1                | Imagen 34. Regresión lineal correspondiente a la celda calibrada.....   | 53 |
| 3.6.7.2                | Imagen 35. Ventana de rodillo y brazo.....  | 53 |
| 3.6.7.3                | Imagen 36. Selección de las tolerancias según aplique para la prueba que se esté realizando con el sistema.....   | 54 |
| 3.6.7.4                | Imagen 37. Pantalla para cargar usuario y contraseña para acceso a ventana de Patrones internos.....  | 54 |
| 3.6.7.4                | Imagen 38. Pantalla para cargar los resultados de calibración del patrón de fuerza.....   | 55 |
| 3.6.7.4                | Imagen 39. Pantalla para cargar los resultados de calibración del patrón de medición de frecuencia.....   | 55 |
| 3.6.7.5                | Imagen 40. Pantalla para cargar las unidades de fuerza y de medición de la longitud del brazo de palanca y del diámetro del rodillo.....  | 56 |
| 3.7.1                  | Imagen 41. Maletín Muuk´ Balak´.....  | 57 |
| 3.7.2                  | Imagen 42. Cable para conexión de la celda IBC. Entrada para conexión de la celda IBC y conector del cable de adquisición.....  | 58 |
| 3.7.3                  | Imagen 43. Sensor de velocidad.....   | 59 |
| 3.7.4                  | Imagen 44. Botón de paro de emergencia.....   | 59 |
| 3.7.5                  | Imagen 45. Entrada para el sensor del tacómetro.....  | 60 |
| 3.7.6                  | Imagen 46. Selector de encendido/apagado del sistema.....   | 61 |
| 3.7.7                  | Imagen 47. Lámpara de estado del sistema.....   | 61 |
| 3.7.8                  | Imagen 48. Puerto USB tipo B para comunicación con la PC.....   | 62 |
| 3.7.9                  | Imagen 49. Entrada de alimentación eléctrica.....   | 62 |
| 3.7.10                 | Imagen 50. Interfaz de conexión de celda patrón.....  | 63 |
| 3.9.1                  | Imagen 51. Lectura de la potencia desarrollada de un dinamómetro sin considerar valores reales de distancia del brazo de palanca, diámetro del rodillo y comportamiento de la celda de carga.....                 | 66 |
| 3.9.1                  | Imagen 52. Lectura de la potencia desarrollada de un dinamómetro realizando correcciones de los valores reales de distancia del brazo de palanca, diámetro del rodillo y comportamiento de la celda de carga..... | 67 |
| <b>EXPERIMENTACIÓN</b> |   |    |
| 4.1                    | Imagen 53. Búsqueda de señales de entrada de la celda de carga y del tacómetro.....   | 70 |
| 4.1                    | Imagen 54. Primer intento de adquisición de señales.....  | 70 |
| 4.1                    | Imagen 55. Comparación de la medición de 3 sistemas al mismo tiempo.....  | 70 |
| 4.1                    | Imagen 56. Validación de adquisición de datos de 3 sistemas en un CVV....   | 70 |
| 4.1.1                  | Imagen 57. Carátula del certificado de calibración.....   | 71 |
| 4.1.1                  | Imagen 58. Observaciones del certificado de calibración.....  | 72 |
| 4.2                    | Imagen 59. Tabla de lecturas, errores e incertidumbre de calibración.....   | 73 |
| 4.3.1                  | Imagen 60. Gráfica de errores correspondientes a una potencia al freno de 3,5 BHP para una velocidad de 40 km/h.....  | 73 |
| 4.3.1                  | Imagen 61. Gráfica de errores correspondientes a una potencia al freno de 10 BHP para una velocidad de 24 km/h.....   | 77 |
| 4.3.2                  | Imagen 62. Gráfica de errores correspondientes a una velocidad de 40 km/h..   | 78 |
| 4.3.2                  | Imagen 63. Gráfica de errores correspondientes a una velocidad de 24 km/h..   | 79 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.4 | Imagen 64. Lecturas de los tres sistemas midiendo en paralelo.....   | 80 |
| 4.4 | Imagen 65. Resultado del estudio de Anova a la serie de datos de los tres sistemas.....  | 81 |
| 4.4 | Imagen 66. Los tres sistemas midiendo al mismo tiempo de manera independiente pero recibiendo la misma señal de la celda de carga y del tacómetro en el CVV y en las pruebas de laboratorio..... | 82 |

## ÍNDICE DE TABLAS.

### ANTECEDENTES

|       |   |   |
|-------|---|---|
| 1.1.  | Tabla 1. Porcentaje de contribución de diferentes tipos de vehículos..... | 3 |
| 1.2.1 | Tabla 2. Parámetros a considerar para la calibración de un dinamómetro..  | 5 |

### MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.3     | Tabla 3. Variables y sus unidades.....  | 24 |
| 3.3.2   | Tabla 4. Conversión a incertidumbres estándar para la velocidad angular del rodillo ( $\omega_R$ )..... | 27 |
| 3.3.2   | Tabla 5. Conversión a incertidumbres estándar para la velocidad lineal del rodillo ( $v_R$ ).....       | 27 |
| 3.3.2   | Tabla 6. Conversión a incertidumbres estándar para el par torsional (T).....                            | 28 |
| 3.3.2   | Tabla 7. Conversión a incertidumbres estándar para potencia (W).....                                    | 28 |
| 3.4     | Tabla 8. Partes del sistema de potencia.....  | 36 |
| 3.4.1   | Tabla 9. Variables y constantes para la determinación del par torsional (T) ..                          | 37 |
| 3.4.1   | Tabla 10. Variables y constantes para la determinación de la velocidad lineal (v).....                  | 37 |
| 3.4.1   | Tabla 11. Variables y constantes para la determinación de la velocidad angular ( $\omega$ ) .....       | 37 |
| 3.4.1   | Tabla 12. Variables y constantes para la determinación de la potencia (W)...                            | 38 |
| 3.5.1   | Tabla 13. Componentes de lazos de medición.....   | 41 |
| 3.5.3.2 | Tabla 14. Características metrológicas del sensor de velocidad angular.....                             | 46 |
| 3.7.1   | Tabla 15 Elementos que integran el panel frontal.....   | 57 |
| 3.7.10  | Tabla 16. Pines del puerto para celda patrón.....   | 63 |
| 3.8     | Tabla 17. Datos del patrón y del IBC.....   | 65 |

### Experimentación

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.2   | Tabla 18. Potencia (BHP) que se debe aplicar al vehículo en las pruebas visual de humos y PAS 5024..... | 71 |
| 4.3   | Tabla 19. Tolerancias de las velocidades lineales.....  | 72 |
| 4.3   | Tabla 20. Tolerancias de las potencias al freno.....  | 72 |
| 4.3.1 | Tabla 21. Resumen de lecturas de potencia la freno.....   | 73 |
| 4.3.1 | Tabla 22. Resumen de lecturas de potencia la freno.....   | 74 |
| 4.3.2 | Tabla 23. Resumen de lecturas de 40 km/h.....   | 75 |
| 4.3.2 | Tabla 24. Resumen de lecturas de 24 km/h.....   | 76 |

## 1. INTRODUCCIÓN.

El uso de los dinamómetros en los diferentes ámbitos de la industria, así como de los laboratorios de ensayos destructivos y desde luego de los equipos que se utilizan en específico en la industria automotriz para poder determinar potencia que son capaces de desarrollar los automóviles, los ruidos que emiten, la eficiencia de transmisiones y de los vehículos en general y no podemos dejar de lado el comparativo de la eficiencia de los motores vs la emisión de contaminantes que bajo los estándares mundiales deben de cumplir.

Tomando en cuenta este tópico, se desarrollará y se determinará los componentes de la calibración de dinamómetros que son utilizados en Centros de Verificación Vehicular (CVV) para poder realizar la llamada prueba dinámica que se emplea para la valoración de la cantidad y características de los gases de emisión.

Pero este tema no solo se limita a la calibración sino que también con los resultados que se obtengan de la calibración, el propietario del dinamómetro podrá ser capaz de ajustarlo y con ello optimizar el funcionamiento y rendimiento del dinamómetro.

## 1.1. ANTECEDENTES.

Desde la aparición del hombre en la tierra se tiene registros de que ya se realizaban mediciones, tomando como referencias condiciones físicas de personas, animales e incluso del mismo cielo, para poder medir condiciones tan cambiantes como el medio ambiente.

La Metrología, como ciencia de las mediciones, reviste fundamental y vital importancia en todas las áreas de la vida cotidiana en las que las mediciones, ya sean sensoriales, cualitativas o cuantitativas, sirvan para discernir sobre la calidad de bienes, servicios, productos o procesos.

Para el ser humano siempre ha sido importante poder conocer y establecer referencias que se puedan medir, por lo cual se fueron desarrollando ciertas consideraciones fijas o estándares para poder comparar las características importantes de lo que trataban de vender, intercambiar o incluso atesorar.

De lo anterior podemos entender el porqué del desarrollo de normas, reglamentos, especificaciones y controles se han desarrollado de manera tan específicas como generales, que son de gran ayuda para poder tomar decisiones, con respecto a una o varias características comunes de los diferentes servicios, productos y bienes con los que contamos hoy en día y que incluso dentro de un nuevo orden de pensamientos que nos ayuden a cuidar no solo características de calidad, durabilidad, etc. sino, también del cuidado del medio ambiente y de las personas en sí.

El ser humano ha desarrollado modernos hábitats en las ciudades y uno de los medios más socorridos para su traslados dentro de ellas, son los vehículos automotores que utilizan diferentes tipos de combustibles fósiles para poder desarrollar su movilidad, que a decir verdad de los combustibles alternos e incluso las nuevas tecnologías que incluyen las tecnologías eléctricas todavía no causan un impacto en la compra y uso de estos, principalmente por el costo que representa el poder adquirir alguno de estos vehículos.

La industria automotriz en una de las que desarrollan más normas, reglamento y desde luego instructivos de pruebas debido a la gran cantidad de partes que se utilizan para poder tener un mejor rendimiento en los vehículos, seguridad para los ocupantes, y desde luego emisión de ruidos y contaminantes y es precisamente en esta parte en donde las contribuciones de nuevos métodos de medición experimental tienen gran cabida para el mejoramiento continuo.

La comodidad y necesidad del uso de vehículos en las ciudades también ha traído una serie de complicaciones como la contaminación por ruido y por emisión de gases contaminantes y es en esta parte en donde el gobierno de la ciudad de México instauró el 20 de noviembre de 1989 como un programa opcional para la ciudadanía, pero en 1990 se determinó su permanencia y obligatoriedad, lo anterior obedeció a que los niveles máximos de emisiones contaminantes en la Ciudad de México se disparan en un 90% por arriba de lo permitido.

Tabla 1. Porcentaje de contribución de diferentes tipos de vehículos.

| Tipo de vehículo              | Número de vehículo |                  |           |       |
|-------------------------------|--------------------|------------------|-----------|-------|
|                               | Distrito Federal   | Estado de México | ZMVM      |       |
|                               |                    |                  | NUMERO    | %     |
| Autos particulares            | 1 545 595          | 795 136          | 2 341 731 | 71,81 |
| Taxis                         | 103 298            | 6 109            | 109 407   | 3,36  |
| Combis                        | 3 944              | 1 555            | 5 499     | 0,17  |
| Microbuses                    | 22 931             | 9 098            | 32 029    | 0,98  |
| Pick ups                      | 73 248             | 262 832          | 336 880   | 10,31 |
| Camiones de carga a gasolina  | -----              | -----            | 154 647   | 4,74  |
| Vehículos diesel <3 toneladas | -----              | -----            | 4 733     | 0,15  |
| Tractocamiones diesel         | -----              | -----            | 70 676    | 2,17  |
| Autobuses diesel              | 9 236              | 3 269            | 12 505    | 0,38  |
| Vehículos diesel =3 toneladas | 28 580             | 62 360           | 90 940    | 2,79  |
| Camionetas de carga a gas lp  | 29 968             | -----            | 29 968    | 0,92  |
| Motocicletas                  | 72 280             | 424              | 72 704    | 2,23  |
| Total                         | 2 118 096          | 1 142 823        | 3 260 919 | 100   |

De lo anterior el gobierno desarrolló los llamados Centros de Verificación vehicular, en donde se desarrolla una prueba llamada DINÁMICA, la cual se aplica por medio de un sistema electromecánico en el cual se coloca un Vehículo automotor sobre un par de rodillos, los cuales son capaces de poder medir la velocidad, fuerza y par torsional, para con ellos generar una Reacción al Freno (BHP, Breack Horse Power, por sus siglas en ingles).

Con este tema, el proponente tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema integral para la calibración de dinamómetros utilizados en los Centros de Verificación Vehicular.



<http://www.jornada.unam.mx/2016/04/27/sociedad/036n1soc>

Imagen 1. Nota periodística I.



<http://www.alcalorpolitico.com/informacion/sin-calibracion-a-verificentros-estos-pueden-incurrir-en-un-fraude-contra-automovilistas-197460.html#.V5JILvnhBhE>

*Imagen 2. Nota periodística II.*

## 1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

**No existe en la República Mexicana un medio ni método para la calibración dinámica de los dinamómetros utilizados en los Centros de Verificación Vehicular.**

Para poder dar cumplimiento a los métodos de verificación vehicular, se realizaron las adecuaciones de espacios y tecnologías para poder instalar y controlar un medio de reproducción de condiciones de camino, que permitiera medir las emisiones de gases contaminantes bajo estándares de velocidad y potencia al frenado o carga vehicula.

Estos medios tiene aproximadamente 20 años instalados en el México, pero hasta este 2016 se está aplicando categóricamente las normas NOM-047-SEMARNAT-2014 y NOM-167-SEMARNAT-2017 en las que se establecen puntos como:

## 1.3. ¿QUÉ VAMOS A CALIBRAR?

En la primera visita que se realizó a un Centro de Verificación Vehicular fue totalmente de definición del problema, ya que no se tenía mucha información más que en ese momento las autoridades de la SEMARNAT y la PROFEPA estaban clausurando dinamómetros por que no estaban calibrados en su actuar mecánico de acuerdo a lo descrito en la NOM-047-SEMARNAT-2014, prevé en sus numerales lo siguiente:



**Tabla 2.** Parámetros a considerar para la calibración de un dinamómetro.

| No.      | Tema   | Instrumento implicado  | Magnitud                                    |
|----------|--|--|---|
| 8.12     | Especificaciones del tacómetro.  | Tacómetro, de los cuales encontramos de tipo óptico. Presencial y de tipo encoder.   | Velocidad angular de los rodillos           |
| 8.13     | Ajuste por condiciones atmosféricas.   | Estación meteorológica, o termohigrobarómetro.   | Temperatura, humedad y presión barométrica. |
| 8.14.3.2 | Cada rodillo debe tener un diámetro de 21.082 centímetros (8.3 pulgadas) $\pm 0.762$ centímetros (0.3 pulgadas).   | Medición del diámetro del rodillo.   | Longitud.                                   |
| 8.14.3.8 | La temperatura de trabajo del dinamómetro no debe de exceder de los 90 grados Celsius.   | Termómetro   | Temperatura,                                |
| 8.16     | Calibración estática   | No aplica  | No aplica                                   |
| 8.16.1.2 | Para ello se utilizarán pesas de 68.4 kg (150 libras), auditadas cada año por un laboratorio aprobado y acreditado.  | Pesas o masas  | Masa.                                       |
| 8.16.2   | Calibración dinámica   | No aplica  | No aplica                                   |
| 8.16.2.3 | El instrumento debe de ser auditado cada seis meses por un laboratorio aprobado y acreditado conforme a la Ley Federal de Metrología y Normalización. Los valores de aprobación de la calibración estática y dinámica deben quedar registrados en la bitácora del instrumento. | No menciona: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Instrumentación.</li> <li>○ Parámetros a calibrar.</li> <li>○ Método de calibración.</li> <li>○ Especificaciones de tolerancias de los errores.</li> </ul> |   |

Como se puede observar en la **Tabla 2** las especificaciones de calibración no son claras y no toman en cuenta en ningún momento la potencia ( $W$ ) que debe de poder desarrollar el dinamómetro, incluso la velocidad lineal

Las principales causas que se presentan al utilizar los dinamómetros en las pruebas dinámicas:

Por los dinamómetros:

- Las diferentes marcas y tipos que se tienen en los dinamómetros ya instalados.
- Son equipos muy viejos y en muchos de los casos son equipos que ya habían sido utilizados en EU.
- El control eléctrico y electrónico ha sido cambiado y reparado varias veces.
- Combinaciones y remiendos de diferentes tecnologías de control y uso.
- El mal uso y cuidado dado a los equipos en general.

Por los vehículos a realizarles las pruebas:

- Las condiciones mecánicas.
- Las modificaciones o personalizaciones que se realizan.
- Las actualizaciones de las bases de datos.
- Compatibilidad de tecnologías del tipo OBD (On Board Diagnostics, por sus siglas en ingles).



Por los cambios en las reglamentaciones y normas:

- Las diferentes normas que hablan al respecto, NOM-047, NOM-167, Reglamentos de la ciudad de México, reglamentos de los estados y reglamentos del gobierno Federal por medio de la PROFEPA, SE, CENAM, SEMARNAT, etc.
- Métodos de uso, generación y fabricación de los OBD y OBD II.

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN.

Afortunadamente el CIDESI tiene un plan estratégico de desarrollo de proyectos desde hace 13 años, en los cuales se han desarrollado diferentes áreas y proyectos en las materias de programación y desarrollo de software, electrónica aplicada, metrología, control, y desde luego normalización, de lo cual se puede conjuntar un equipo que pudiera medir las características de la prueba dinámica de acuerdo a las normas NOM-047 y la NOM-167 en donde podemos observar que:

La velocidad a 24 km/h tiene una tolerancia de 2,4 km/h.

La velocidad a 40 km/h tiene una tolerancia de 4,0 km/h.

La potencia al freno (BHP)  $\leq 10$  BHP tiene una tolerancia de  $\pm 0,5$  BHP.

La potencia al freno (BHP)  $> 10$  BHP tiene una tolerancia de  $\pm 5\%$ .

En esta tesis se explicará sobre cómo establecer los parámetros de fuerza, par torsional, potencia la frenos, velocidad lineal y velocidad angular que debe de desarrollar un dinamómetro y la manera correcta de medirlos para poder tener un equipo confiable.

Es importante determinar que los parámetros de velocidad lineal y angular, de la fuerza, y la potencia al freno sean las correctas para el modelo y características de vehículo al cual se le aplique la prueba, para con ello podernos enfocar en las emisiones contaminantes que se generen y asegurar que la prueba se está corriendo realmente en un medio controla y estable.

#### 1.5. HIPÓTESIS.

**Es factible diseñar e implementar un sistema que permita realizar mediciones de velocidad lineal, par torsional, fuerza y potencia al freno en tiempo real en un dinamómetro instalado en los Centros de Verificación Vehicular que se utiliza para realizar la prueba dinámica.**

#### 1.6. OBJETIVOS.

## **Diseñar, implementar y construir un sistema de medición y calibración en paralelo para los dinamómetros utilizados en Centros de Verificación Vehicular (CVV).**

### 1.6.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a) Generar el procedimiento de calibración de los dinamómetros.
- b) Selección de la instrumentación mínima necesaria, para la adquisición de datos.
- c) Generación del modelo numérico para el manejo de datos.
- d) Generación del modelo de estimación de incertidumbre del sistema de medición y calibración.
- e) Programación para la adquisición, manejo y presentación de datos.

### 1.7. METODOLOGÍA.

Para el cumplimiento de este trabajo de tesis se desarrollaron las siguientes actividades:

- Identificación del problema y búsqueda de información.
  - Se realizó una investigación bibliográfica y de campo en el tema de los equipos e instrumentos utilizados en los verificentros para correr la prueba dinámica.
- Ordenamiento, adecuación y selección de la información.
  - Se estudiaron los diferentes tipos de dinamómetros instalados en los verificentros, para poder determinar la instrumentación utilizada.
  - En base a normas y requerimiento de fabricantes de dinamómetros, se tomaron las referencias que apliquen.
  - Con la información obtenida en los puntos anteriores se seleccionó el diseño instrumental a implementar.
  - Generación del modelo numérico para el manejo de datos.
- Desarrollo o diseño de experimentos.
  - En base a los datos obtenidos de las mediciones vehiculares, se seleccionará los diversos sensores y métodos de medición para obtener de manera confiable las señales eléctricas confiables para la adquisición de datos.
- Análisis de los resultados.
  - En base a lo construido, se realizaron Pruebas con diverso instrumental, para poder determinar el nivel en el que haya quedado cada una de las variables a controlar.
- Resumen y conclusiones.

- Teniendo establecidas las variables de influencia, procedimos al modelo numérico para el tratamiento de datos y estimación de incertidumbre para poder proceder a la programación y validación del modelo.

## **2. MARCO TEÓRICO.**

## 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS DINAMÓMETROS.

Para poder entender el ¿por qué? de los dinamómetros, primero expongamos algunas definiciones:

De la Real Academia Española se encuentra la definición:

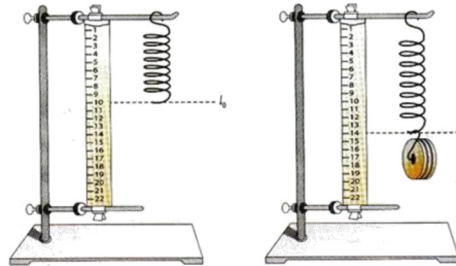
Dinamómetro:

Del gr. δύναμις *dýnamis* 'fuerza' y -'metro.

- m. Mec. Instrumento para medir fuerzas, basado en la deformación elástica de un muelle calibrado.
- Un dinamómetro es una herramienta que, a partir de los cambios en la elasticidad de un muelle con una determinada calibración, permite calcular el peso de un cuerpo o realizar la medición de una fuerza.

Y así podríamos definir que un dinamómetro es utilizado para medir una fuerza por medio de un elemento elástico del cual se conoce su comportamiento característico y este es relacionado a una escala de fuerza.

Este tipo de instrumento de medición lo desarrolló Isaac Newton (1643 – 1727) que utilizando las características establecidas por Robert Hooke al experimentar con la elasticidad de algunos materiales, de donde se generaron las tablas de elasticidad de los materiales y a esta característica, se le conoce hoy en día como “coeficiente de restitución elástico” dando paso a los resortes. Newton utilizando estas tablas y dando estímulos con masas conocida pudo crear las unidades de fuerza que relacionan la masa con la aceleración de la gravedad y de allí tenemos hoy en día la unidad de fuerza conocida como Newton (N).



*Imagen 3. Imagen del dinamómetro de resorte.*

En este punto es oportuno el poder entender algunos términos que utilizaremos y que en algún momento podría generar algún tipo de confusión.

Masa: se define como la cantidad de materia contenida en un cuerpo y sus unidades de acuerdo al Sistema General de Unidades de Medida (NOM-008-SCFI-2002) es kg.

Peso: La fuerza resultante aplicada sobre un cuerpo es igual a la razón de cambio del momento del cuerpo.

El peso en un cuerpo en un determinado sistema de referencia se define como la fuerza que aplicada a un cuerpo le proporciona una aceleración igual a la aceleración local de la caída libre en ese sistema de referencia. Y sus unidades son el Newton (N). (NOM-008-SCFI-2002)

## 2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

A continuación describiré de manera genérica el funcionamiento de los diferentes tipos de dinamómetros que se utilizan para poder tener una mayor panorámica del tema a tratar.

### 2.2.1. DINAMÓMETRO DE RESORTE.

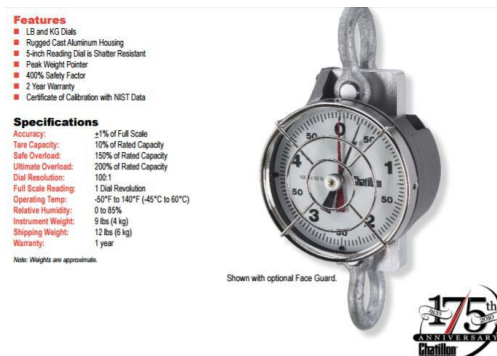
Este tipo de instrumento funcional por medio de un resorte, muelle o anillo escalado en unidades de fuerza, una de las características principales de este tipo de equipos es que los hace muy sencillos de utilizar y que ciertamente su exactitud depende mucho de la altitud a la cual es utilizado el instrumento de medición.



*Imagen 4. Dinamómetros de la marca Kern 283 y 483.*

### 2.2.2. DINAMÓMETRO DE CARÁTULA.

Este tipo de equipos al igual que los de escala recta utilizan un principio muy semejante uno del otro, es decir este mecanismo se basa una vez más en las características de un resorte, pero ahora es acompañado de un mecanismo de cremallera y engrane que tiene una relación determinada y que a la vez con el estirar del resorte nos da la indicación correspondiente al estímulo al cual está siendo sometido. La exactitud de este tipo de equipos las podemos encontrar hasta de un error máximo permitido del 1% de la escala total.



*Imagen 5. Correspondiente a un dinamómetro de la marca Chatillon modelo SS-TDS-2010 del catálogo AMETEK 2010.*

### 2.2.3. DINAMÓMETRO DIGITAL.

Este tipo de equipos basan su funcionamiento en galgas extensiométricas, las cuales funcionan fijándolas o cementándolas en un cuerpo que sea menos sensible a los cambios de forma, una vez que están fijan en el elemento a estudiar, se les aplica una carga eléctrica y cuando al cuerpo se le expone a algún cambio de sección debido a una fuerza de tracción, compresión, par torsional o vibración, este cambio de sección lo sufre también la galga y dicho cambio va relacionado con un cambio de señal eléctrica a su salida, la cual va relacionada directamente a la magnitud a medir, esta señal se puede acondicionar y leer en una pantalla o display.



Celda de par torsional HBM T40 de tipo telemétrica  
Precia Molen tipo cantiléver de hasta 5 toneladas.  
Dinamómetro digital Andilog de 1 kN

*Imagen 6. Correspondiente a diferentes tipos de dinamómetros.*

### 2.2.4. MÁQUINAS DE ENSAYOS.

Este tipo de equipos tiene como finalidad el aplicar cargas continuas en tracción y compresión y van desde cargas pequeñas hasta grandes cargas de toneladas, hay mecánicas, hidráulicas, automáticas y hasta miden el desplazamiento de su marco MÓVIL y sirven para probar resorte, muelles probetas de todos tipos y materiales, para con ello poder conocer sus propiedades mecánicas a la tracción, compresión elásticas, de fatiga o ruptura.



Patrón nacional mexicano de transferencia de fuerza resguardado por CENAM de 150 kN.



Maquina MTS modelo EXED 245, de 300 kN.



Máquina de prueba multi-parámetros AND electromecánica 0.5 - 2.5 kN | STA.

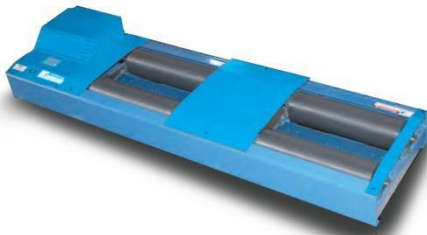
*Imagen 7. Tipos de máquinas de ensayo.*

### 2.2.5. DINAMÓMETRO UTILIZADOS EN AUTOMOTORES.

Este tipo de equipos son diseñados generalmente para poder realizar pruebas de consumo de combustible, durabilidad de partes, generación de ruidos de diversos componentes y desde luego para poder determinar la potencia final que podrá desarrollar el vehículo bajo prueba.

Las construcciones y disposición de los mismos son de formas y tamaños muy variadas, algunos incluso se encuentran instalados en cámara anecoicas o semi-anecoicas en el caso de equipos desarrollados para ruidos.

A pesar de lo anterior en su mayoría presentan un común denominador en su funcionamiento utilizando un brazo de palanca anclado a un marco de carga en el cual su punto de referencia se encuentra dispuesta una celda de fuerza, así como de uno o dos rodillos en los cuales se coloca el vehículo bajo prueba y un sistema de freno mecánico o eléctrico para poder realizar la contra tracción en el marco de carga y de esa manera en relación con la velocidad angular poder determinar la potencia al freno que se requiere para el desarrollo de la prueba en cuestión.



Dinamómetro Mustang, modelo MD-150



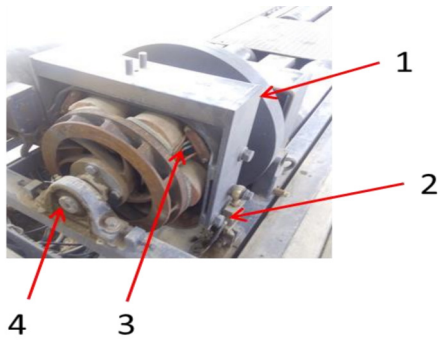
Dinamómetro MAHA, modelo LPS 3000

*Imagen 8. Dinamómetros utilizados en CVV.*

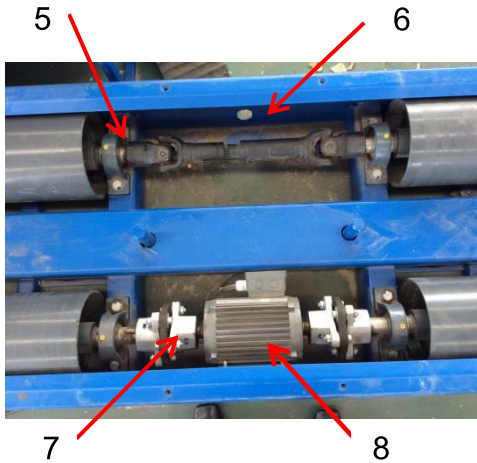
### 2.3. PARTES PRINCIPALES DE UN DINAMÓMETRO.

A continuación presento las partes más importantes de un dinamómetro, lo anterior es de manera general, los accesorios, posición de elementos así como su presencia está definida por las diferentes marcas y modelos, pero que en general dan una clara idea de su posible presencia.





1. Marco de carga.
2. Celda de fuerza.
3. Freno por corrientes de Eddy.
4. Chumacera.



5. Chumacera.
6. Juntas de transmisión.
7. Embrague de desacoplamiento.
8. Motor de arrastre.



9. Rodillos.

Imagen 9. Partes de un dinamómetro.

### 3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

#### 3.1. DISEÑO DE PROTOTIPO FUNCIONAL.

El prototipo funcional para validar la hipótesis de esta tesis se encuentra dividido en diferentes partes para su funcionamiento y validación, que son:



- Diseño de modelo numérico.
- Estimación del modelo de incertidumbre (U).
- Diseño de software.
- Metodología de calibración.
- Diseño de prototipo funcional.

En la figura 3.1 se muestra un diagrama a bloques de las partes que lo constituyen el modelo del desarrollo funcional del **Sistema De Calibración para Dinamómetros Instalados en Los Centros de Verificación Vehicular.**



Figura 3.1. Diagrama a Bloques del Prototipo Funcional.

### 3.2. DETERMINACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO PARA LA DETERMINACIÓN DE POTENCIA.

Para poder dar inicio a esta etapa realice varias visitas a diferentes centros de verificación para poder entender el funcionamiento de la parte mecánica de los dinamómetros ya que por seguridad en el tema de no caer en las fosas donde se alojan los dinamómetros en concreto los rodillo sobre los cuales se colocan los autos para sus pruebas de verificación vehicular se encuentra tapados por medio de guardas metálicas, en la parte mecánica de detección de

potencia también se encuentran cubiertas por guardas metálicas por el tema de que son partes que se encuentran en rotación de alta velocidad y por la acción del freno por corrientes de Eddy estos elementos se calientan por arriba de los 70 °C pudiendo causar quemaduras graves.



Imagen 10. Partes mecánicas de los dinamómetros.

La segunda parte fue poder entender lo que presentaban sus pantallas de pruebas, las cuales tiene mezclados el Sistema Ingles de Unidades y el Sistema Internacional de Unidades de Medida, lo cual complicó el poder definir los datos de interés de los datos superficiales, y por si esto fuera poco hay más de 20 desarrolladores de software que dan servicios de mantenimiento al sistema que utilizan los diversos CVV y cada uno de ellos interpreta y programa de manera diferente lo que ocurre y realiza el cada CVV en cada una de las pruebas, incluso en un mismo CVV que tiene varias líneas de verificación (líneas de pruebas con dinamómetro), rentes proveedores de software, instrumentación, tarjetas de control y registro y diversas versiones de software de una misma casa desarrolladora.

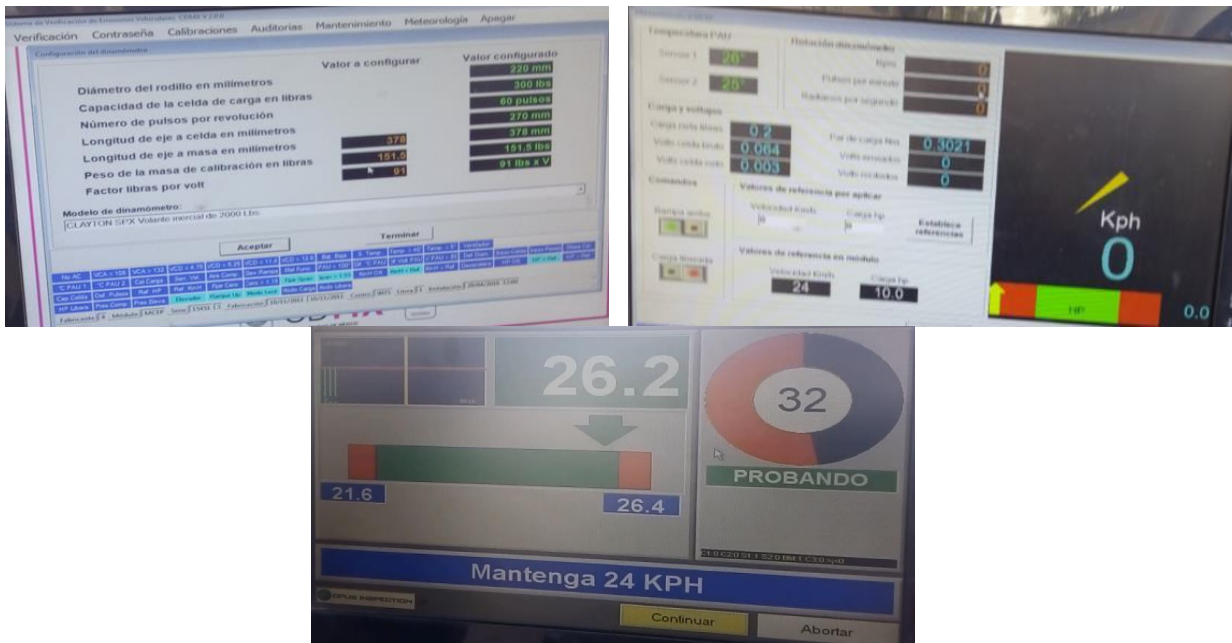


Imagen 11. Distintas interfaces del control de dinamómetros.

Revisando la forma en que los sistemas mecánicos actuaban en el dinamómetro, revisando las señales electrónicas, las taras, la llamada prueba de SPAN en que se realizan una detección de la celda de fuerza bajo una carga conocida, las distancias de la masa al eje motriz, de los marcos de carga del freno y las variables pusimos determinar que la potencia al freno la podríamos establecer como:

$$W = T \times \omega_R \quad (1)$$

Dónde:

$W$  Es la potencia al freno aplicada por el dinamómetro (W).

$T$  Es el par torsional dado en Newton por metro (Nm).

$\omega_R$  Es la velocidad angular del rodillo motriz (rad/s).

### 3.2.1. DEFINICIONES.

Antes de determinar el modelo numérico, se hace necesario el recordar algunos conceptos de la física clásica, así como de algunos conceptos metrológicos que nos apoyarán a entender los fenómenos que ocurren cuando el dinamómetro es puesto en marcha para las pruebas de determinación de contaminantes.

### 3.2.2. MODELO FÍSICO.

El par torsional se define como: “La aplicación de un a fuerza a una distancia perpendicular de un eje de un cuerpo, tal que se genere en este cuerpo una rotación alrededor de este eje. Las unidades de medida correspondientes en el SI son el Newton por metro (Nm)”.

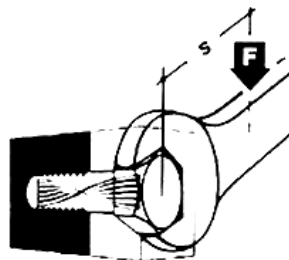


Figura 3.2. Representación del principio del Par Torsional.

**La velocidad angular del rodillo** se define como: “Una medida de la velocidad de rotación y se define como la rapidez con la que cambia el ángulo con respecto al tiempo. La velocidad angular es representada por la letra griega  $\omega$  y su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el radián por segundo (rad/s).” Ver la Figura 3.2.

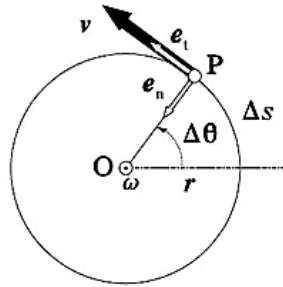


Figura 3.3. Movimiento circular uniforme.

**La velocidad lineal del rodillo:** “Es un vector, que resulta del producto vectorial del vector de la velocidad angular  $\omega$  por el vector posición  $r$  referido al punto P. Se representa por la letra  $v$  y las unidades de medida en el SI son m sobre s (m/s)”. Ver la Figura 3.3.

**La potencia** se define como: “La cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo, su unidad de medida en el SI es el Watt (W)”.

### 3.2.3. DETERMINACIÓN DEL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN DE PAR TORSIONAL (T).

Par poder determinar el par torsional en el sistema que utilizan los dinamómetros, tenemos que tomar en cuenta la ecuación:

$$T = F \times d \quad (2)$$

Dónde:

**T** Es el par torsional dado en Newton por metro (Nm).

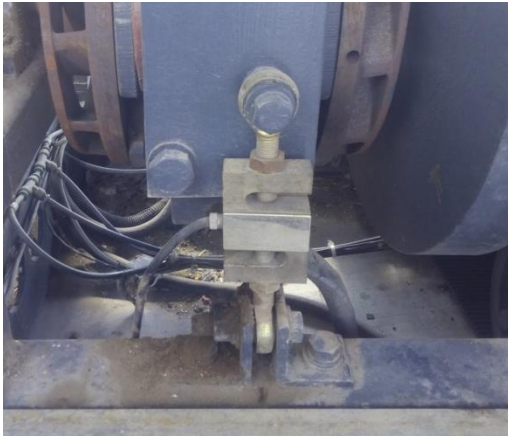
**F** Es la fuerza censada por la celda de fuerza dada en Newton (N).

**d** Es la distancia entre el eje vertical de la celda de fuerza y el eje horizontal del cilindro motriz dada en metros (m).

Para poder entender la manera en que se determinó utilizar este modelo numérico, se describe a continuación en que consiste y donde se localiza el parámetro Fuerza y el de Distancia de manera física en el dinamómetro y como estos pasan de ser una variable a una constante conocida y determinada para cada caso.

#### 3.2.3.1 CELDA DE FUERZA.

Los dinamómetros utilizados en los CVV, están equipados generalmente con una celda de fuerza tipo S como la que se muestra en la Imagen 12 con alcances de medición que van desde los 1 330 N hasta los 2 216 N las cuales al ser calibradas de acuerdo a su



dirección de aplicación, es decir, en tracción o compresión se puede determinar su capacidad de respuesta utilizando los errores residuales y con ello determinar la pendiente que describe su funcionamiento y de esa manera se convierte en un patrón de medida o referencia y así la medición de Fuerza la podemos tomar como convencionalmente verdadera.

La celda de fuerza esta descrita en el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN-CENAM-12 DE ENERO – 2017, con capacidades de 1 334 N y de 2 224 N con un error permisible del 1% de la escala total y en la Tabla B describe una incertidumbre expandida de  $\pm 0,2$  N lo cual permite tener una característica de exactitud bastante aceptable para poder realizar las operaciones necesarias para la determinación del par torsional que estará desarrollando el dinamómetro durante las pruebas dinámicas.



Imagen 12. Celdas de carga en dinamómetros.

### 3.2.3.2 MEDICIÓN DEL BRAZO DE PALANCA.



El sistema, utiliza un brazo de palanca para poder determinar el par torsional con el que el marco de carga actúan sobre la celda de fuerza que envía la señal de la fuerza aplicada una vez el freno por fuerza parásitas de Eddy actúa sobre el tambor de freno.

Dicho brazo de palanca es la distancia que existe entre el eje vertical de la línea de acción de carga de la celda de fuerza y el eje horizontal del eje motriz del dinamómetro que está directamente acoplado a uno de los rodillos en donde se desplaza el automóvil bajo prueba.

En en el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN- CENAM-12 DE ENERO-2017, se establece en la Tabla A, una tolerancia de medición del brazo de palanca  $\pm 2$  mm y en la Tabla B una incertidumbre expandida de  $\pm 1$  mm, con lo anterior se puede determinar que no se requiere precisamente de un valor nominal y que más bien la medición de esta característica longitudinal obedece más a la destreza de medición y al equipo con el cual se pretenda realizar la medición, con lo cual se deja un amplio abanico de posibilidades de elegir un equipo para dicha medición.

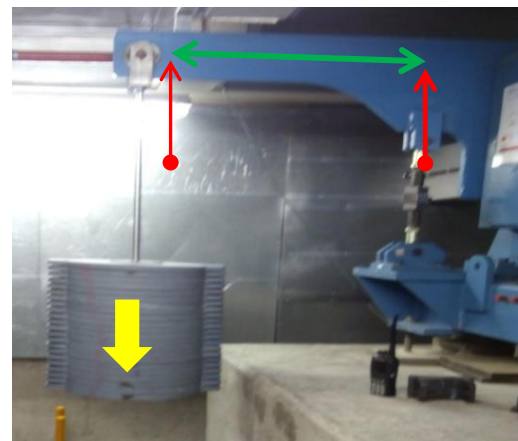
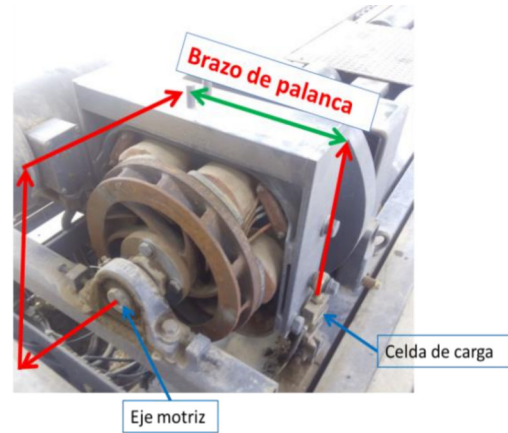


Imagen 13. Brazo de palanca en dinamómetros.

### 3.2.4. DETERMINACIÓN DEL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR Y TANGENCIAL ( $\omega$ , $v$ ).

#### 3.2.4.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR Y LINEAL.

Retomando el tema de que las prueba de humos se corre en el dinamómetro a una velocidad de 24 km/h y las pruebas de emisión de contaminantes son en las velocidades de 24 km/h y 40 km/h de acuerdo a la NOM-047-SEMARNAT-2014, con una tolerancia de  $\pm 10\%$ , por lo que tomando en cuenta que:

$$v = \omega_R \times r_R \quad (3)$$

Dónde:

$v$  Es la velocidad lineal (km/h).

$\omega_R$  Es la velocidad angular del rodillo motriz (rad/s).

$r_R$  Es el radio del rodillo motriz (m).

Pero para poder determinar la velocidad angular utilizamos la ecuación:

$$\omega_R = 2 \times \pi \times f_R \quad (4)$$

Dónde:

$\omega_R$  Es la velocidad angular del rodillo motriz (rad/s).

$f_R$  Es la frecuencia angular del tacómetro de referencia (Hz).

Con lo anterior aislamos por completo las variaciones que pueda tener el vehículo bajo prueba y se obtiene un control y monitoreo total del sistema embebido en el dinamómetro para la detección de velocidades, fuerzas y desde luego la de la POTENCIA AL FRENO, que es el objetivo de toda la instrumentación mecánica y electrónica.

De los modelos anteriores podemos determinar sus componentes de la siguiente manera;

#### 3.2.4.2 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR.



Imagen 14. Rodillos de dinamómetros I.

La medición de la velocidad angular la realizamos por medio de un sensor óptico de fibra óptica que nos permite leer la velocidad angular hasta con una resolución de  $1 \mu s$  lo cual es utilizando en la ecuación (4).

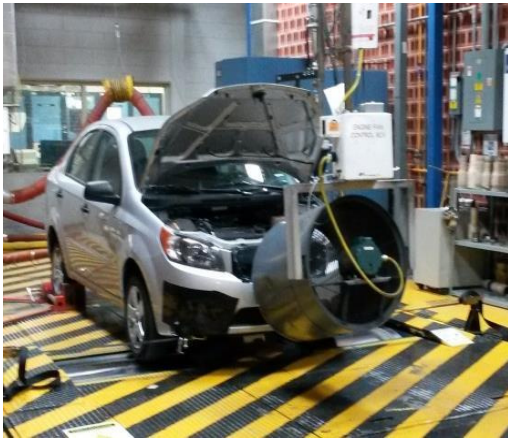
Tomando en consideración lo expresado en las Tablas 1 y 2 del Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN-CENAM-12 DE ENERO-2017, que nos permite una incertidumbre expandida de medición de  $\pm 1$  rpm la podemos cubrir perfectamente tomando una resolución de 1 milisegundo.

### 3.2.4.3 MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE RODILLO.



Con la utilización del sistema de medición portátil (brazo de medición por coordenadas), se realiza la medición del diámetro de los rodillos en los cuales rodará el vehículo bajo prueba.

De acuerdo a la NOM-047-SEMARNAT-2014 los diámetros de estos rodillos son descritos en el punto 8.14.3.2, en el cual se especifica un diámetro de 21,082 cm con una tolerancia de  $\pm 0,762$  cm, equivalente a  $\pm 7,62$  mm.



Pero de acuerdo a las pruebas realizadas en la etapa de experimentación esta tolerancia tan grande en el diámetro de los rodillos implica un incremento considerable en el error en la velocidad real al utilizaran estos valores como nominales.

Por lo anterior en la Tabla B del Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN-CENAM - 12 DE ENERO-2017, se determinó una incertidumbre expandida de medición de  $\pm 1$  mm, con lo cual se asegura que los errores no se incrementen por este factor



La medición de los radios de los rodillos tiene como finalidad poder utilizar este valor para sustituirlo en la ecuación (4).

*Imagen 15. Rodillos de dinamómetros II.*



### 3.2.5. DETERMINACIÓN DEL ALGORITMO PARA LA MEDICIÓN DE LA POTENCIA (W).

Las ecuaciones 1, 2, 3 y 4 las podemos combinar de la siguiente manera:

$$W = T \times \omega_R \quad (1)$$

$$T = F \times d \quad (2)$$

$$v = \omega_R \times r_R \quad (3)$$

$$\omega_R = 2 \times \pi \times f_R \quad (4)$$

Sustituyendo las ecuaciones 2 y 4 en 1 tenemos que:

$$W = F \times d \times 2 \times \pi \times f_R \quad (5)$$

Con lo que obtenemos el que programamos en el sistema de medición y por medio de la instrumentación seleccionada podemos controlar el fenómeno con resoluciones e incertidumbres muy adecuadas.

### 3.3. ESTIMACIÓN DEL MODELO DE INCERTIDUMBRE.

Una vez que se ha establecido el modelo numérico, en la Tabla 3, se resumen las variables de influencia para poder entrar en el contexto de la estimación de la incertidumbre.

Tabla 3. Variables y sus unidades.

| Variable de influencia.        | Abreviación y/o notación. | Unidades. |
|--------------------------------|---------------------------|-----------|
| Velocidad angular del rodillo  | $\omega_R$                | rad/s     |
| Frecuencia                     | $f_R$                     | 1/s       |
| Constante "Pi"                 | $\pi$                     | NA        |
| Velocidad lineal del rodillo   | $v_R$                     | m/s       |
| Radio del rodillo              | $r_R$                     | m         |
| Par torsional                  | $T$                       | Nm        |
| Fuerza                         | $F$                       | N         |
| Distancia del brazo de palanca | $d$                       | m         |
| Potencia                       | $W$                       | W         |

De cada uno de los métodos numéricos presentados anteriormente se obtiene su respectiva función del tipo  $Y = f(X_i)$ , la cual relaciona la variable dependiente (Y) en función de distintas variables dependientes (Xi).

- Velocidad angular del rodillo.

$$\omega_R = f(\{X_i\}) = f(\pi, f) \quad (6)$$

- Velocidad lineal del rodillo.

$$v = f(\{X_i\}) = f(\omega_R, r_R) \quad (7)$$

- Par torsional.

$$T = f(\{X_i\}) = f(F, d) \quad (8)$$

- Potencia.

$$W = f(\{X_i\}) = f(T, \omega_R) \quad (9)$$

Donde cada una de las  $X_i$  son las magnitudes que contribuyen en la determinación del mensurando, por lo tanto, son fuentes de incertidumbre.

### 3.3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE.

Partiendo del modelo numérico de cada uno de los mensurandos se obtiene su respectivo diagrama de árbol, el cual permite entender con claridad las fuentes de contribución de las incertidumbres de cada una de las variables de entrada.

- Contribuciones a la incertidumbre de medida en la **velocidad angular del rodillo**.

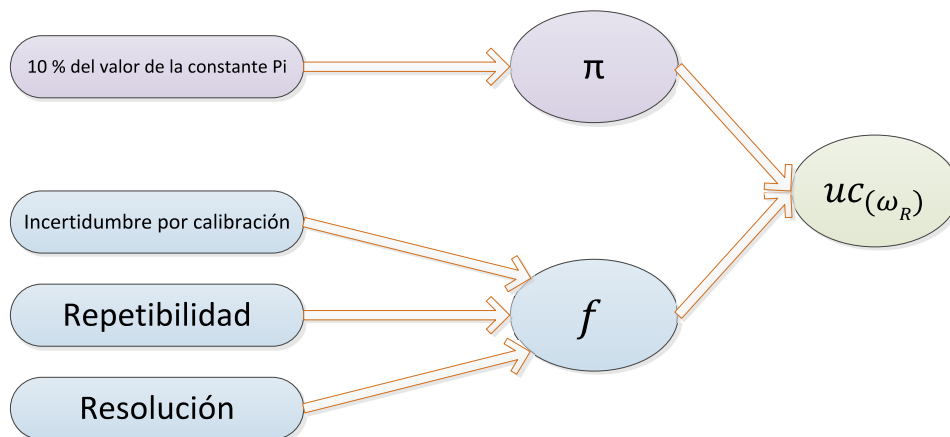


Figura 3.4. Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en la velocidad angular del rodillo.

- Contribuciones a la incertidumbre de medida en la **velocidad lineal del rodillo**.

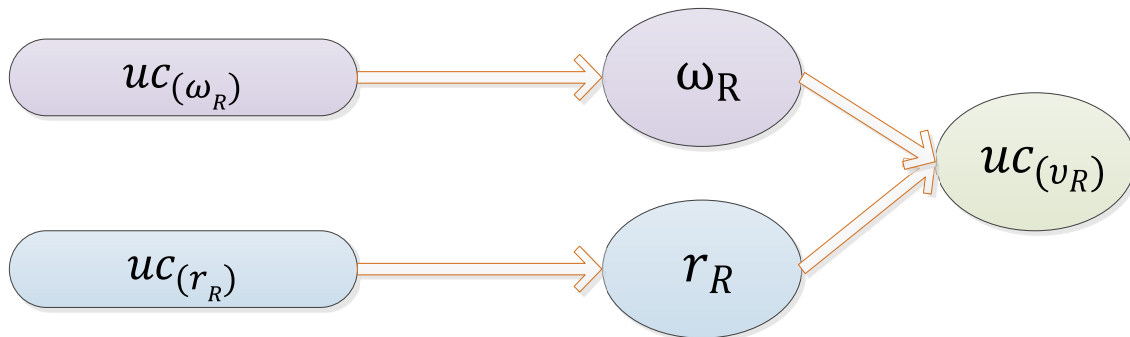


Figura 3.5. Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en la velocidad lineal del rodillo.

- Contribuciones a la incertidumbre de medida en el par torsional.

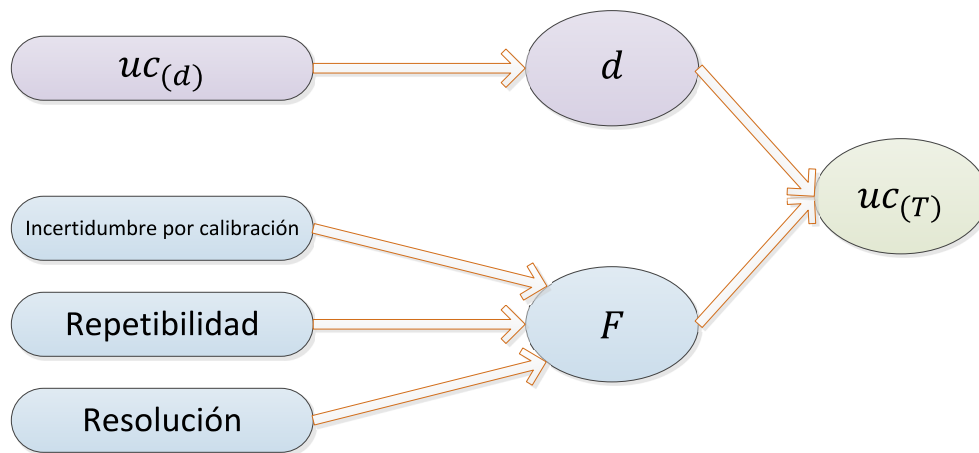


Figura 3.6. Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en el par torsional.

- Contribuciones a la incertidumbre de medida de la potencia.

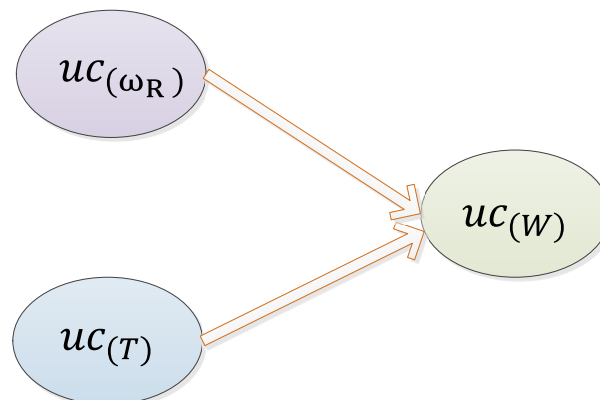


Figura 3.7. Diagrama de árbol de las contribuciones a la incertidumbre de medida en potencia.

### 3.3.2. DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR.

De la Tabla 4 a la Tabla 7 se muestra las magnitudes de entrada, así como la conversión de incertidumbres expandidas a incertidumbres estándar de las magnitudes de influencia, correspondientes para cada mensurado.

Tabla 4. Conversión a incertidumbres estándar para la velocidad angular del rodillo ( $\omega_R$ ).

| Para la velocidad angular del rodillo ( $\omega_R$ ) |                               |                       |              |   |   |
|--|-------------------------------|-----------------------|--------------|---|---|
| Núm.   | Magnitud de entrada           | Fuente de información | Distribución | Ecuación de conversión a incertidumbre estándar | Dimensionamiento con unidades                           |
| 1.   | $\pi$                         |                       |              |   |   |
| 1.a.   | 10% del valor de la constante | Bibliográfica         | ---          | $u(\pi) = \pi \times 0,1$                       | $u(\pi) = NA \times 0,1 = NA$                           |
| 2.   | $f$                           |                       |              |   |   |
| 2.a.   | Incertidumbre por calibración | Bibliográfica         | Normal       | $u(Cal) = \frac{U}{k}$                          | $u(Cal) = \frac{[1/s]}{k} = \frac{1}{s}$                |
| 2.b.   | Repetibilidad                 | Mediciones            | Normal       | $u(Rep) = \frac{S}{\sqrt{n}} \times t$          | $u(Rep) = \frac{[1/s]}{\sqrt{n}} \cdot t = \frac{1}{s}$ |
| 2.c.   | Resolución                    | Instrumento/manual    | Rectangular  | $u(Res) = \frac{a}{2\sqrt{3}}$                  | $u(Res) = \frac{[1/s]}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{s}$        |

Tabla 5. Conversión a incertidumbres estándar para la velocidad lineal del rodillo ( $v_R$ ).

| Para la velocidad lineal del rodillo ( $v_R$ ) |                                       |                       |              |   |                               |
|--|---------------------------------------|-----------------------|--------------|---|-------------------------------|
| Núm.   | Magnitud de entrada                   | Fuente de información | Distribución | Ecuación de conversión a incertidumbre estándar | Dimensionamiento con unidades |
| 1.   | $\omega_R$                            |                       |              |   |                               |
| 1.a.   | Incertidumbre combinada de $\omega_R$ | Mediciones            | Normal       | $u_c(\omega_R) = u_c(\omega_R)$                 | $u_c(\omega_R) = rad/s$       |
| 2.   | $r_R$                                 |                       |              |   |                               |
| 2.a.   | Incertidumbre combinada del brazo     | Mediciones            | Normal       | $u_c(r_R) = u_c(r_R)$                           | $u_c(r_R) = m$                |

Tabla 6. Conversión a incertidumbres estándar para el par torsional ( $T$ ).

| Para el par torsional ( $T$ ) |                                   |                       |              |   |   |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------|---|---|
| Núm.                          | Magnitud de entrada               | Fuente de información | Distribución | Ecuación de conversión a incertidumbre estándar | Dimensionamiento con unidades               |
| 1.                            | $F$                               |                       |              |   |   |
| 1.a.                          | Incertidumbre por calibración     | Bibliográfica         | Normal       | $u(Cal) = \frac{U}{k}$                          | $u(Cal) = \frac{[N]}{k} = N$                |
| 1.b.                          | Repetibilidad                     | Mediciones            | Normal       | $u(Rep) = \frac{S}{\sqrt{n}} \times t$          | $u(Rep) = \frac{[N]}{\sqrt{n}} \cdot t = N$ |
| 1.c.                          | Resolución                        | Instrumento/m anual   | Rectangular  | $u(Res) = \frac{a}{2\sqrt{3}}$                  | $u(Res) = \frac{[N]}{2\sqrt{3}} = N$        |
| 2.                            | $d$                               |                       |              |   |   |
| 2.a.                          | Incertidumbre combinada del brazo | Mediciones            | Normal       | $u_c(d) = u_c(d)$                               | $u_c(d) = m$                                |

Tabla 7. Conversión a incertidumbres estándar para potencia ( $W$ ).

| Para la potencia ( $W$ ) |                                       |                       |              |   |                               |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------|---|-------------------------------|
| Núm.                     | Magnitud de entrada                   | Fuente de información | Distribución | Ecuación de conversión a incertidumbre estándar | Dimensionamiento con unidades |
| 1.                       | $T$                                   |                       |              |   |                               |
| 1.a.                     | Incertidumbre combinada de $T$        | Mediciones            | Normal       | $u_c(T) = u_c(T)$                               | $u_c(T) = Nm$                 |
| 2.                       | $\omega_R$                            |                       |              |   |                               |
| 2.a.                     | Incertidumbre combinada de $\omega_R$ | Mediciones            | Normal       | $u_c(\omega_R) = u_c(\omega_R)$                 | $u_c(R_r) = rad/s$            |

### 3.3.3. COMBINACIÓN DE LAS INCERTIDUMBRES DE MEDIDA.

La combinación de las incertidumbres estándar se realiza con la ecuación 9.

$$u_i(y) = c_i \times u(x_i) \quad (10)$$

Donde  $c_i$  es el coeficiente de sensibilidad de la magnitud de entrada. El coeficiente de sensibilidad se obtiene a través de derivadas parciales utilizando el modelo numérico (para más información consultar la NMX-CH-140-IMNC:2002).

### 3.3.4. COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD.

La obtención de los coeficientes de sensibilidad se trabajará de manera individual para cada uno de los mensurandos descritos en las ecuaciones mostradas. Para ello se obtienen de las derivadas parciales de cada modelo numérico con respecto a cada una de las magnitudes de entrada.

### 3.3.4.2 COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $\omega_R$ .

- Coeficiente de sensibilidad para  $\pi$ .

$$c_{(\pi)} = \frac{\partial \omega_R}{\partial \pi} = \frac{\partial}{\partial \pi} [2\pi \times f] = 2(1) \times f = 2f \quad (11)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(\pi)} = 2f = \frac{1}{s}$$

- Coeficiente de sensibilidad para  $f$ .

$$c_{(f)} = \frac{\partial \omega_R}{\partial f} = \frac{\partial}{\partial f} [2\pi \times f] = 2\pi \times (1) = 2\pi \quad (12)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(f)} = 2\pi = rad$$

### 3.3.4.3 COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $v_R$ .

- Coeficiente de sensibilidad para  $\omega_R$ .

$$c_{(\omega_R)} = \frac{\partial V_r}{\partial \omega_R} = \frac{\partial}{\partial \omega_R} [\omega_R \times r_R] = (1) \times r_R = r_R \quad (13)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(\omega_R)} = r_R = m$$

- Coeficiente de sensibilidad para  $r_R$ .

$$c_{(r_R)} = \frac{\partial v_R}{\partial r_R} = \frac{\partial}{\partial r_R} [\omega_R \times r_R] = \omega_R \times (1) = \omega_R \quad (14)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(r_R)} = \omega_R = rad/s$$

### 3.3.4.4 COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $T$ .

- Coeficiente de sensibilidad para  $F$ .

$$c_{(F)} = \frac{\partial T}{\partial F} = \frac{\partial}{\partial F} [F \times d] = (1) \times d = d \quad (15)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(F)} = d = m$$

- Coeficiente de sensibilidad para  $d$ .

$$c_{(d)} = \frac{\partial T}{\partial d} = \frac{\partial}{\partial d} [F \times d] = F \times (1) = F \quad (16)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(d)} = F = N$$

### 3.3.4.5 COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD PARA LAS MAGNITUDES DE ENTRADA DE $W$ .

- Coeficiente de sensibilidad para  $T$ .

$$c_{(T)} = \frac{\partial P}{\partial T} = \frac{\partial}{\partial T} [T \times \omega_R] = (1) \times \omega_R = \omega_R \quad (17)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(T)} = \omega_R = rad/s$$

- Coeficiente de sensibilidad para  $\omega_R$ .

$$c_{(\omega_R)} = \frac{\partial P}{\partial \omega_R} = \frac{\partial}{\partial \omega_R} [T \times \omega_R] = T \times (1) = T \quad (18)$$

Cuyas unidades son:

$$c_{(\omega_R)} = T = Nm$$

### 3.3.5. LEY DE PROPAGACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA.

Aplicando la ley de propagación de la incertidumbre a las ecuaciones 6, 7, 8 y 9, se obtiene la expresión para la estimación de la incertidumbre asociada para cada mensurando:

- Ley de propagación de incertidumbres para la velocidad angular del rodillo ( $\omega_R$ ).

$$u_{c(\omega_R)} = \sqrt{c_{\pi}^2 u(\pi)^2 + c_f^2 u(f)^2} \quad (19)$$

- Ley de propagación de incertidumbres para la velocidad lineal del rodillo ( $v_R$ ).

$$u_{c(v_r)} = \sqrt{c_{\omega_r}^2 u(\omega_r)^2 + c_{r_R}^2 u(r_R)^2} \quad (20)$$

- Ley de propagación de incertidumbres para el par torsional (T).

$$u_{c(T)} = \sqrt{c_F^2 u(F)^2 + c_d^2 u(d)^2} \quad (21)$$

- Ley de propagación de incertidumbres para la potencia (W).

$$u_{c(W)} = \sqrt{c_T^2 u(T)^2 + c_{\omega_R}^2 u(\omega_R)^2} \quad (22)$$

Donde las  $c_{x_i}$  los coeficientes de sensibilidad de cada una de las fuentes de incertidumbre y las  $\mu_i$  son los valores estimados de cada una de las magnitudes de entrada.

### 3.3.6. ESTIMACIÓN DE INCERTIDUMBRES COMBINADAS DE LAS MAGNITUDES DE ENTRADA.

Antes de obtener la incertidumbre combinada correspondiente a cada mensurando, se deben de estimar las incertidumbres combinadas correspondientes para cada magnitud de entrada.

Debido a que las magnitudes de entrada son producto de una medición directa, se asume que los coeficientes de sensibilidad de cada una de las contribuciones son igual a 1.

Aplicando la ley de propagación de las incertidumbres para cada una de las magnitudes de entrada de cada mensurando se tiene lo siguiente:



### 3.3.6.1 PARA LA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO ( $\omega_R$ ).

- Para estimar a  $\pi$  hay que evaluar la siguiente expresión:

$$u(\pi) = 0,1\pi \quad (23)$$

Cuyas unidades son:

$$u(\pi) = rad$$

- Para estimar a  $f$  hay que evaluar la siguiente expresión:

$$u(f) = \sqrt{[u(Cal)]^2 + [u(Rep)]^2 + [u(Res)]^2} \quad (24)$$

Cuyas unidades son:

$$u(f) = \sqrt{[1/s]^2 + [1/s]^2 + [1/s]^2} = 1/s$$

### 3.3.6.2 PARA LA VELOCIDAD LINEAL DEL RODILLO ( $v_R$ ).

- Para estimar a  $\omega_R$  hay que evaluar la siguiente expresión:

$$u(\omega_R) = u_c(\omega_R) \quad (25)$$

Cuyas unidades son:

$$u(\omega_R) = rad/s$$

### 3.3.6.3 PARA EL PAR TORSIONAL ( $T$ ).

- Para estimar a  $F$  hay que evaluar la siguiente expresión:

$$u(F) = \sqrt{[u(Cal)]^2 + [u(Rep)]^2 + [u(Res)]^2} \quad (26)$$

Cuyas unidades son:

$$u(F) = \sqrt{[N]^2 + [N]^2 + [N]^2} = N$$

### 3.3.6.4 PARA LA POTENCIA ( $W$ ).

- Para estimar a  $T$  hay que evaluar la siguiente expresión:

$$u(T) = u_c(T) \quad (27)$$

Cuyas unidades son:

$$u(T) = Nm$$

- Para estimar a  $\omega_R$  hay que evaluar la siguiente expresión:

$$u(\omega_R) = u_c(\omega_R) \quad (28)$$

Cuyas unidades son:

$$u(\omega_R) = rad/s$$

### 3.3.7. INCERTIDUMBRE COMBINADA.

Para obtener el valor de incertidumbre estándar combinada asociada para cada uno de los mensurandos, hay que evaluar la siguientes expresiones, correspondientes para cada mensurando.

#### 3.3.7.1 PARA LA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO ( $\omega_R$ ).

$$u_{c(\omega_r)} = \sqrt{c_{\pi}^2 u(\pi)^2 + c_f^2 u(f)^2} \quad (29)$$

Cuyas dimensiones son:

$$u_{c(\omega_r)} = \sqrt{\left(\frac{1}{s} \times rad\right)^2 + \left(rad \times \frac{1}{s}\right)^2} = \frac{rad}{s}$$

#### 3.3.7.2 PARA LA VELOCIDAD LINEAL DEL RODILLO ( $v_R$ ).

$$u_{c(v_r)} = \sqrt{c_{\omega_r}^2 u(\omega_R)^2 + c_{r_r}^2 u(r_R)^2} \quad (30)$$

Cuyas dimensiones son:

$$u_{c(v_r)} = \sqrt{\left(m \times \frac{rad}{s}\right)^2 + \left(\frac{rad}{s} \times m\right)^2} = \frac{m}{s}$$

#### 3.3.7.3 PARA EL PAR TORSIONAL ( $T$ ).

$$u_{c(T)} = \sqrt{c_F^2 u(F)^2 + c_d^2 u(d)^2} \quad (31)$$

Cuyas dimensiones son:

$$u_{c(T)} = \sqrt{(m \times N)^2 + (N \times m)^2} = Nm$$

### 3.3.7.4 PARA LA POTENCIA (**W**).

$$u_{c(P)} = \sqrt{c_T^2 u(T)^2 + c_{W_r}^2 u(\omega_R)^2} \quad (32)$$

Cuyas dimensiones son:

$$u_{c(P)} = \sqrt{\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \times \text{Nm}\right)^2 + \left(\text{Nm} \times \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.3.8. CORRELACIÓN.

No existe correlación entre variables ya que cada una de ellas es medida de manera independiente, por tanto, el término de incertidumbre asociado a la correlación no contribuye.

### 3.3.9. INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.

Las incertidumbres combinadas obtenidas de las ecuaciones 29, 30, 31 y 32, se deben de multiplicar por un factor de cobertura (k) para convertirlas a incertidumbres expandidas cada una de ellas, por lo que finalmente las expresiones quedarían de la siguiente forma:

#### 3.3.9.1 PARA LA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO $\omega_R$ .

$$U_{W_r} = u_c(\omega_R) \times k \quad (33)$$

Cuyas dimensiones son:

$$U_{W_r} = \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times k = \pm \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

#### 3.3.9.2 PARA LA VELOCIDAD LINEAL DEL RODILLO $v_R$ .

$$U_{v_R} = u_c(v_R) \times k \quad (34)$$

Cuyas dimensiones son:

$$U_{v_R} = \frac{\text{m}}{\text{s}} \times k = \pm \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### 3.3.9.3 PARA EL PAR TORSIONAL (**T**).

$$U_T = u_c(T) \times k \quad (35)$$

Cuyas dimensiones son:

$$U_T = Nm \times k = \pm Nm$$

#### 3.3.9.4 PARA LA POTENCIA ( $W$ ).

$$U_P = u_c(W) \times k \quad (36)$$

Cuyas dimensiones son:

$$U_P = W$$

Donde  $k$  es igual a 2 con un nivel de confianza de 95.45 % aproximadamente.

La incertidumbre expandida en las mismas unidades que el mensurando con dos cifras significativas.

#### 3.3.10. APORTACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE.

Una vez que se establecieron las ecuaciones que formarían parte del modelo numérico, para la determinación de la potencia desarrollada por el dinamómetro se procedió al desarrollo de la descomposición de dichas ecuaciones, la determinación de las variables de influencia y de la contribución de cada una de ellas dentro del modelo de incertidumbre tal y como se describe desde el punto 3.3 al 3.3.9.4.

Se desarrolló el cálculo dimensional de unidades para ratificar que las contribuciones y sus variables correspondieran a las unidades de potencia, par torsional y velocidad angular y de esta manera hacer una primera verificación del modelo numérico.

Teniendo identificadas las variables y sus correspondientes influencias se realizó la derivación parcial de cada una de ellas para posteriormente ejecutar la combinación de las incertidumbres y las variables de influencia correspondiente.

Una vez que se obtuvieron las ecuaciones de cada variable y sus incertidumbres combinadas se realizaron corridas de valores ideales a mano y posteriormente se programaron en Excel para de esa forma tener una validación del cálculo matemático así como su programación, Al cual se asoció al error correspondiente, dando como resultado final la hoja de cálculo que nos permitirá realizar los certificados de calibración correspondientes a las calibraciones de los dinamómetros instalados en los Centros de Verificación Vehicular.

*Tabla 8. Errores e incertidumbres de una calibración*

| No. | Errores           |                        |                               |                                |                                |                               | Incertidumbres        |                              |                            |                               |                              |
|-----|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|     | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de velocidad lineal km/h | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |
| 1   | 33,10             | 5,60                   | -0,70                         | -0,33                          | (0,38)                         | 0,28                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 2   | 18,65             | 2,32                   | 2,18                          | 0,80                           | (0,44)                         | 0,32                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 3   | 19,93             | 2,64                   | -0,83                         | -0,38                          | (0,14)                         | 0,10                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 4   | 24,40             | 3,67                   | -0,74                         | -0,35                          | (0,22)                         | 0,17                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 5   | 24,66             | 3,72                   | -0,89                         | -0,40                          | (0,18)                         | 0,13                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 6   | 28,78             | 4,67                   | -0,86                         | -0,39                          | (0,23)                         | 0,17                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 7   | 25,74             | 3,94                   | -0,82                         | -0,38                          | (0,22)                         | 0,17                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |
| 8   | 25,16             | 3,79                   | -0,30                         | -0,17                          | (0,29)                         | 0,22                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,071)                     | ± 0,053                      |

Cabe mencionar que de acuerdo a los valores presentados el modelo de estimación de incertidumbre con el que se determinaron las incertidumbres de la *Tabla 8*, fue el que se propuso y quedó establecido para el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetros DGN – CENAM, 12 de Enero de 2017.

### 3.4. DISEÑO DE SOFTWARE.

Ciertamente el diseño del software es toda una consecuencia de los algoritmos establecidos, pero también tiene mucho que ver con la secuencia lógica de lo que se requiere realizar y determinar para poder calibrar los dinamómetros y para ello retomemos algunas ecuaciones, equivalencias y desde luego constantes y variables para definir claramente lo que realmente se tiene que programar

En este sistema se utilizó la plataforma de LabView propiedad de National Instruments, y esto es debido a que CIDESI es reconocido como Casa de Diseño de dicha plataforma.

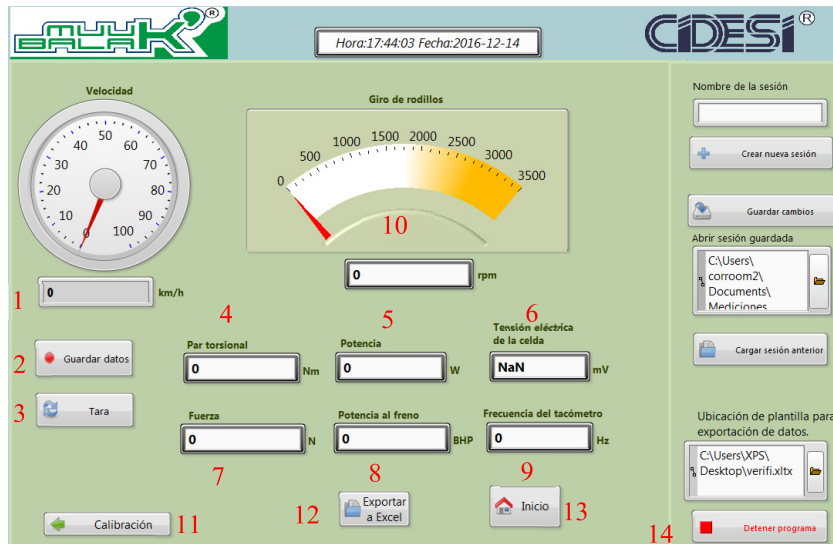


Imagen 18. Partes del sistema de potencia.

Tabla 9. Partes del sistema de potencia.

| No. | Indicador.                             | No. | Indicador.  |
|-----|--|-----|---|
| 1   | Velocidad lineal.                      | 8   | Potencia al freno (BHP).                              |
| 2   | Guardad de datos.                      | 9   | Frecuencia del tacómetro (Hz).                        |
| 3   | Tara del sistema de fuerza.            | 10  | Velocidad angular del rodillo (rpm).                  |
| 4   | Par torsional (Nm).                    | 11  | Calibración del sistema de referencia.                |
| 5   | Potencia ( $W$ ).                      | 12  | Exporta a Excel los datos obtenido en la calibración. |
| 6   | Lectura de la celda de fuerza en (mV). | 13  | Volver al inicio de la sesión.                        |
| 7   | Lectura de la celda de fuerza en (N).  | 14  | Detener programa.                                     |




### 3.4.1. DETERMINACIÓN DE CONSTANTES.

En primera instancia debemos considerar que hay dos variables que están claramente establecidas en la normatividad y que son finalmente los valores que debemos de obtener y asegurar su veracidad en todo momento y estos son la velocidad lineal ( $v$ ) y la potencia al freno ( $W$ ), por lo que:

Para velocidad par torsional ( $T$ ) tenemos que:

$$T = F \times d \quad (2)$$




Tabla 10. Variables y constantes para la determinación del par torsional ( $T$ ).

| Variable de influencia.        | Abreviación y/o notación. | Unidades. | Constante.  | Variable.   |
|--------------------------------|---------------------------|-----------|---|---|
| Fuerza                         | $F$                       | N         |   |  |
| Distancia del brazo de palanca | $d$                       | m         |  |   |
| Par torsional                  | $T$                       | Nm        |   |  |

Para velocidad lineal ( $v$ ) tenemos que:

$$v = \omega_R \times r_R \quad (3)$$

Tabla 11. Variables y constantes para la determinación de la velocidad lineal ( $v$ ).

| Variable de influencia.       | Abreviación y/o notación. | Unidades. | Constante.  | Variable.   |
|-------------------------------|---------------------------|-----------|---|---|
| Velocidad angular del rodillo | $\omega_R$                | rad/s     |   |  |
| Radio del rodillo             | $r_R$                     | m         |  |   |
| Velocidad lineal del rodillo  | $v_R$                     | m/s       |   |  |

Para la velocidad angular ( $\omega$ ) tenemos que:

$$\omega_R = 2\pi \times f_R \quad (4)$$

Tabla 12. Variables y constantes para la determinación de la velocidad angular ( $\omega$ ).

| Variable de influencia.       | Abreviación y/o notación. | Unidades. | Constante. | Variable. |
|-------------------------------|---------------------------|-----------|------------|-----------|
| Frecuencia                    | $f_R$                     | 1/s       |            | ✓         |
| Constante “Pi”                | $\pi$                     | NA        | ✓          |           |
| Velocidad angular del rodillo | $\omega_R$                | rad/s     |            | ✓         |

Para la potencia ( $W$ ) tenemos que:

$$W = F \times d \times 2\pi \times f_R \quad (5)$$

Tabla 13. Variables y constantes para la determinación de la potencia ( $W$ ).

| Variable de influencia.        | Abreviación y/o notación. | Unidades. | Constante. | Variable. |
|--------------------------------|---------------------------|-----------|------------|-----------|
| Frecuencia                     | $f_R$                     | 1/s       |            | ✓         |
| “Pi”                           | $\pi$                     | NA        | ✓          |           |
| Fuerza                         | $F$                       | N         |            | ✓         |
| Distancia del brazo de palanca | $d$                       | m         | ✓          |           |
| Potencia                       | $W$                       | W         |            | ✓         |

### 3.4.2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A REPORTAR.

Tomando en consideración lo plasmado en el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN-CENAM-12 DE ENERO-2017, que en el numeral 5.2.2.3 Desarrollo de la calibración en el inciso “c” donde se menciona que las magnitudes a calibrar son:

Fuerza ( $F$ ).

Par torsional ( $T$ ).

Velocidad lineal ( $v$ ),

Potencia al freno ( $W$ ).

Lo anterior en lo que se corre la prueba de humos a 24 km/h, en la medición de humos contaminantes en velocidades de 24 y 40 km/h.



### 3.4.3. DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE MUESTRAS.

En el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN-CENAM-12 DE ENERO-2017, que en el numeral 5.3 Presentación de resultados de calibración en el inciso “b” en el cual estipula que al menos se deben tomar 40 datos, lo anterior es posible ya que en realidad las pruebas en cada rampa de velocidad (24, 24 y 40) km/h, duran al menos 60 segundos y tomando en cuenta que los sistema de los CVV pueden reportar un dato que cada una de las magnitudes mencionadas en el punto 3.4.2 de esta tesis.

En la experimentación de esta tesis detectamos que hay varios desarrolladores de software que no han podido generar la rutina para poder proporcionar de manera electrónica los valores de las magnitudes a reportar, pero eso es tema de otro trabajo así que solo lo dejaremos por el momento como un comentario.

### 3.4.4. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE MUESTREO.

Tal y como se menciona en el inciso anterior de esta tesis las cantidades mínimas de datos que se pueden reportar son 40 por cada una de las rampas de aceleración de acuerdo al Lineamiento para la Calibración de Dinamómetro DGN-CENAM-12 DE ENERO-2017, pero como las pruebas pueden llegar a durar hasta 60 segundos equivalente a 60 lecturas al menos, ya que en algunos casos los sistemas llegan a dar datos dobles cada segundo y estos se pueden encontrar dentro de los parámetros de tolerancia de potencia y de velocidad lineal.

### 3.4.5. FORMATO DE GUARDADO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para el guardado de las sesiones de calibración se utilizó el ambiente de Windows, un primer archivo se codifica con la extensión \*.dat para con ello poder guardar de manera fidedigna la información y de ese archivo se genera un segundo archivo pero que es visible en hoja de cálculo de Excel con la extensión \*.xlsm para el manejo estadístico de datos, y desde luego que nos permitirá realizar los cálculos pertinentes para la estimación de la incertidumbre, para finalmente poder convertir esas hojas de Excel en un archivo del tipo \*.pdf para su presentación final al cliente que llevaran las firmas electrónicas del responsable de la calibración y del revisor para cumplir con lo definido en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

### 3.4.6. CANDADOS DE SEGURIDAD DEL SOFTWARE.

Para evitar que el software sea instalado sin autorización en más de una laptop o bien que el sistema sea utilizado con algún otro tipo de software se creó un candado en el cual la tarjeta madre y los drivers de las tarjetas utilizadas sean de uso exclusivo y cruzado solo entre ellos, de esa manera ya sea que al sistema se le coloque otra computadora o las tarjetas quieran ser utilizadas en otro software no funcionarán al no coincidir con los seriales internos de cada uno.

Independientemente de esto de acuerdo a lo descrito en el numeral 3.6.2 en donde se utiliza una validación de usuario por medio de una clave, no se podrá acceder al software.

### 3.5. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN.

Como se había mencionado desde un inicio el funcionamiento del dinamómetro lo posemos dividir en dos parte, que son la de velocidad y la de potencia, y es así como dividiremos las calibraciones de los elementos para su mejor entendimiento.

Recordemos que la finalidad de la calibración del dinamómetro es poder determinar los errores de la potencia que este proporciona en relación a una velocidad establecida durante el desarrollo de las pruebas de humos y de emisión de contaminantes cuando un vehículo es auditado considerando lo descrito en las normas NOM-047-SEMARNAT-2014 y la NOM-EM-0167-SEMARNAT-2017.

Por lo anterior antes de iniciar con la calibración se requiere de realizar una inspección visual del sistema mecánico y eléctrico, esto en medida de lo posible y siempre recordando que los operadores del dinamómetro así como los encargados del soporte de software son los que realmente conocen el estado real que guarda el equipo en su conjunto.

En el caso de que se sospeche que el dinamómetro tiene algún daño se debe de notificar al responsable del mismo para no caer en algún tema de daño mayor o poner en riesgo la salud de alguna persona.

#### 3.5.1. LAZOS DE MEDICIÓN DEL DINAMÓMETRO.

Como se puede apreciar en los lazos de medición de color rojo tenemos;

- Con el tacómetro óptico podemos medir las rpm con que gira el rodillo motriz ( $\omega_R$ ).
- Con la velocidad angular del rodillo motriz y conociendo su radio, podemos determinar la velocidad lineal ( $v_R$ ).
- Con la celda de fuerza nos permitirá medir la fuerza correspondiente al estímulo que proporcione el freno de Eddy ( $F$ ).
- Con la señal que leamos de la celda de fuerza y el brazo de palanca del marco del freno de Eddy podemos determinar el par torsional correspondiente ( $T$ ).

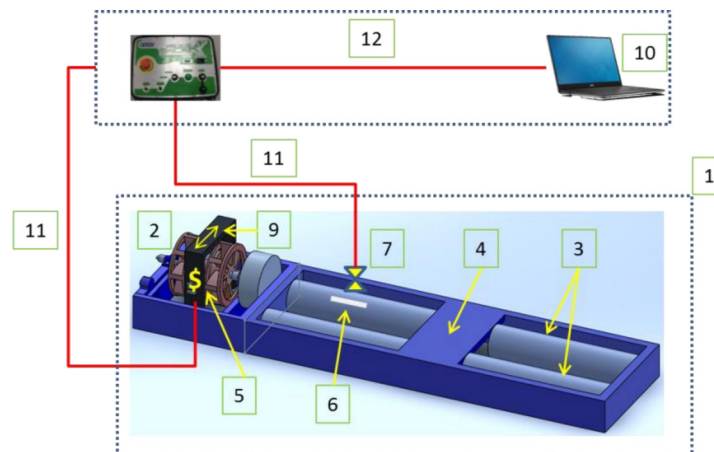


Figura 8. Componentes del dinamómetro.

Tabla 13. Tabla de componentes de lazos de medición.

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1. Dinamómetro                    | 7. Tacómetro óptico  |
| 2. Unidad de Absorción de Energía | 8. Sistema de adquisición y manejo de datos                                  |
| 3. Rodillos                       | 9. Brazo de palanca del freno  |
| 4. Banda entre rodillos           | 10. Computadora  |
| 5. Celda de fuerza                | 11. Líneas de conexión de señales de muestreo                                |
| 6. Cinta reflejante               | 12. Línea de conexión de señales entre la adquisición de datos y el software |

### 3.5.2. CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE POTENCIA.

Se considera como el sistema de potencia del dinamómetro el que se desarrolla entre la celda de fuerza y el par torsional que se ejerce al eje de rotación del freno que se aloja en el marco de carga, lo anterior ocurre cuando el dinamómetro está girando y se aplica el freno magnético, en un extremo el marco de carga esta fijo y del otro lado se encuentra una celda de carga que recibe el estímulo de la tracción aplicada al freno de disco y conociendo la distancia perpendicular entre el eje de rotación del disco y el eje de acción de la celda de fuerza se puede determinar el par torsional instantáneo.

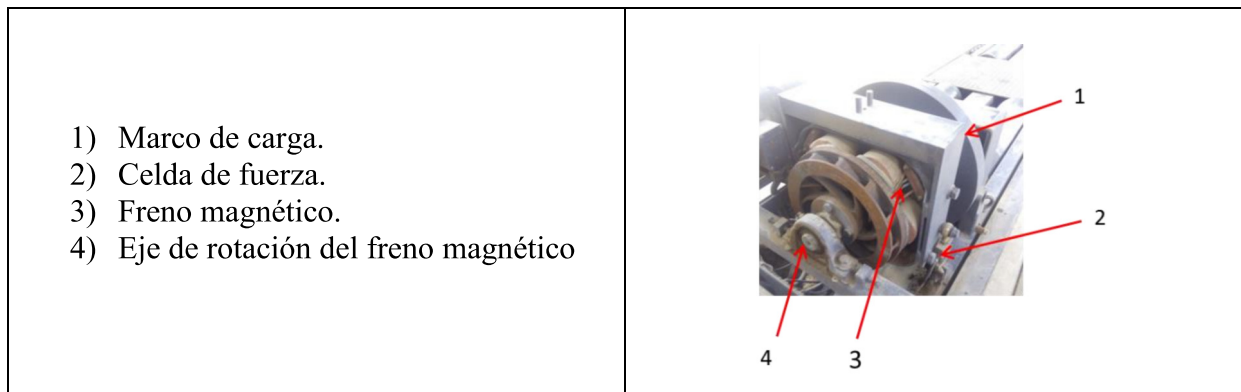


Imagen 17. Partes del sistema de potencia.

#### 3.5.2.1 PARA LA CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE FUERZA.

Tomado en cuenta la norma NMX-CH-7500-1-IMNC:2008. Se realiza la calibración de la celda de fuerza, como el motivo de esta tesis no es la descripción de métodos, solo mencionamos los pasos importantes para la calibración de una celda de fuerza (Instrumento Bajo Calibración), lo cual se realiza de la siguiente manera:

- Se desmonta la celda de fuerza del marco de carga del freno magnético.
- El cable de comunicación y alimentación tanto del patrón como del IBC se conectan en la entrada que les corresponde a cada una de las celdas de fuerza y se verifica que se esté recibiendo señal aplicando carga.

- En el marco de carga se colocan el pistón generador de fuerza, la celda de fuerza patrón y la celda de fuerza bajo calibración.

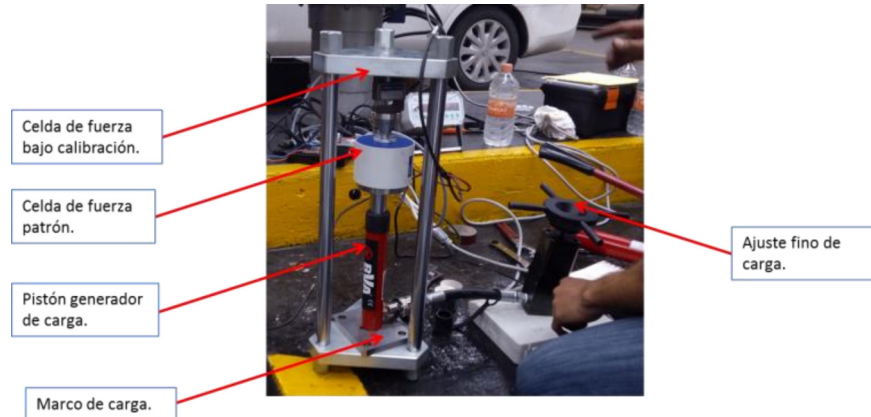


Imagen 18. Instalación del arreglo de cargas para la calibración de la celda de fuerza.

- En lo que conoceremos como la posición cero grados, se aplican 3 precargas al 100% del alcance de la celda de fuerza.
- Posteriormente partiendo de cero, se generan las cargas equivalentes al 20%, 40%, 60%, 80% y 100% del alcance de la celda de fuerza.
- Para cada punto estabilizado de carga, se toma como lectura del valor que se visualizará en mV/V en el monitor de la computadora portátil.

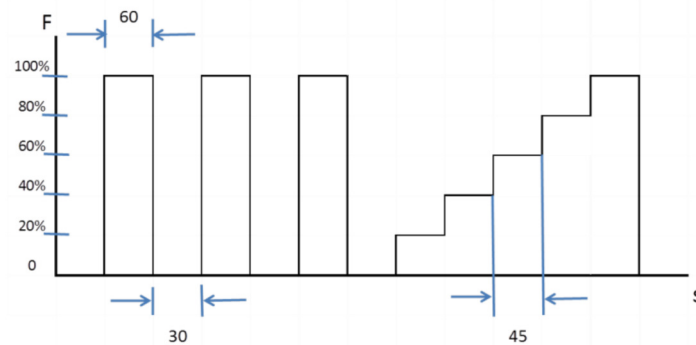


Figura 3.9. Aplicación de las cargas en la posición de  $0^\circ$ .

- Al terminar el ciclo a  $0^\circ$ , se gira el IBC  $120^\circ$ , se le aplica solo una precarga a su máxima capacidad.
- Se generan las cargas equivalentes al 20%, 40%, 60%, 80% y 100% del alcance de la celda de fuerza.
- Para cada punto estabilizado de carga, se toma como lectura del valor que se visualizará en mV/V en el monitor de la computadora portátil.
- Al terminar el ciclo a  $120^\circ$ , se gira el IBC  $240^\circ$ , se le aplica solo una precarga a su máxima capacidad.
- Para cada punto estabilizado de carga, se toma como lectura del valor que se visualizará en mV/V en el monitor de la computadora portátil.

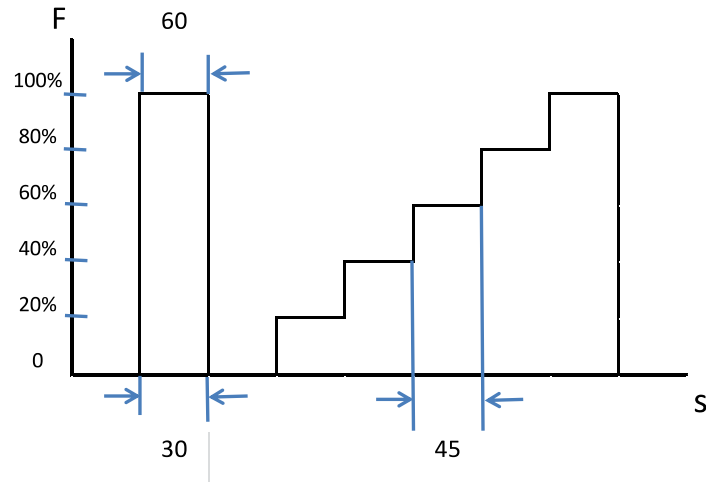


Figura 3.10. Aplicación de las cargas en la posición de 120° y 240°.

- De los valores obtenidos en las tres series de mV/V se genera un promedio y con dichos promedios generamos una regresión lineal con lo que podemos estimar un comportamiento del IBC a lo largo de su capacidad de medición.

Hasta antes de que la celda de fuerza del dinamómetro no se tiene una caracterización real de su comportamiento en toda su escala, ya que los sistemas de los dinamómetros solo utilizan la tara del marco de carga sin que el freno del dinamómetro esté funcionando y construye una recta de comportamiento solo utilizando un segundo punto que obtiene cuando realizan la prueba denominada SPAN.

El valor de tensión eléctrica relacionado con el SPAN, es obtenido cuando se cargan las pesas correspondientes al tipo de dinamómetro, estas pesas equivalen a un valor aproximado de 68,1 kg. Lo anterior no es suficiente ya que los valores en los que las celdas de fuerza se mueven en la prueba por arriba de 10 BHP excede el valor equivalente en par torsional a los 68.1 kg multiplicado por el brazo de palanca del marco de carga. De lo anterior determinamos que la calibración de la celda de fuerza en todo su alcance nos permite controlar de manera adecuada esta variable.



Imagen 19. Verificando el valor de SPAN.



### 3.5.2.2 MEDICIÓN DEL BRAZO DE PALANCA.

Utilizando el sistema de medición portátil se realiza la medición del brazo de palanca, se utiliza este equipo ya que con equipos convencionales sería muy complicado y la exactitud sería comprometida, lo anterior debido a que a que el eje de aplicación de la carga de la celda de fuerza y el eje del disco donde se aplica el freno se encuentran en planos con diferentes alturas y recordando que el par torsional se define como: la fuerza que se aplica de manera perpendicular por la distancia a un punto fijo, lo anterior se puede entender de mejor manera en las imágenes siguientes.



Imagen 20. Imagen de los ejes de acción de la celda de fuerza y el eje de rotación del sistema de frenado.

Como se puede observar en las imágenes, el que los ejes de acción de la celda de carga y el eje de rotación del sistema de frenado estén en planos y alturas diferentes complica la medición de la distancia perpendicular que existe entre ambos y que será de utilidad para el cálculo del par torsional  $T$ , utilizando la **ecuación 2**.

### 3.5.3. CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE VELOCIDAD.

Para poder determinar la velocidad angular y la velocidad lineal se hace necesario recordar las ecuaciones 3 y 4.

$$v = \omega_R \times r_R \quad (3)$$

$$\omega_R = 2 \times \pi \times f_R \quad (4)$$

De lo cual se nos hace necesario el poder medir el radio del rodillo motriz y de la velocidad angular del mismo rodillo, lo anterior ocurre de la siguiente manera.

### 3.5.3.1. MEDICIÓN DEL RADIO DEL RODILLO MOTRIZ.

Para la medición del diámetro del rodillo se pueden utilizar equipos como calibradores digitales de puntas largas o cintas tipo pi incluso micrómetros de gran tamaño.

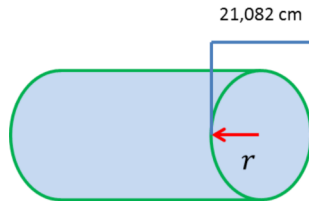


Figura 3.11. Diámetro del rodillo.



Imagen 21. Cinta PI.



Imagen 22. Rodillos del dinamómetro III.



Imagen 23. Calibradores de puntas especiales.

La medición del diámetro con los equipos anteriormente mencionados se hace un poco difícil, ya que para el caso de la cinta PI se requiere poder meter la cinta por abajo del rodillo y eso se complica por el poco espacio. En el caso de los calibradores de puntas largas las guardas son un problema ya que estas no permiten el libre acceso a los rodillos y el desarmado y armado de las mismas consume tiempo en la medición, independientemente que en caso de que las guardas no sean instaladas de manera correcta podrían causar accidentes o vibraciones no deseadas y en el caso de micrómetro de diámetros hay que tener una buena capacidad técnica, ya que si no se mide exactamente en el ecuador del rodillo se podrían obtener valores erróneos y desde luego queda también el tema de las guardas.

En este caso el sistema de medición con el brazo articulado de coordenadas es una solución efectiva, ya que es ágil en su medición, permite caracterizar todo el perímetro del rodillo en diferentes longitudes y el tema de las guardas no es significativo ya que la medición se puede realizar por medio de la envolvente.

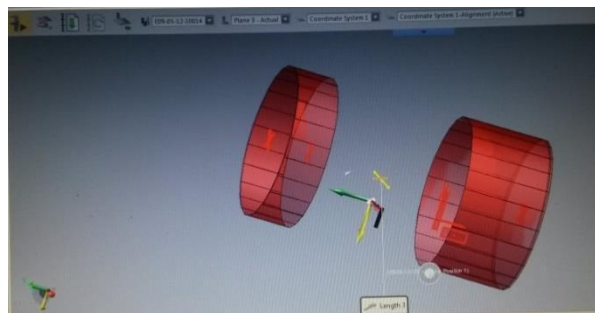


Imagen 24. Medición del diámetro de rodillo.

### 3.5.3.2 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR.

Para poder realizar la medición de la velocidad angular se determinó utilizar un sensor óptico que se describe en la tabla siguiente:

Tabla 14. Características metrológicas del sensor de velocidad angular.

| Magnitud                 | Patrón                          | Intervalo de Medida        |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| <b>velocidad angular</b> | Sensor óptico                   | 1 NPN; 1 PNP               |
| <b>tensión eléctrica</b> | Sistema de adquisición de datos | Hasta 50 datos por segundo |

Este sensor tiene la característica de poder obtener lecturas con una resolución de hasta un nano segundo, pero para poder estabilizar mejor las características de obtención de datos se programó para lecturas de un microsegundo.

Para poder garantizar estos intervalos de lecturas se calibró el sensor en conjunto con la tarjeta de adquisición de datos y la computadora que se utilizará como lazo completo de medición en un laboratorio acreditado en tiempo y frecuencia del cual se obtiene la tabla de calibración que se muestra a continuación.

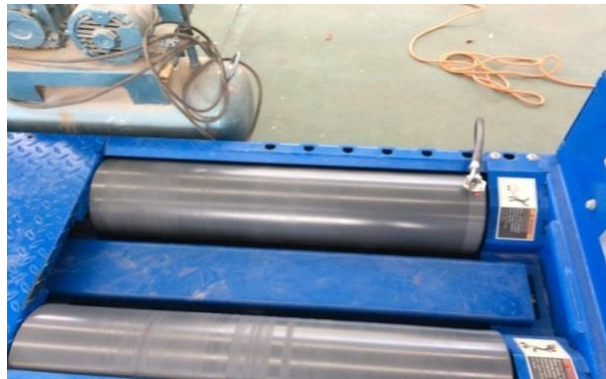


Imagen 25. Calibración del lazo de medición de velocidad angular.



### 3.6. CARGA DE DATOS EN EL SOFTWARE.

Para poder dar inicio a la calibración dinámica del dinamómetro es necesario alimentar al sistema de adquisición con información que será necesaria para la emisión del certificado de calibración bajo la norma NMX-EC-17025-IMNC-2066, así como de los parámetros de la calibración de la celda de fuerza, longitud del brazo de palanca y del diámetro del rodillo en el cual se encuentra alojado el sensor de velocidad angular del propio dinamómetro.

Lo anterior se describe en el siguiente diagrama.

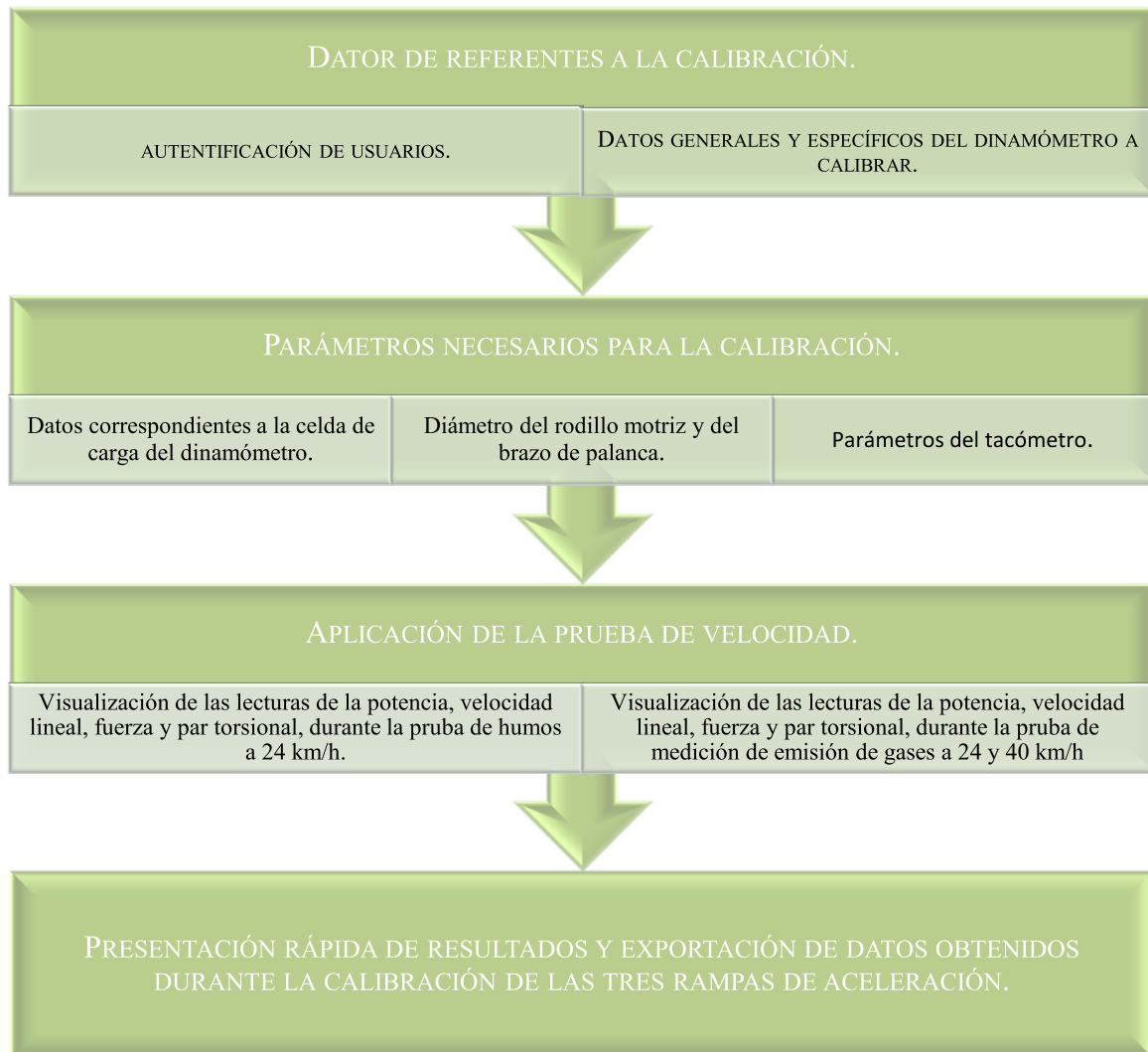


Figura 3.12. Flujo de trabajo con la aplicación del sistema de medición.

### 3.6.1. EJECUCIÓN DEL SOFTWARE MUUK' BALAK'.

Para dar inicio al sistema, se requiere dar doble clic en el icono de acceso directo instalado en el escritorio del equipo de cómputo.



Imagen 26. Icono de la aplicación.

### 3.6.2. VENTANA DE AUTENTICACIÓN.

Al ejecutar la aplicación se debe ingresar el usuario y la contraseña relacionada a dicho usuario para poder tener acceso a los campos correspondientes del servicio de calibración en desarrollo. Si el usuario y contraseña no se autentican correctamente el sistema no dará acceso a los campos de toma de datos del servicio.

En la imagen siguiente se muestra la pantalla inicial de la aplicación al ejecutarse.

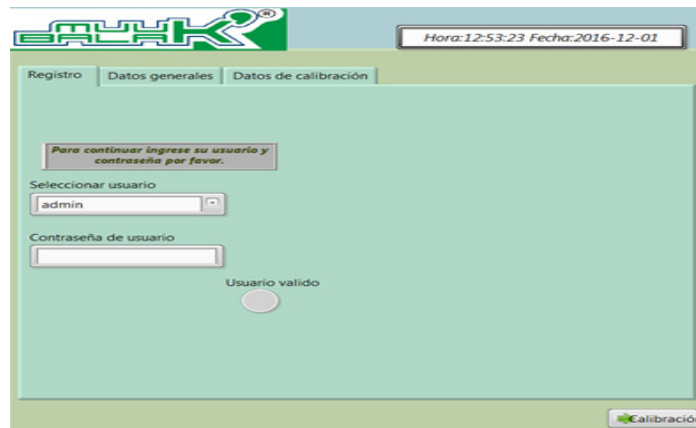


Imagen 27. Ventana inicial de aplicación antes de validación de usuario.

### 3.6.3. GENERACIÓN Y GUARDADO DE SESIÓN DE MEDICIÓN.

- a) En el recuadro “Nombre de la sesión”, se escribe el nombre del archivo con que se identificará la sesión de calibración a desarrollar.

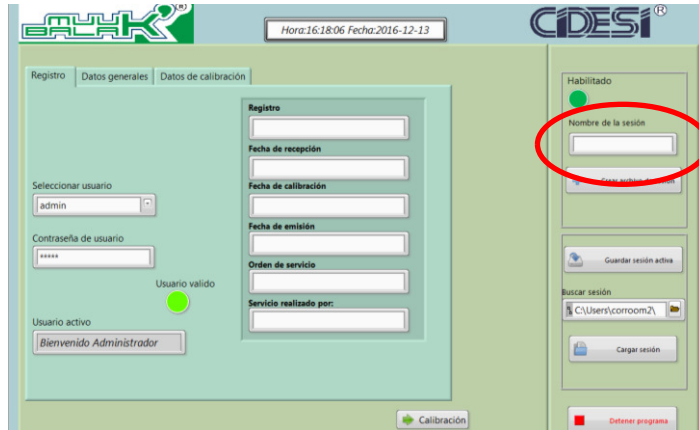


Imagen 28. Casilla de la sesión y creación del archivo de sesión.

- b) Una vez llenada la casilla de “Nombre de sesión”, se procede a crear el archivo de sesión, dando clic en el botón del mismo nombre.

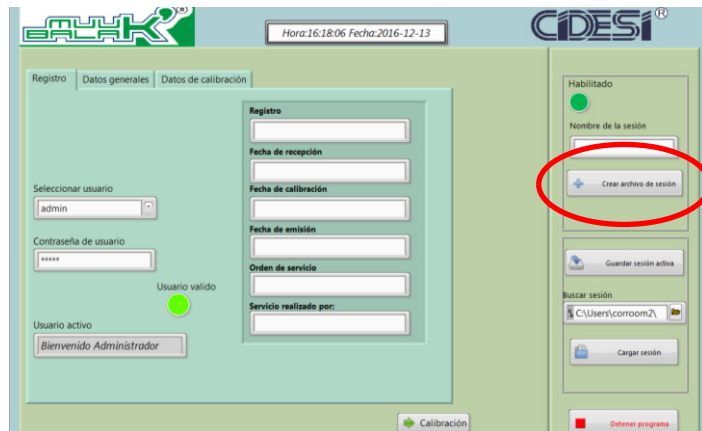


Imagen 29. Botón de guardado de la sección activa.

### 3.6.4. BÚSQUEDA DE SESIÓN.

En este recuadro se podrá localizar la dirección en la cual se guardará la sesión de calibración generada o bien si se requiere de llamar o tomar datos de una sesión anterior ya guardada, se podrá localizar fácilmente.

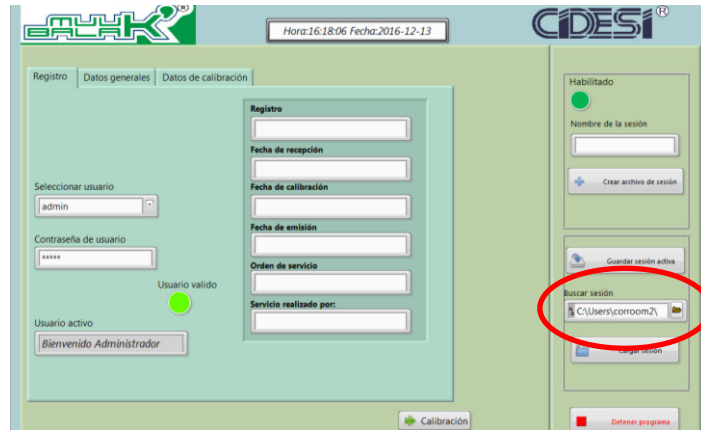


Imagen 30. Búsqueda de sesión.

### 3.6.5. CARGAR SESIÓN.

Con esta función se pueden cargar datos de otra sesión de calibración ya generada anteriormente, lo anterior se realiza:

- Primero se activa con un clic el botón “Cargar sesión”.
- Luego se localiza la sesión de interés en la casilla de “Búsqueda de sesión” y al localizarla se da doble clic en el archivo que se desea utilizar.
- En ese momento el sistema toma los datos ya guardados en dicho archivo seleccionado.
- Se realizan las modificaciones necesarias al archivo, se le asigna el nuevo nombre en la casilla “Nombre de la sesión”.
- También si se requiere reescribir en ese mismo archivo no es necesario cambiar el nombre.
- Por último se activa el botón “Guardar sesión activa” y con ello se genera el nuevo archivo de sesión.

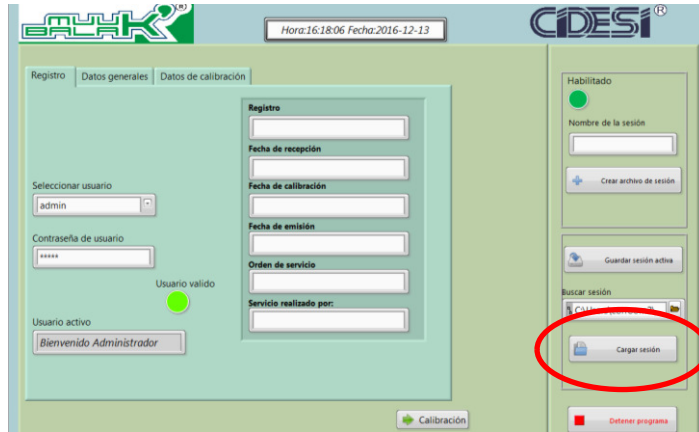


Imagen 31. Cargar sesión.

### 3.6.6. DATOS GENERALES.

Como se mencionó anteriormente, la aplicación está configurada para el proceso de medición de manera secuencial, se ingresara información que se requerirá para la elaboración del certificado de calibración correspondiente, así como otros datos de utilidad que permitirán tener un registro e historial de las calibraciones realizadas con el sistema de medición, lo anterior apegado a los requerimientos de la NMX-EC-17025-IMNC-2006.

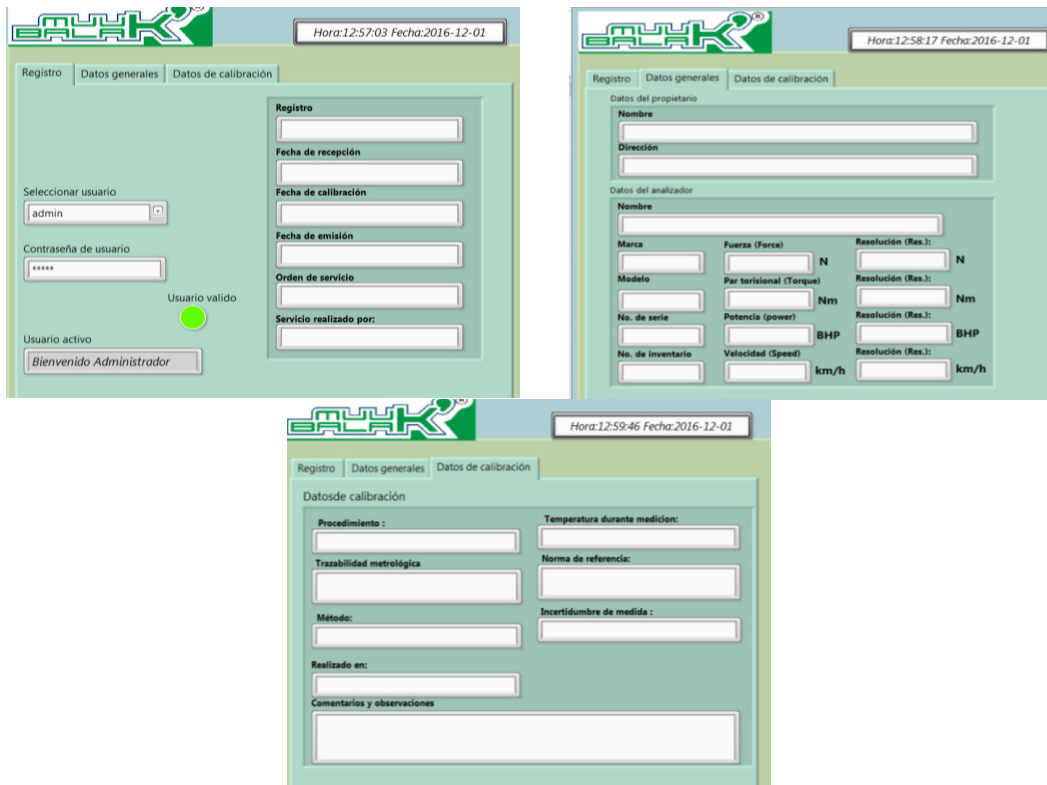


Imagen 32. Inicio de sesión y habilitación de uso del software.

### 3.6.7. PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA CALIBRACIÓN DEL DINAMÓMETRO.

Para la realización de las calibraciones con el sistema de medición Muuk' Balak' es necesario ingresar en sistema los siguientes datos de acuerdo a cada ventana descrita a continuación.

#### 3.6.7.1 CELDA DE CARGA.

En esta ventana se encuentran los espacios correspondientes a la selección de unidades y llenado de datos como lo son:

- Unidades de medición y calibración.
- Determinar los puntos en fuerza en los cuales se realizó o realizará la calibración de la celda de carga del dinamómetro.
- Si se tiene el certificado de calibración se pueden introducir manualmente los valores de tensión eléctrica relacionados a las cargas en fuerza en todo el alcance de la celda.
- En el caso en que se requiera realizar la calibración de la celda de carga del dinamómetro, se puede conectar la celda de carga patrón, establecer los puntos de calibración y obtener la respuesta de la celda de carga del dinamómetro en tensión eléctrica.
- En ambos casos se toma en cuenta la norma NMX-CH-7500-1-IMNC-2008.
- Con los resultados de la calibración en cualquiera de los casos de los incisos c y d, el sistema presenta la tendencia de funcionamiento de la celda de carga del dinamómetro, así como la ecuación de mejor ajuste.
- Cuando se termina el proceso de calibración se puede observar gráficamente el comportamiento de la celda de acuerdo a las tablas de los ángulos de posición en que se realice la calibración. En la figura siguiente se ejemplifica para una celda de 300 lbf con su equivalencia en Newton.

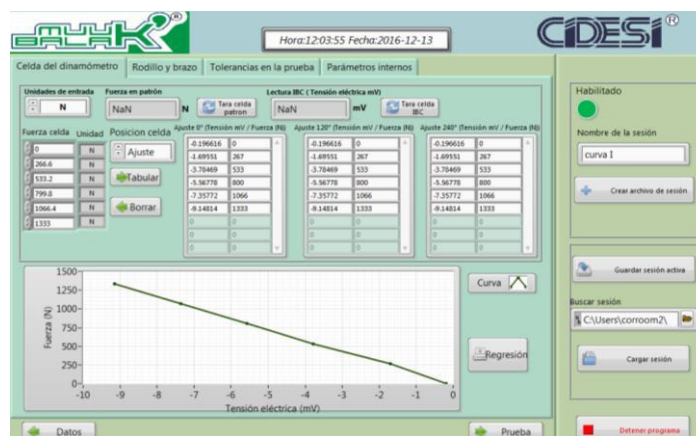


Imagen 33. Ejemplo de ingreso manual de valores de calibración de la celda de carga del dinamómetro.

- h) Y al presionar dos veces el botón de Regresión que se encuentra del lado derecho, se despliega una ventana emergente con la regresión lineal y la función matemática correspondiente para la celda calibrada. Una vez generados estos valores se almacenan internamente en el programa para la etapa de la realización de las pruebas.

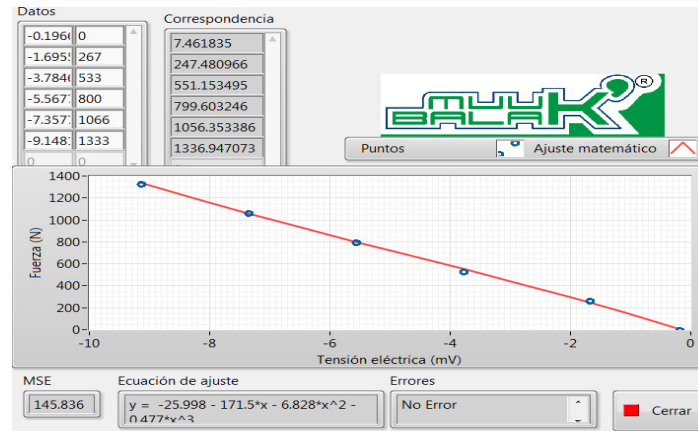


Imagen 34. Regresión lineal correspondiente a la celda calibrada.

### 3.6.7.2 RODILLOS Y BRAZO.

- a) Rodillo: Se requiere del diámetro del rodillo en el cual se tiene colocado el sensor de velocidad angular del dinamómetro.
- b) Brazo de palanca: Es la longitud perpendicular entre el eje de aplicación de fuerza de la celda de carga y el eje del freno de potencia del dinamómetro.

Imagen 35. Ventana de rodillo y brazo.



### 3.6.7.3 TOLERANCIAS.

De acuerdo a la norma NOM-047-SEMARNAT-2014 se hace referencia a los valores de Potencia al freno en el punto “5.2.4 Aplicando la carga de camino correspondiente de acuerdo a lo establecido el apartado 5.2.1 o 5.2.2, con una tolerancia de  $\pm 5\%$  cuando se apliquen cargas superiores a 10 caballos de potencia al freno o de  $\pm 1/2$  caballo de potencia al freno al aplicar cargas menores, se acelera el vehículo automotor hasta alcanzar  $24 \text{ km/h} \pm 2.4 \text{ km/h}$ . Mantener esta velocidad por 60 segundos.”

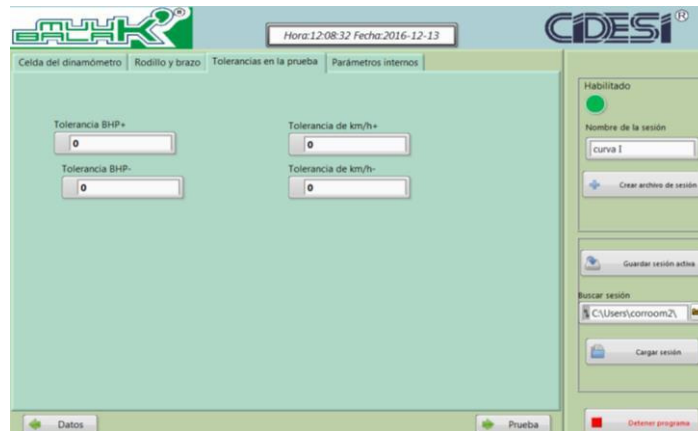


Imagen 36. Selección de las tolerancias según aplique para la prueba que se esté realizando con el sistema.

### 3.6.7.4 PARÁMETROS INTERNOS.

En esta ventana se habilitan los resultados de las calibraciones de los patrones utilizados por el sistema Muuk'Balak' como lo son:

- a) Los privilegios de acceso y modificación de estas configuraciones solamente las posee el administrador del sistema de medición, cada vez que se realice un cambio a estos valores, este es guardado y se cargan las configuraciones siempre al iniciar la aplicación.

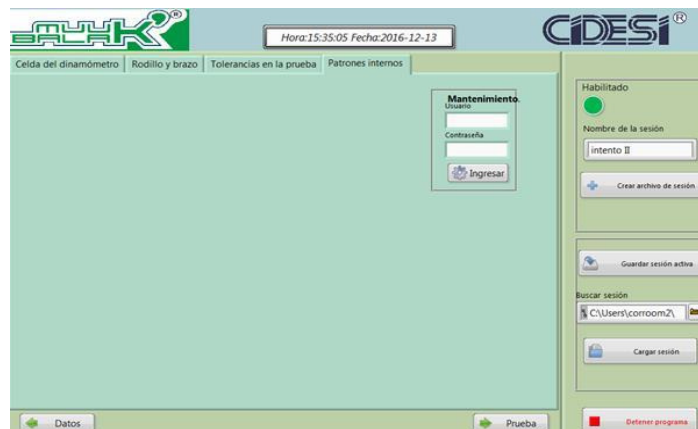


Imagen 37. Pantalla para cargar usuario y contraseña para acceso a ventana de Patrones internos.

- b) Celda de carga patrón. En esta pestaña se deben cargar la incertidumbre, el factor de cobertura  $k$ , la resolución utilizada en la calibración y lo relacionado a los parámetros de la ecuación de ajuste de la celda patrón que se emplea en las calibraciones de la celda de carga del dinamómetro.

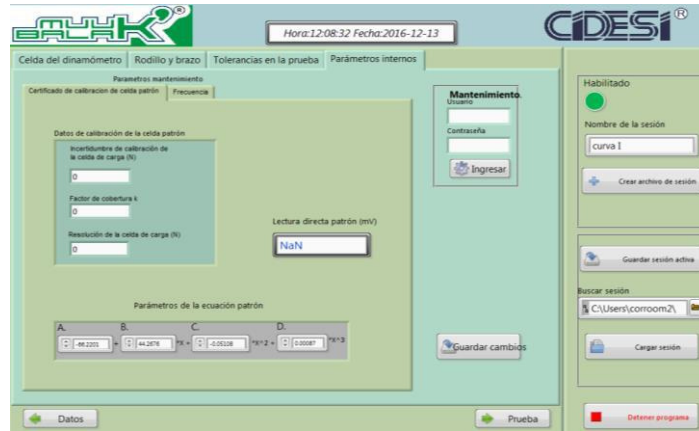


Imagen 38. Pantalla para cargar los resultados de calibración del patrón de fuerza.

- c) Patrón de frecuencia. En esta segunda pestaña se introducen los valores de resolución, factor de cobertura “ $k$ ” utilizado para la expansión de la incertidumbre y la incertidumbre correspondiente al punto de calibración seleccionado.



Imagen 39. Pantalla para cargar los resultados de calibración del patrón de medición de frecuencia.

- d) Se recomienda que las calibraciones de dichos patrones sea por medio de un laboratorio acreditado en las magnitudes requeridas, esto con la finalidad de que la exactitud y confiabilidad del sistema se mantenga, pero esto queda abierto al criterio del usuario.

### 3.6.7.5 UNIDADES DE MEDIDA.

Igualmente el software posee la alternativa de elegir las unidades con que se ingresaran los parámetros para realizar las operaciones de conversión necesarias del sistema ingles al sistema general de unidades.



Imagen 40. Pantalla para cargar las unidades de fuerza y de medición de la longitud del brazo de palanca y del diámetro del rodillo.

### 3.7. INSTRUMENTACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN.

A continuación se describe la instrumentación del sistema de medición Muuk' Balak' con la cual cuanta el sistema para poder realizar la calibración de los dinamómetros.

#### 3.7.1. MALETÍN DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Para la protección de los elementos del hardware y su conectividad con el software que trabajan en conjunto para realizar la medición de los parámetros de fuerza, par torsional, velocidad lineal y potencia al freno obtenidos de la calibración de los, se eligió un maletín de polímero rígido de alta densidad.



Imagen 41. Maletín Muuk' Balak'.

**Tabla 15 Elementos que integran el panel frontal.**

| No. | Descripción.  |
|-----|---|
| 1   | Botón de paro de emergencia.                                      |
| 2   | Entrada de conexión para celda del dinamómetro.                   |
| 3   | Entrada de conexión para sensor de velocidad de giro del rodillo. |
| 4   | Selector de encendido y apagado de sistema.                       |
| 5   | Lámpara indicadora de encendido.                                  |
| 6   | Puerto USB de conexión a la computadora.                          |
| 7   | Entrada de alimentación eléctrica 127 VAC.                        |
| 8   | Entrada DB15 para celda patrón.                                   |

### 3.7.2. CONEXIÓN DE LA CELDA DE CARGA DEL DINAMÓMETRO.

La lectura de la señal analógica proveniente de la celda de carga del mismo dinamómetro, que al conectarse a los cables correspondientes de la salida de señal que van hacia el gabinete de control.

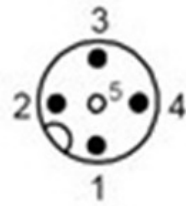


*Imagen 42. Cable para conexión de la celda IBC. Entrada para conexión de la celda IBC y conector del cable de adquisición.*

En este puerto se realiza la conexión del cable de interfaz donde se adquiere la señal proveniente de la celda de carga del mismo dinamómetro.

El tipo de conexión de dicho puerto permite la conexión adecuada solamente en una posición debido a una muesca interna que imposibilita una conexión inadecuada de los pines del conector.

En la siguiente figura se muestra la configuración de conexionado interno de los pines del conector para la celda. Estos corresponden a las entradas analógicas del módulo acondicionador de señal del sistema de adquisición, se toman las señales de tensión provenientes de la celda montada en el dinamómetro.



| Pin | Valor          |
|-----|----------------|
| 1   | Señal +.       |
| 2   | Señal -.       |
| 3   | No habilitado. |
| 4   | No habilitado. |

Figura 3.13. Correspondencia de pines de entrada para la señal de la celda del dinamómetro.

### 3.7.3. SENSOR DE VELOCIDAD ANGULAR.

Lectura de un tren de pulsos digitales proporcionados por un sensor laser de fibra óptica que detecta los cambios dados por una marca reflejante colocada sobre el mismo rodillo donde se encuentra el sensor de velocidad del dinamómetro.



Imagen 43. Sensor de velocidad.

En la siguiente imagen se muestra el panel frontal del maletín del sistema, junto con su descripción correspondiente.

### 3.7.4. PARO DE EMERGENCIA.

La función de este elemento consiste en detener el funcionamiento del maletín y cortar la alimentación eléctrica a los módulos de adquisición y la DAQ, así como la instrumentación conectada al equipo en caso de algún problema durante la operación, corto circuito y alguna otra eventualidad que se pudiera presentar durante el proceso de uso.



*Imagen 44. Botón de paro de emergencia.*

Esto es como una capa adicional de seguridad, ya que internamente el hardware de la DAQ y los módulos de adquisición de señal cuentan con filtros de protección en sus entradas que protegen el sistema de adquisición al detectar algún funcionamiento irregular en el sistema eléctrico.

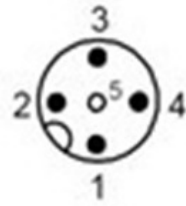
### 3.7.5. ENTRADA DEL SENSOR DE VELOCIDAD ANGULAR.

La función de esta entrada digital es monitorear la señal que proporcionará el tacómetro que se montará de manera paralela en el rodillo en donde el dinamómetro toma sus propias lecturas de velocidad angular, y con ello determinar las revoluciones por minuto (rpm) y velocidad de giro de los rodillos sobre los cuales se monta el vehículo para su prueba en el dinamómetro.



*Imagen 45. Entrada para el sensor del tacómetro.*

La velocidad angular del rodillo motriz es calculada en función de la frecuencia con que una marca reflejante de luz pasa por el ocular del sensor de rpm colocada sobre el rodillo, y va mandando un pulso en alto cada vez que pasa sobre el sensor y un pulso en bajo cuando no se encuentra sobre el sensor.



| Pin | Valor          |
|-----|----------------|
| 1   | Señal +.       |
| 2   | Señal -.       |
| 3   | No habilitado. |
| 4   | No habilitado. |

Figura 3.14. Correspondencia de pines de entrada para el tacómetro paralelo.

Estos cambios son medidos contra la frecuencia proporcionada por el reloj interno del sistema DAQ. Y en conjunto con los diámetros de los rodillos se obtiene la velocidad a la cual se encuentran girando los rodillos y la velocidad del vehículo bajo prueba.

### 3.7.6. INTERRUPTOR DE FUNCIONAMIENTO.

La perilla de dos posiciones con desplazamiento en un ángulo de 45° permite encender y apagar el sistema para su respectivo uso en la realización de las calibraciones de los dinamómetros.



Imagen 46. Selector de encendido/apagado del sistema.

### 3.7.7. LÁMPARA DE ENCENDIDO.

Proporciona una señal visual del estado operativo del sistema de medición, es decir cuando el sistema se encuentra energizado y la perilla de encendido esta en modo encendido, el foco de la señal se enciende y se destella una luz verde, cuando la perilla de encendido está en posición de apagado o el interruptor de paro de emergencia se encuentra activado, esta luz verde se apaga.





*Imagen 47. Lámpara de estado del sistema.*

### 3.7.8. PUERTO DE COMUNICACIÓN USB.

El receptor USB que se encuentra en el sistema corresponde a un conector tipo B de forma cuadrada. Este tipo de conector se usa para cables desprendibles que emplean instrumentos conectados a la PC y que requieren de una cantidad de datos importantes así como de una buena velocidad de comunicación.



*Imagen 48. Puerto USB tipo B para comunicación con la PC.*

Este tipo de conector es eléctricamente idéntico a otros, con la única diferencia mecánica en su apariencia, esto con la intención de prevenir la conexión de un dispositivo huésped ajeno e impedir un corto circuito accidental. El conector cuenta con una tapa para prevenir la suciedad por polvos u otros factores ambientales.



### 3.7.9. ENTRADA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA.

Se trata de la entrada tipo macho para energizar todo el sistema, esta entrada admite 127 VAC.



*Imagen 49. Entrada de alimentación eléctrica.*

### 3.7.10. CONECTOR PARA CELDA PATRÓN.

La función de esta interfaz es la de permitir cuando sea requerido la conexión de una celda patrón para la calibración en sitio de la celda de carga del dinamómetro. Consiste en un puerto de tipo DB15 de dos líneas que es empleada de manera común con otros instrumentos indicadores para celdas de carga.

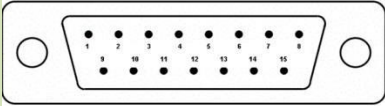


*Imagen 50. Interfaz de conexión de celda patrón.*

Internamente en el sistema se encuentran habilitados los puertos analógicos de entrada para la señal de la celda, así como la fuente de alimentación para esta misma, proporcionando una tensión de alimentación de 5 VDC.

Este puerto fue elegido considerando el uso de celda patrón con una configuración de conexión para otros dispositivos de alta calidad, así como la facilidad que presenta para poder ser utilizada y refaccionada.

Tabla 16. Pines del puerto para celda patrón.



| Pin. | Correspondencia.    | Pin. | Correspondencia.        |
|------|---------------------|------|-------------------------|
| 1    | No habilitado.      | 9    | No habilitado.          |
| 2    | No habilitado.      | 10   | No habilitado.          |
| 3    | No habilitado.      | 11   | No habilitado.          |
| 4    | No habilitado.      | 12   | Señal celda -.          |
| 5    | No habilitado.      | 13   | Señal celda +.          |
| 6    | No habilitado.      | 14   | No habilitado.          |
| 7    | No habilitado.      | 15   | Alimentación -0<br>VDC. |
| 8    | Alimentación +5VDC. |      |                         |

### 3.8. OBTENCIÓN DE CORRIDA DE DATOS.

Una vez que el sistema termina de adquirir datos, esto se quedan guardados en un archivo del tipo “.dat” lo anterior para evitar en medida de lo posible que las corridas obtenidas sean modificadas o cambiadas, pero como es cabido es complicado el tratado de datos bajo este tipo de formato, por lo que dicho archivo “.dat” es conservado más como evidencia de lo obtenido en las pruebas y ese mismo archivo se convierte a formato de Excel, para con ello poder realizar le tratamiento estadístico, matemático y de estimación de incertidumbre que nos será de utilidad para la elaboración del certificado de calibración correspondiente.

Desde luego para poder realizar una calibración, se requiere de tener la corrida de datos que es capaz de capturar el sistema propio del dinamómetro en cuestión, ya que si no contamos con dichos valores, no podríamos hacer la comparación entre valores obtenidos y no podríamos calcular el error correspondiente de las rampas de velocidad segundo a segundo.

*Tabla 17. Datos del patrón y del IBC.*

| Lecturas del IBC |      |          |      |                  | Lecturas del patrón de CIDESI |        |        |       |       |        |
|------------------|------|----------|------|------------------|-------------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|
| No.              | Kph  | Thp      | Bhp  | Lectura Neta Lbs | Time*                         | RPM    | N      | BHP   | km/h  | Nm     |
| 1                | 9,8  | 2,0415   | 0,1  | 1,8              | 0                             | 0,00   | -0,88  | 0,00  | 0,00  | -0,22  |
| 2                | 14,9 | 2,2684   | 0,1  | 2                | 1                             | 0,00   | 0,11   | 0,00  | 0,00  | 0,03   |
| 3                | 19,4 | 5,8981   | 0,4  | 5,2              | 2                             | 0,00   | 6,43   | 0,00  | 0,00  | 1,64   |
| 4                | 22,8 | 5,7846   | 0,5  | 5,1              | 3                             | 0,00   | -1,73  | 0,00  | 0,00  | -0,44  |
| 5                | 25,5 | 5,8981   | 0,6  | 5,2              | 4                             | 0,00   | 11,46  | 0,00  | 0,00  | 2,92   |
| 6                | 26,3 | 5,8981   | 0,6  | 5,2              | 5                             | 0,00   | 10,20  | 0,00  | 0,00  | 2,59   |
| 7                | 26,4 | 6,1251   | 0,5  | 5,4              | 6                             | 163,08 | 9,72   | 0,06  | 6,63  | 2,47   |
| 8                | 26,2 | 6,1251   | 0,6  | 5,4              | 7                             | 390,13 | 10,74  | 0,15  | 15,86 | 2,73   |
| 9                | 25,5 | 10,3218  | 0,8  | 9,1              | 8                             | 488,06 | 11,26  | 0,20  | 19,84 | 2,86   |
| 10               | 24,8 | 19,0561  | 1,7  | 16,8             | 9                             | 597,20 | 10,83  | 0,23  | 24,28 | 2,76   |
| 11               | 24,3 | 34,1422  | 3    | 30,1             | 10                            | 665,31 | 12,23  | 0,29  | 27,05 | 3,11   |
| 12               | 24,1 | 67,1501  | 5,9  | 59,2             | 11                            | 690,55 | 10,60  | 0,26  | 28,07 | 2,70   |
| 13               | 23,9 | 100,1581 | 8,8  | 88,3             | 12                            | 693,76 | 11,04  | 0,27  | 28,20 | 2,81   |
| 14               | 23,7 | 126,1337 | 11   | 111,2            | 13                            | 690,59 | 12,50  | 0,31  | 28,07 | 3,18   |
| 15               | 23,1 | 150,67   | 12,8 | 132,9            | 14                            | 675,82 | 16,51  | 0,40  | 27,47 | 4,20   |
| 16               | 21,7 | 160,473  | 12,8 | 141,5            | 15                            | 649,51 | 35,67  | 0,83  | 26,40 | 9,08   |
| 17               | 21,2 | 154,6044 | 11,9 | 136,3            | 16                            | 640,50 | 70,86  | 1,62  | 26,04 | 18,03  |
| 18               | 21,3 | 157,667  | 12,2 | 139              | 17                            | 632,40 | 171,06 | 3,87  | 25,71 | 43,53  |
| 19               | 22,4 | 155,81   | 12,8 | 137,4            | 18                            | 628,45 | 272,55 | 6,12  | 25,55 | 69,37  |
| 20               | 23,1 | 150,67   | 12,8 | 132,9            | 19                            | 620,01 | 261,88 | 5,80  | 25,20 | 66,65  |
| 21               | 24   | 145,148  | 12,8 | 128              | 20                            | 615,57 | 555,49 | 12,22 | 25,02 | 141,37 |
| 22               | 24,2 | 144,227  | 12,8 | 127,2            | 21                            | 571,63 | 597,15 | 12,20 | 23,24 | 151,97 |
| 23               | 24,2 | 144,227  | 12,8 | 127,2            | 22                            | 555,78 | 600,86 | 11,93 | 22,59 | 152,92 |
| 24               | 24,1 | 144,467  | 12,8 | 127,4            | 23                            | 556,30 | 604,42 | 12,02 | 22,62 | 153,82 |
| 25               | 24,1 | 144,928  | 12,8 | 127,8            | 24                            | 583,87 | 612,83 | 12,79 | 23,74 | 155,96 |
| 26               | 24,2 | 147,607  | 12,8 | 130,2            | 25                            | 607,47 | 611,07 | 13,27 | 24,70 | 155,52 |
| 27               | 24,3 | 146,676  | 12,8 | 129,3            | 26                            | 625,18 | 613,03 | 13,70 | 25,42 | 156,01 |
| 28               | 24,4 | 145,997  | 12,8 | 128,7            | 27                            | 636,44 | 610,66 | 13,89 | 25,87 | 155,41 |
| 29               | 24,5 | 145,54   | 12,8 | 128,3            | 28                            | 635,77 | 604,55 | 13,74 | 25,85 | 153,86 |
| 30               | 24,6 | 145,086  | 12,8 | 127,9            | 29                            | 633,09 | 600,03 | 13,58 | 25,74 | 152,71 |
| 31               | 24,7 | 141,114  | 12,8 | 124,4            | 30                            | 631,09 | 595,98 | 13,44 | 25,66 | 151,68 |
| 32               | 24,8 | 140,677  | 12,8 | 124,1            | 31                            | 635,77 | 609,68 | 13,85 | 25,85 | 155,16 |
| 33               | 24,8 | 140,449  | 12,8 | 123,9            | 32                            | 639,15 | 599,78 | 13,70 | 25,98 | 152,64 |
| 34               | 24,8 | 137,157  | 12,8 | 120,9            | 33                            | 643,27 | 598,39 | 13,76 | 26,15 | 152,29 |
| 35               | 24,9 | 136,735  | 12,8 | 120,6            | 34                            | 644,64 | 597,29 | 13,76 | 26,21 | 152,01 |
| 36               | 24,9 | 136,735  | 12,8 | 120,6            | 35                            | 646,72 | 592,09 | 13,69 | 26,29 | 150,69 |
| 37               | 24,9 | 140,017  | 12,8 | 123,5            | 36                            | 648,11 | 593,97 | 13,76 | 26,35 | 151,16 |
| 38               | 24,9 | 140,017  | 12,8 | 123,5            | 37                            | 652,33 | 590,50 | 13,77 | 26,52 | 150,28 |
| 39               | 24,9 | 140,017  | 12,8 | 123,5            | 38                            | 652,34 | 592,78 | 13,82 | 26,52 | 150,86 |

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.**

|    |      |          |      |       |
|----|------|----------|------|-------|
| 40 | 25   | 139,587  | 12,8 | 123,1 |
| 41 | 25,2 | 138,533  | 12,8 | 122,2 |
| 42 | 25,2 | 138,533  | 12,8 | 122,2 |
| 43 | 25,2 | 138,312  | 12,8 | 122   |
| 44 | 25,3 | 137,913  | 12,8 | 121,6 |
| 45 | 25,3 | 137,913  | 12,8 | 121,6 |
| 46 | 25,4 | 137,278  | 12,8 | 121,1 |
| 47 | 25,4 | 137,278  | 12,8 | 121,1 |
| 48 | 25,4 | 137,081  | 12,8 | 120,9 |
| 49 | 25,4 | 137,081  | 12,8 | 120,9 |
| 50 | 25,4 | 137,278  | 12,8 | 121,1 |
| 51 | 25,4 | 137,278  | 12,8 | 121,1 |
| 52 | 25,4 | 137,081  | 12,8 | 120,9 |
| 53 | 25,4 | 137,081  | 12,8 | 120,9 |
| 54 | 25,4 | 137,081  | 12,8 | 120,9 |
| 55 | 25,5 | 136,668  | 12,8 | 120,5 |
| 56 | 25,6 | 133,393  | 12,5 | 117,6 |
| 57 | 25,6 | 150,8613 | 14,3 | 133   |
| 58 | 25,6 | 151,4284 | 14,2 | 133,5 |
| 59 | 25,6 | 150,7478 | 14,2 | 132,9 |
| 60 | 25,6 | 145,303  | 13,6 | 128,1 |
| 61 | 23,6 | 137,1361 | 11,9 | 120,9 |
| 62 | 19,2 | 127,835  | 9,2  | 112,7 |
| 63 | 14,8 | 99,8179  | 5,7  | 88    |
| 64 | 10,4 | 78,6065  | 3,2  | 69,3  |
| 65 | 6,8  | 55,3536  | 1,6  | 48,8  |
| 66 | 3,5  | 21,3246  | 0,4  | 18,8  |
| 67 | 1,3  | 0,9072   | 0    | 0,8   |

|    |        |        |       |       |        |
|----|--------|--------|-------|-------|--------|
| 39 | 652,34 | 594,15 | 13,85 | 26,52 | 151,21 |
| 40 | 653,06 | 598,16 | 13,96 | 26,55 | 152,23 |
| 41 | 655,16 | 595,88 | 13,95 | 26,63 | 151,65 |
| 42 | 654,47 | 598,54 | 14,00 | 26,61 | 152,33 |
| 43 | 654,48 | 602,83 | 14,10 | 26,61 | 153,42 |
| 44 | 653,04 | 596,74 | 13,93 | 26,55 | 151,87 |
| 45 | 658,03 | 593,64 | 13,96 | 26,75 | 151,08 |
| 46 | 660,95 | 590,45 | 13,95 | 26,87 | 150,27 |
| 47 | 661,69 | 600,90 | 14,21 | 26,90 | 152,93 |
| 48 | 662,40 | 600,67 | 14,22 | 26,93 | 152,87 |
| 49 | 664,60 | 592,73 | 14,08 | 27,02 | 150,85 |
| 50 | 663,13 | 592,92 | 14,05 | 26,96 | 150,90 |
| 51 | 666,09 | 587,99 | 14,00 | 27,08 | 149,64 |
| 52 | 668,28 | 597,56 | 14,27 | 27,17 | 152,08 |
| 53 | 669,04 | 594,50 | 14,22 | 27,20 | 151,30 |
| 54 | 667,57 | 596,50 | 14,23 | 27,14 | 151,81 |
| 55 | 666,07 | 593,66 | 14,13 | 27,08 | 151,09 |
| 56 | 668,29 | 595,50 | 14,22 | 27,17 | 151,55 |
| 57 | 666,81 | 589,23 | 14,04 | 27,11 | 149,96 |
| 58 | 667,54 | 589,44 | 14,06 | 27,14 | 150,01 |
| 59 | 669,03 | 584,64 | 13,98 | 27,20 | 148,79 |
| 60 | 671,28 | 586,78 | 14,08 | 27,29 | 149,33 |
| 61 | 672,81 | 583,80 | 14,04 | 27,35 | 148,58 |
| 62 | 673,54 | 593,14 | 14,28 | 27,38 | 150,95 |
| 63 | 673,52 | 586,38 | 14,11 | 27,38 | 149,23 |
| 64 | 672,79 | 592,06 | 14,24 | 27,35 | 150,68 |
| 65 | 672,77 | 588,07 | 14,14 | 27,35 | 149,66 |
| 66 | 584,45 | 544,45 | 11,37 | 23,76 | 138,56 |

Hay que tomar en cuenta de que estas tablas solo son de tipo ilustrativas, pero dan cuenta clara de lo que se obtiene en las corridas de las pruebas de las diferentes rampas de velocidad y etapas de la prueba.

### 3.9. APORTACIÓN EN EL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

#### 3.9.1. DISEÑO DEL MODELO NUMÉRICO.

Antes de establecer el modelo número a utilizar se realizaron consultas a algunos programadores y usuarios de los sistemas instalados para el funcionamiento de los dinamómetros, los cuales utilizaban dos vertiente. La primera de ellas es el poder controlar la potencia al freno por medio del par torsional aplicado sin importar la velocidad a la cual se estuviera corriendo la prueba, y la segunda es considerando el valor de tensión eléctrica al cual la celda de carga estaría cerca de aplicar la carga esperada y prácticamente por regla de tres aplicar la tensión correspondiente para aplicar una carga mayor o menor de acuerdo a lo que se requiere.

Lo que quedó muy claro en esta parte de la investigación es que logrando obtener valores de longitud del brazo y mediciones del diámetro del rodillo en el cual la dispersión de los valores tuviera un máximos de  $\pm 1$  mm con una incertidumbre de medición no mayor a  $\pm 1$  mm y que desde luego esto en combinación con la determinación del comportamiento real de la celda de carga, podríamos establecer valores reales de control para el dinamómetro, dejando de lado y que si se realizaba el control por medio de estos tres parámetros más la velocidad angular del rodillo motriz se podían realizar correcciones tal y como se puede ver en la siguientes graficas:

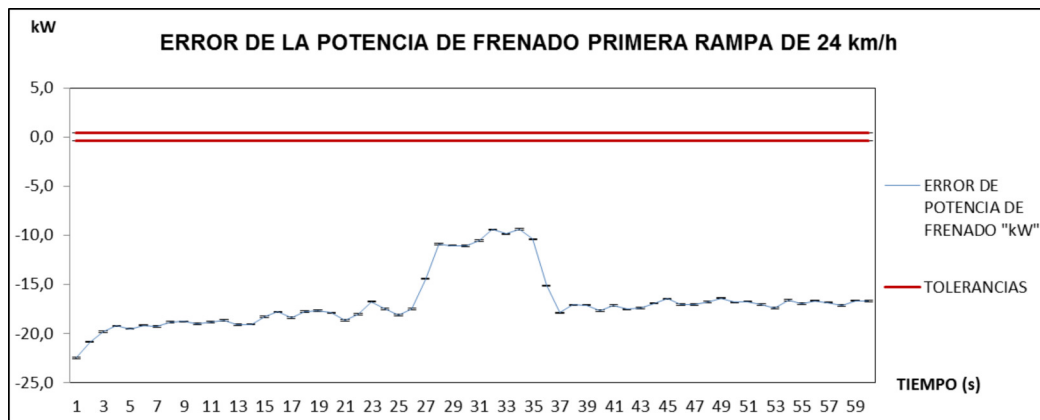


Imagen 51. Lectura de la potencia desarrollada de un dinamómetro sin considerar valores reales de distancia del brazo de palanca, diámetro del rodillo y comportamiento de la celda de carga.

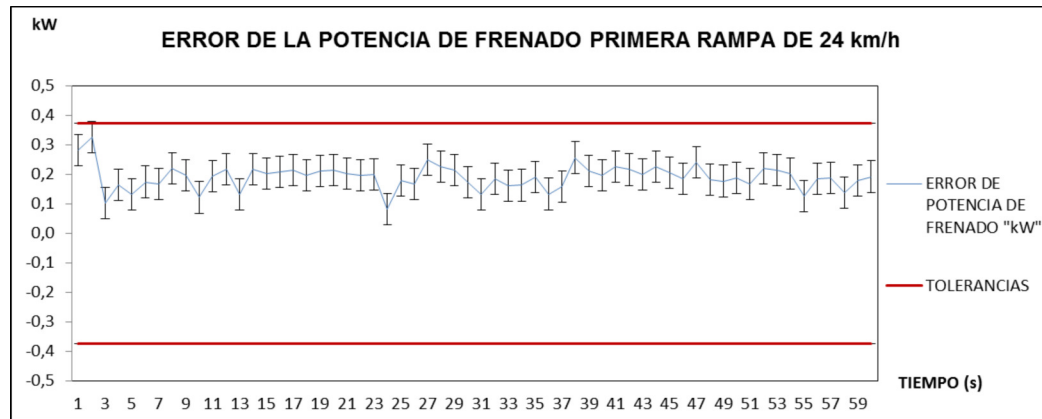


Imagen 52. Lectura de la potencia desarrollada de un dinamómetro realizando correcciones de los valores reales de distancia del brazo de palanca, diámetro del rodillo y comportamiento de la celda de carga.

Como se puede ver en las imágenes anteriores, el establecimiento correcto del modelo numérico y aplicando las correcciones correspondientes nos dan como resultado un equipo con buen desempeño.

El modelo numérico de la ecuación (5) fue la que se propuso y estableció finalmente en el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetros DGN – CENAM, 12 de Enero de 2017.

### 3.9.2. ESTIMACIÓN DEL MODELO DE INCERTIDUMBRE.

Ya establecido el modelo numérico, de cierta manera fue más sencillo establecer las magnitudes a considerar así como las fuente de influencia, de lo anterior se derivó un instructivo que nos permitió establecer de manera clara la metodología seguida para la estimación de la incertidumbre y que por su importancia se determinó subirlo al sistema de calidad del laboratorio de analizadores específicos en donde se aloja todo lo referente para la acreditación de la calibración de dinamómetros.

Es pertinente comentar que el modelo de estimación de incertidumbre presentado en este trabajo de tesis es el que se plasmó en el Lineamiento para la Calibración de Dinamómetros DGN – CENAM; 12 de enero de 2017.

### 3.9.3. APORTACIÓN PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE.

Ciertamente no es suficiente el tener el modelo numérico, la incertidumbre que este tiene de manera inherente, poder generar una hoja de cálculo y validarla, se hace muy necesario el poder alimentar con datos confiables dicha hoja de cálculo, por lo que el desarrollo del software, la selección del lenguaje de programación y desde luego la plataforma en la cual podría correr en una computadora toman una vital importancia.

Por lo anterior se requería saber de la capacidad mínima necesaria de la computadora en la cual se podrá correr la aplicación, que fuera una adquisición de datos ágil, que al menos se

podiera tener un promedio de 15 kilosamples por segundo, que la memoria RAM y ROM del equipo de cómputo fueran lo necesario sin caer en el extremo de un súper equipo que encareciera y dificultara el uso de la aplicación y desde luego no olvidar la portabilidad del equipo de adquisición y manejo de datos derivados de la calibración del dinamómetro.

Se hizo necesario correr un experimento en el cual se conectaron 3 sistemas Muuk´ Balak´ con computadoras de diferentes capacidades y procesadores que fueron un procesador icore3 con 2 GB en RAM, icore5 con 4GB en RAM y un icore7 con 8 GB en RAM.

El experimento consistió en alimentar con la misma señal de tensión eléctrica de la celda de carga y con la misma señal generada por el tacómetro que se seleccionó como parte de la instrumentación a los tres equipos.

### 3.9.4. METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN.

En el desarrollo del software no solo importaba la programación si no también lo que se tenía que programar, la secuencia de adquisición de datos, y que antes de adquirir datos o señales determinar claramente la fuentes que nos darían la información para poder realizar la calibración de allí es que se analizaron y establecieron esas fuentes de la siguiente manera.

- Celda de carga: Se estableció que los rangos de uso de las celdas de carga oscilaban entre 200 N y 700 N, y que arrojaban señales de mV/V y que se requería que la señal a obtener fuera pura es decir no tuviera algún acondicionamiento para con ello realizar la calibración y por medio de los errores residuales consecuencia de la calibración pudiéramos programar la regresión lineal y así obtener el comportamiento de la celda de carga en todo su intervalo de medición para que posteriormente fuera utilizada como el patrón de fuerza el cual nos permitiría determinar y capturar por medio del software tanto los valores fuerza como los valores del par torsional de manera instantánea.
- Tacómetro: revisando la instrumentación del dinamómetro nos percatamos que tenían diferentes tipos de sensores de velocidad angular que van desde encoder, tacómetros ópticos, sensores presenciales de tipo electromagnéticos, de pulsos por medio de engranes, etc. Por lo anterior resultaba muy complicado el poder establecer valores de referencia para poder medir esta característica, por lo que se decidió programar la adquisición de la señal de manera independiente al dinamómetro y viendo que se podían obtener un número de datos mucho mayor a los que adquieren los sistemas de los dinamómetros se optó por utiliza una señal independiente y procesar nuestros propios datos.
- No intrusivo: esta es la parte medular de la programación de la adquisición y manejo de datos, ya que el sistema toma la señal de la celda de carga antes de que esta sea acondicionada, la señal del tacómetro corre totalmente por medio delos recursos de la electrónica del sistema Muuk´ Balak´ y por ende se obtiene señales independientes, y que el equipo, su programación e instrumentación no interfieran en el desempeño del dinamómetro.



- Presentación de datos: no fue cosa menor el determinar los datos que se requerían recopilar y que fueran compatibles en unidades, forma y tiempo con los datos que nos puede entregar el sistema de los dinamómetros, de esto se estableció en la programación del software que se entregara la hora, minuto y segundo en que se adquiría cada dato segundo a segundo, de la fuerza, par torsional, velocidad angular, velocidad lineal y potencia al freno para con ello poder determinar algún fallo en la conversión de unidades o bien en la determinación de parámetros como el par torsional y la potencia al freno producto de alguna pérdida de datos. Lo anterior tenía que ser exportable a Excel por la comodidad de poder comparar lo obtenido de los sistemas de los dinamómetros propiedad de los CVV y así poder realizar los cálculos de errores y la estimación de la incertidumbre, tal y como se muestra a continuación.

### 3.10. APORTACIÓN EN LA INSTRUMENTACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN.

Tal vez la aportación más trascendente y en la que se fundamenta la adquisición de datos, la manera en la que se calibra el sistema en la parte de fuerza y de par torsional es considerar que con la calibración y caracterización de la celda de carga podemos convertir esa misma celda de carga en el patrón que nos dirá cómo se desempeña el dinamómetro en la parte de potencia. Por ello es que en la instrumentación del maletín se optó en tener un puesto para poder calibrar la celda de carga del dinamómetro y la entrada para conectar el patrón de fuerza y así poder realizar la calibración en el mismo sitio en que se encuentra instalada la celda del dinamómetro y caracterizar todo el lazo de medición y no agregar fuentes de errores ni de incertidumbre a la medición.



## 4. EXPERIMENTACIÓN.

En la etapa de la experimentación cabe mencionar que no solo se trató de hacer pruebas de captura de lecturas, o de comunicación, o de la manera en que el dinamómetro entregaba la señal de la celda o velocidad, incluso del tipo de tarjetas de adquisición que fueran aptas para el sistema, sino que también el tema de conectividad, espacio, protección del equipo y del software revistieron de gran importancia para poder con ello tener un sistema ágil, versátil, seguro y desde luego que tenga una exactitud que fuera la apropiada para todos los tipos de dinamómetros a los cuales se les pretendía dar el servicio de calibración.

De lo anterior se presentan los siguientes resultados derivados de la experimentación.

### 4.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN.

La presentación de los resultados derivados de la calibración es trascendental, ya que de esta información puede depender el buen funcionamiento del dinamómetro, y se menciona que puede porque en realidad en el certificado de calibración se encuentran todos los datos necesarios para que él o los técnicos encargados del buen funcionamiento del equipo puedan tomar los valores obtenidos y corregir parámetros como la longitud del brazo de palanca y los valores de tensión eléctrica de la celda de carga y con ello corregir el par torsional obtenido, los diámetros de los rodillo y estimar la velocidad lineal y angular con una exactitud aceptable, pero si no se realizan este tipo de correcciones en caso de que ello sea necesario, difícilmente el certificado será de utilidad.



Imagen 53. Búsqueda de señales de entrada de la celda de carga y del tacómetro .



Imagen 54. Primer intento de adquisición de señales.



Imagen 55. Comparación de la medición de 3

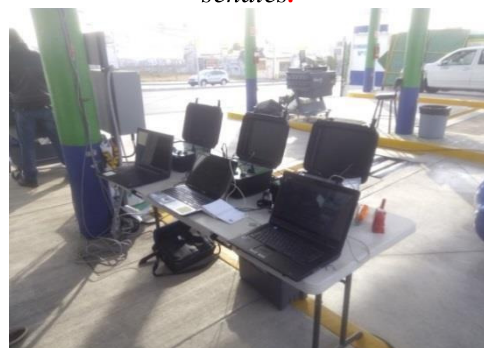


Imagen 56. Validación de adquisición de datos de

sistemas al mismo tiempo.

3 sistemas en un CVV.

#### 4.1.1. CARÁTULA DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
CERTIFICATE OF CALIBRATION

**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS UNIDAD QUERÉTARO**  
METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS

REGISTRO No.: (Report No.) \_\_\_\_\_  
Dates \_\_\_\_\_

FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) \_\_\_\_\_

FECHA DE CALIBRACIÓN: (Measurement) \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN: (Issued) \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) \_\_\_\_\_

PÁGINA: (Page) 1 DE 12

**DATOS DEL PROPIETARIO (CUSTOMER INFORMATION)**

NOMBRE: (Name) \_\_\_\_\_ CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL

DIRECCIÓN: (Address) \_\_\_\_\_ AV. PLAYA PIE DE LA CUESTA 702, DESARROLLO SAN PABLO, C.P. 76125, QUERÉTARO, QRO

**DATOS DEL INSTRUMENTO (INSTRUMENT INFORMATION)**

DINÁMÓMETRO DE CHASIS PARA PRUEBAS DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHICULOS

|                                 |  |                            |                  |                    |                   |
|---------------------------------|--|----------------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| NOMBRE: (Description)           | DINÁMÓMETRO DE CHASIS PARA PRUEBAS DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHICULOS |                            |                  |                    |                   |
| MARCA: (Manufacturer)           | CASA   | FUERZA: (Force):           | 2 224 N          | RESOLUCIÓN (Res.): | 0,1 N             |
| MODELO: (Model Number)          | 2000   | PAR TORSIONAL: (Torque):   | 524 Nm           | RESOLUCIÓN (Res.): | 0,1 Nm            |
| No. DE SERIE: (Serial Number)   | 754558   | POTENCIA: (Power):         | (12 BHP) 8 948 W | RESOLUCIÓN (Res.): | (0,1 BHP) 74,57 W |
| No. INVENTARIO: (Customer I.D.) | LÍNEA 1  | VELOCIDAD MÁXIMA: (Speed): | 40 km/h          | RESOLUCIÓN (Res.): | 0,1 km/h          |

**DATOS DE CALIBRACIÓN (CALIBRATION INFORMATION)**

PROCEDIMIENTO: (Procedure) PR-MT-AE-001

TEMPERATURA: (Temperature) 16,3 °C a 16 °C

TRAZABILIDAD METROLOGICA: (Metrological Traceability) PATRÓN NACIONAL DE FRECUENCIA

HUMEDAD: (Humidity) 64 % HR a 67,5 % HR

MÉTODO: (Method) COMPARACIÓN DIRECTA

NORMA DE REF: (Standard Ref.) VER HOJA 2

REALIZADA EN: (Carried out in) INSTALACIONES DEL CLIENTE CVV 29

**DESCRIPCIÓN DE PATRONES UTILIZADOS (STANDARDS USED IN THIS MEASUREMENT)**

| No. | DESCRIPCIÓN (Description)  | MARCA (Manufacturer) | MODELO (Model) | RESOLUCIÓN (Resolution)  | INCERTIDUMBRE DE MEDIDA (Measurement Uncertainty) | VIGENCIA (Valid to) |
|-----|--|----------------------|----------------|--|---|---------------------|
| 1   | Sistema de medición de referencia<br>Fabricante: CIDESI®<br>No. Serie: B180C0231-001<br>No. Identificación: MEA-181015-001<br>No. Certificado: MF-CE-462-02, CANHEFER<br>Trazabilidad: Patrón nacional de frecuencia | MUJUK BALAK          | MV-01          | 7,457 W (0,01 BHP)<br>0,01 km/h<br>0,001 rad/s (0,01 rpm)<br>0,01 Nm | ± 0,12 kW   | 2017-10-16          |

REALIZÓ: Omar Corro Fuentes.  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

APROBÓ: Omar Corro Fuentes.  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Approved by)

F-MT-001 REV. 0

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

Imagen 57. Carátula del certificado de calibración.

- Es el título del documento emitido que en este caso es un certificado de calibración, de acuerdo a lo emitido en la Ley Federal de Metrología y Normalización.
- Fechas y registros: son las fechas en que se recibe el equipo, se realiza el servicio de calibración, fecha que se utiliza para dar el periodo de vigencia del certificado, y la fecha de emisión del certificado. También se tiene dos registros que sirven para la rastreabilidad del documento.
- Datos del propietario: es la razón social bajo la cual el cliente declara su existencia y dirección.
- Datos del instrumento: son los particulares del equipo, en el podemos ver datos de trascendencia como el número de serie que es único y se relaciona directamente con la marca y modelo del mismo y el número de inventario o identificación del cliente que en un sistema de calidad es trascendente por su rastreabilidad.

- e) Datos de calibración: son datos en los cuales se puede observar el método utilizado para la calibración, el procedimiento y algunas condiciones bajo las cuales se realizó la calibración.
- f) Descripción de patrones utilizados: con esta información el cliente puede observar si el equipo patrón utilizado para la calibración de dinamómetro es el adecuado, así como la incertidumbre que le será heredada a su equipo.
- g) Signatario y aprobador: se declaran las personas que realizaron el servicio de calibración, así como el revisor que deben de tener el conocimiento y capacidad necesaria para poder ejecutar el servicio de calibración.

Los resultados de calibración se apegaron en su presentación a lo descrito en el punto 5.10.2 “Informes de ensayo y certificado de calibración”, de donde se genera la carátula del certificado de calibración como el que se muestra a continuación.

|  |  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;"><b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b><br/> <small>CERTIFICATE OF CALIBRATION</small></p> <p style="text-align: center;"><b>LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS<br/>                 UNIDAD QUERÉTARO</b></p> <p style="text-align: center;"><small>METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS</small></p> <p style="text-align: right;"><small>Número de acreditación N° AE-20<br/>                 Fecha de acreditación 2017-02-09</small></p>  | <p><b>REGISTRO No.:</b> (Report No.) _____<br/>                 Dates _____</p> <p><b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> (Reception) _____</p> <p><b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b> (Calibration) _____</p> <p><b>FECHA DE EMISIÓN:</b> (Issued) _____</p> <p><b>ORDEN DE SERVICIO:</b> (Service No.) _____</p> <p><b>PÁGINA:</b> (Page) <u>2</u> DE <u>12</u></p> |
| <p style="text-align: center;"><b>OBSERVACIONES (OBSERVATIONS)</b></p> <p>+ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SOLO AMPARA AL (A LOS) ITEM(S) EN ÉL DESCRITO(S), CON LAS CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS PRESENTES EN EL MOMENTO EN QUE SE REALIZÓ LA CALIBRACIÓN, LAS CUALES SE INDICAN EN ESTE CERTIFICADO O INFORME. ESTO CON LA INTENCIÓN DE DAR CUMPLIMIENTO AL REQUISITO QUE LOS RESULTADOS SOLO ESTÁN RELACIONADOS CON LOS ÍTEMES MEDIDOS O CALIBRADOS.</p> <p>+LOS RESULTADOS SE OBTUVIERON DEL PROMEDIO DE 15 ks/s CON LA ADICIÓN DE TODAS LAS CORRECCIONES QUE LE APLICAN.</p> <p>+SE REPORTA LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA CON UN FACTOR DE COBERTURA K=2 PARA UN INTERVALO DE CONFIANZA DEL 95,45%.</p> <p>+LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA FUE ESTIMADA SEGÚN LA NMX-CH-140-IMNC-2002: GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES.</p> <p>+LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DE UNA CALIBRACIÓN ESPECÍFICA REALIZADA POR UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO PUEDE SER IGUAL O MÁS GRANDE QUE EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DECLARADA EN LAS TABLAS DE CAPACIDADES DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN DE SU CORRESPONDIENTE ACREDITACIÓN, ESTO PUEDE SER ASÍ PORQUE ESTA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA INCLUYE CONTRIBUYENTES DEBIDOS A LAS CONDICIONES Y COMPORTAMIENTO DE LOS INSTRUMENTOS DE LOS CLIENTES DURANTE SU CALIBRACIÓN SIN EMBARGO, LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA REALIZADA DE UNA CALIBRACIÓN ESPECÍFICA REALIZADA POR UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO NUNCA PODRÁ SER MENOR AL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DECLARADA EN LAS TABLAS DE CAPACIDADES DE CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN.</p> <p>+ES RESPONSABILIDAD DEL PROPIETARIO Y/O USUARIO DETERMINAR LA VIGENCIA DE CALIBRACIÓN O MEDICIÓN DE ACUERDO A SU FRECUENCIA DE USO, MANTENIMIENTO Y PROGRAMA DE CALIBRACIÓN ESTABLECIDOS.</p> <p>+CUALQUIER DUDA, COMENTARIO, SUGERENCIA O QUEJA EN RELACIÓN CON ESTE SERVICIO FAVOR DE COMUNICARSE CON <a href="mailto:calidad@cidest.edu.mx">calidad@cidest.edu.mx</a></p> <p>+NOM-047-SEMARNAT-2014, QUE ESTABLECE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y EL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN PARA LA VERIFICACIÓN DE LOS LÍMITES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES, PROVENIENTES DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN GASOLINA, GAS LICUADO DE PETRÓLEO, GAS NATURAL U OTROS COMBUSTIBLES ALTERNOS.</p> <p>+NOM-EM-167-SEMARNAT-2016, QUE ESTABLECE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES PARA LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES QUE CIRCULAN EN LA CIUDAD DE MÉXICO, HIDALGO, ESTADO DE MÉXICO, MORELOS, PUEBLA Y TLAXCALA: LOS MÉTODOS DE PRUEBA PARA LA CERTIFICACIÓN DE DICHOS NIVELES Y LAS ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS QUE SE UTILICEN PARA DICHA CERTIFICACIÓN, ASÍ COMO LAS ESPECIFICACIONES PARA LOS EQUIPOS TECNOLÓGICOS QUE SE UTILICEN PARA LA MEDICIÓN DE EMISIONES POR VÍA REMOTA Y PARA LA REALIZACIÓN DE DICHA MEDICIÓN.</p> <p>+LINEAMIENTOS PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS, DICIEMBRE 2016.</p> <p>+PARA DINAMÓMETROS QUE INCLUYEN EN SU DISEÑO UN MOTOR DE ARRASTRE SE REALIZA LA PRUEBA DE COAST DOWN Y POR ELLO ESTA POTENCIA AL FRENO (W) NO CONSIDERA LA CUANTIFICACIÓN DE LAS PROBABLES PÉRDIDAS PARÁSITAS.</p> <p>+LOS VALORES DE MEDICIÓN DE LONGITUD DE BRAZO DE PALANCA Y EL DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DEL RODILLO, ASÍ COMO LA CALIBRACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE CARGA PARA ESTA PRUEBA SE TOMAN DE LOS CERTIFICADOS DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN CON NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN LMD170982 y LFU170032 RESPECTIVAMENTE.</p> |  |
| <p><b>REALIZÓ:</b> <u>Omar Corro Fuentes.</u><br/>                 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)</p>  |  |

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
 Tel. Computador (442) 211 98 00 : Ext.: 5151, 5161, 5170  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidest.com

*Imagen 58. Observaciones del certificado de calibración.*

En la presentación de los resultados es trascendente declarar algunas notas en las cuales se tomen en cuenta las condiciones bajo las cuales se realiza el servicio, aclaraciones sobre estimación de incertidumbre, vigencias del certificado, alguna norma relacionada con la calibración del mismo certificado, contactos par aquejas o sugerencias del mismo certificado y en muchas de las ocasiones hasta algún eventualidad o condición especial bajo la cual se realizó el servicio de calibración.

#### 4.2. PRESENTACIÓN DE LAS TABLAS DE ERRORES.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
CERTIFICATE OF CALIBRATION

**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS  
UNIDAD QUERÉTARO**

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS

Número de acreditación N° AE-20  
Fecha de acreditación 2017-02-09

REGISTRO No.: (Report No.) \_\_\_\_\_  
Dates \_\_\_\_\_

FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) \_\_\_\_\_

FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) \_\_\_\_\_

FECHA DE EMISIÓN: (Issued) \_\_\_\_\_

ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) \_\_\_\_\_

PÁGINA: (Page) 4 DE 12

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN PRIMERA RAMPA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)**

Potencia de prueba: **8,948 kW (12 BHP)**

| No.       | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       | Lecturas IBC*         |                      |          |                  | Errores                 |                       |                       |                      | Incertidumbres    |                        |                                  |                                |                                |                               |                       |                              |                            |                               |                              |
|-----------|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|           | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Fuerza N | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error de velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de potencia al freno BHP | Error de potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de velocidad lineal km/h | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |
| 1         | 536,12              | 126,22           | 56,724                  | 22,16                 | (9,60)                | 7,160                | 557,9    | 131,3            | 56,3                    | 22,0                  | (9,9)                 | 7,382                | 218,0             | 5,13                   | -0,41                            | -0,16                          | (0,30)                         | 0,22                          | ± 1,9                 | ± 0,26                       | ± 0,66                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| 2         | 523,03              | 123,14           | 56,571                  | 22,10                 | (9,34)                | 6,966                | 566,4    | 133,3            | 56,3                    | 22,0                  | (10,1)                | 7,532                | 43,32             | 10,19                  | -0,26                            | -0,10                          | (0,76)                         | 0,57                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,66                     | ± (0,15)                      | ± 0,12                       |
| 3         | 521,37              | 122,75           | 56,622                  | 22,12                 | (9,32)                | 6,950                | 588,2    | 138,5            | 56,3                    | 22,0                  | (10,5)                | 7,830                | 66,88             | 15,74                  | -0,31                            | -0,12                          | (1,18)                         | 0,88                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,66                     | ± (0,15)                      | ± 0,12                       |
| 4         | 522,00              | 122,90           | 57,819                  | 22,59                 | (9,53)                | 7,106                | 589,9    | 138,9            | 56,3                    | 22,0                  | (10,5)                | 7,830                | 67,92             | 15,99                  | -1,51                            | -0,59                          | (0,97)                         | 0,72                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,66                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| 5         | 520,60              | 122,59           | 62,099                  | 24,26                 | (10,21)               | 7,613                | 591,6    | 139,3            | 55,8                    | 21,8                  | (10,5)                | 7,830                | 70,91             | 16,69                  | -6,30                            | -2,46                          | (0,29)                         | 0,22                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,72                     | ± (0,17)                      | ± 0,12                       |
| 56        | 521,37              | 122,75           | 58,790                  | 22,97                 | (9,68)                | 7,216                | 573,1    | 134,9            | 64,2                    | 25,1                  | (11,7)                | 8,725                | 51,68             | 12,16                  | 5,46                             | 2,13                           | (2,02)                         | 1,51                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,69                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| 57        | 516,80              | 121,67           | 58,846                  | 22,99                 | (9,60)                | 7,160                | 586,6    | 138,1            | 64,2                    | 25,1                  | (11,9)                | 8,874                | 69,77             | 16,42                  | 5,40                             | 2,11                           | (2,30)                         | 1,71                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,69                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| 58        | 517,27              | 121,78           | 59,684                  | 23,32                 | (9,75)                | 7,268                | 595,0    | 140,1            | 64,2                    | 25,1                  | (12,1)                | 9,023                | 77,74             | 18,30                  | 4,56                             | 1,78                           | (2,35)                         | 1,75                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,70                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| 59        | 519,53              | 122,32           | 60,662                  | 23,70                 | (9,95)                | 7,420                | 579,8    | 136,5            | 64,2                    | 25,1                  | (11,8)                | 8,799                | 60,28             | 14,19                  | 3,58                             | 1,40                           | (1,85)                         | 1,38                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,71                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| 60        | 518,08              | 121,50           | 61,372                  | 23,98                 | (10,00)               | 7,457                | 574,7    | 135,3            | 64,2                    | 25,1                  | (11,7)                | 8,725                | 58,65             | 13,80                  | 2,87                             | 1,12                           | (1,70)                         | 1,27                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,72                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |
| $\bar{x}$ | 516,10              | 121,51           | 61,24                   | 23,93                 | (9,98)                | 7,441                | 577,9    | 136,1            | 60,2                    | 23,5                  | (11,0)                | 8,209                | 61,80             | 14,55                  | -1,06                            | -0,41                          | (1,03)                         | 0,77                          | ± 1,8                 | ± 0,26                       | ± 0,71                     | ± (0,16)                      | ± 0,12                       |

Nota: \* IBC.- Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra.

REALIZÓ: \_\_\_\_\_ Omar Corro Fuentes  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 0

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Gro., México, C.P. 76125  
Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

Imagen 59. Tabla de lecturas, errores e incertidumbre de calibración.

- a) Se coloca el valor de potencia al freno al cual el CVV fijara el sistema para poder correr las pruebas correspondientes a 24 km/h, lo anterior en base a la tabla 1 de la NOM-047-SEMARNAT-2014

Tabla 18. Potencia (BHP) que se debe aplicar al vehículo en las pruebas visual de humos y PAS 5024.

| Clasificación del vehículo automotriz                               | Tipo de carrocería                  | Número de cilindros del motor |      |       |       |         |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|------|-------|-------|---------|
|   |                                     | 1 a 3                         | 4    | 5 a 6 | 7 a 8 | 9 o más |
|   |                                     | Potencia (BHP)*               |      |       |       |         |
| Vehículo de pasajeros   | Sedán                               | 7,9                           | 11,4 | 13,8  | 16,4  | 16      |
| Vehículo de pasajeros   | Guayín                              | 8,1                           | 11,7 | 13,8  | 16,1  | 16,1    |
| Camión de pasajeros (CL1)   | Pick up (carrocería abierta)        | 9,6                           | 13,1 | 16,4  | 19,2  | 21,1    |
| CL1, CL2, CL3, CL4 y vehículos de uso múltiple o utilitario         | Carrocería cerrada                  | 10,1                          | 13,4 | 15,5  | 19,4  | 21,1    |
| Vehículo de pasajeros. CL1 y vehículos de uso múltiple o utilitario | Minivan                             | 10,2                          | 14,1 | 15,8  | 17,9  | 18,2    |
| CL1 y camión mediano o pesado                                       | Plataforma, panel, van o estaquitas | 10,3                          | 13,9 | 17,7  | 19,6  | 20,5    |

- b) Son las lecturas capturadas por el sistema del canal del patrón correspondientes a la fuerza, par torsional, velocidad angular, velocidad lineal, y potencia al freno, estos valores nos servirán de referencia para poder determinar el error correspondiente a cada magnitud.
- c) En esta columna se presentan las lecturas correspondientes a las señales de entrada del sistema de adquisición de datos de la fuerza, par torsional, velocidad angular, velocidad lineal, y potencia al freno, estos valores nos servirán de referencia para poder determinar el error correspondiente a cada magnitud,
- d) Utilizando los valores de las lecturas del IBC y del patrón se determinan los errores de cada magnitud utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Error} = \text{Lectura del IBC} - \text{Lectura del patrón} \quad (37)$$

- e) Utilizando las ecuaciones vistas en el punto 3.3 correspondientes a la propagación de las incertidumbres se realizan los cálculos correspondientes a cada magnitud para poder estimar la incertidumbre y después aplicando el factor de  $k=2$  para la expansión de la incertidumbre se reportan esos valores en la tabla.
- f) Actualmente utilizando los métodos descritos en esta tesis podemos determinar los errores y las incertidumbres correspondientes a cada magnitud, pero no está claro un parámetro para el determinar si el dinamómetro está apto o no para su uso, por esta razón en esta última parte de la presentación de los resultados estamos poniendo los promedios correspondientes tanto para los valores del patrón, del IBC, los errores y



desde luego de las incertidumbres, para con ello poder tener un punto de partida respecto al valor inicial declarado por el CVV de potencia al freno que denotamos en el inciso a) y ver si las desviaciones están dentro o fuera de las tolerancias especificadas para potencia al freno y de velocidad lineal.

#### 4.3. PRESENTACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE COMPORTAMIENTO.

Sin duda alguna una manera rápida pero muy eficaz de poder evaluar los errores obtenidos de la calibración de los dinamómetros es por medio de gráficas y como en este caso los dos parámetros más importantes que son la velocidad lineal y la potencia al freno tienen tolerancias definidas por la NOM-047-SEMARNAT-2014 los cuales son:

*Tabla 19. Tolerancias de las velocidades lineales.*

| <b>Velocidad lineal</b> | <b>Tolerancia superior km/h</b> | <b>Tolerancia inferior km/h</b> |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 24 km/h                 | 26,4                            | 21,6                            |
| 40 km/h                 | 44,0                            | 36,0                            |

*Tabla 20. Tolerancias de las potencias al freno.*

| <b>Potencia al freno</b> | <b>Tolerancia</b>    |
|--------------------------|----------------------|
| Hasta 10 BHP             | 0,5 BHP              |
| Mayores a 10 BHP         | 5% del valor nominal |

Con lo anterior podemos determinar la cantidad de puntos que se encuentran dentro o fuera de dichas tolerancias y de esa manera los propietarios de los dinamómetros podrán tener una idea clara de lo que ocurre con su equipo y con ello poder realizar las correcciones necesarias para que el equipo opere dentro de los parámetros que realmente se requieren.

Cabe mencionar que hasta el momento las autoridades competentes no han definido el porcentaje de lecturas definirá si un equipo es apto o no para la aplicación de las normas NOM-047-SEMARNAT-2014 y la NOM-167-SEMARNAT-2017.

#### 4.3.1. GRAFICA DE ERRORES DE LA POTENCIA AL FRENO.

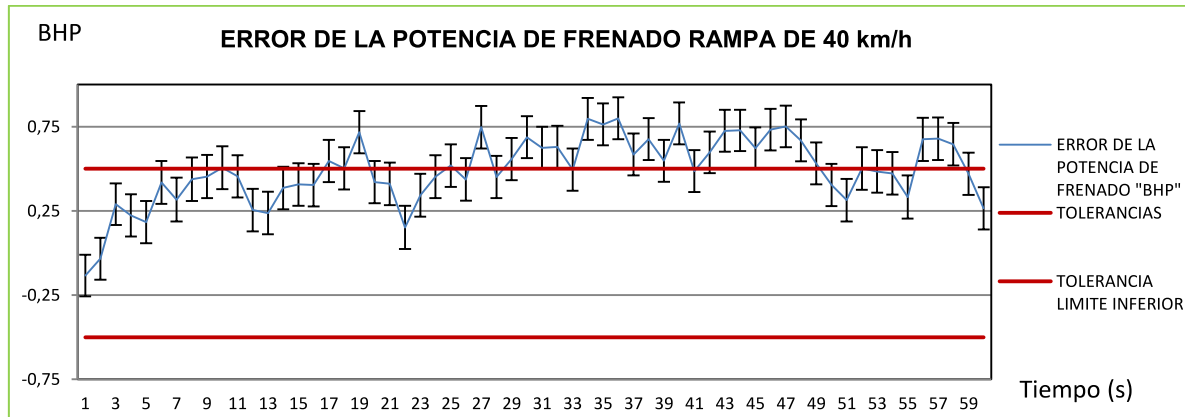


Imagen 60. Gráfica de errores correspondientes a una potencia al freno de 3,5 BHP para una velocidad de 40 km/h.

Para una prueba que se corre a 40 km/h y con una potencia al freno de 3,5 BHP de acuerdo a lo que se observa en la gráfica podemos establecer que:

Tabla 21. Resumen de lecturas de potencia la freno.

| Tipo de lectura                                     | Cantidad de lecturas | Porcentaje |
|---|----------------------|------------|
| Número de lecturas                                  | 60                   | 100 %      |
| Lecturas fuera de tolerancia                        | 16                   | 26,7 %     |
| Lecturas afuera de tolerancia por la incertidumbre  | 20                   | 33,3 %     |
| Lecturas adentro de tolerancia por la incertidumbre | 12                   | 20,0 %     |
| Lecturas adentro de tolerancia                      | 12                   | 20,0 %     |

Como se puede observar en la *Imagen 58* y en la *Tabla 21* el porcentaje de lecturas que están fuera de la tolerancia son significativamente más que las de alguna manera están adentro y esto nos puede llevar a hacer una revisión del equipo o de la programación del sistema de control, es aquí en donde se vuelve trascendente que los valores nominales de diámetro del rodillo, longitud de la palanca y desde luego de la calibración de la celda de carga se vuelven fundamentales para con ello poder controlar el sistema en su totalidad.



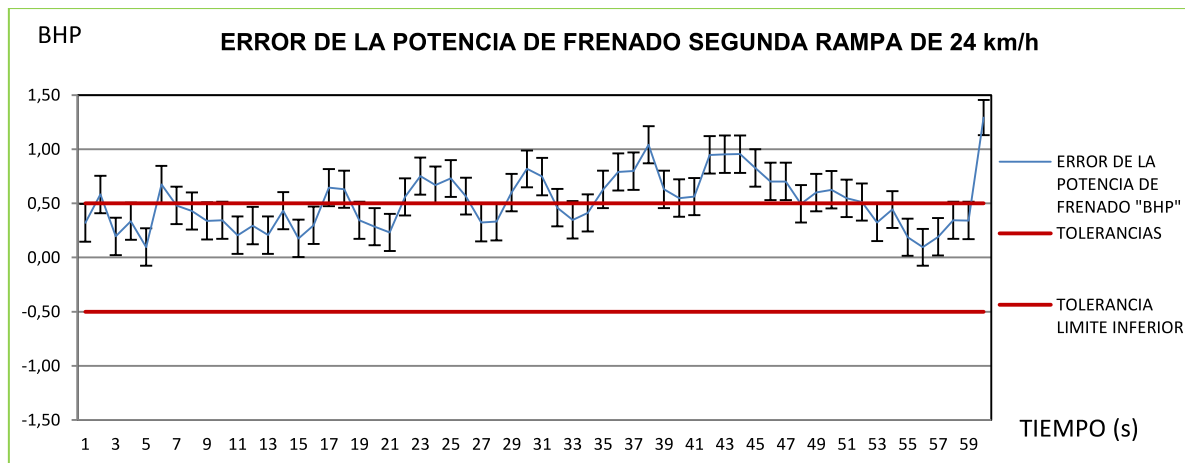


Imagen 61. Gráfica de errores correspondientes a una potencia al freno de 10 BHP para una velocidad de 24 km/h.

La gráfica de la *Imagen 59* corresponde a la misma prueba de la *Imagen 58*, pero con una aplicación de carga en el camino de 10 BHP, por lo que le corresponde una tolerancias de 0,5 BHP y una velocidad de 24 km/h, lo anterior es entendible debido a que la *Tabla 18* de la PAS5024, se aplica para las rampas de 24 km/h, ya que para la velocidad de 40 km/h una carga así de grande representaría un desgaste y calentamiento a la unidad bajo prueba.

Tabla 22. Resumen de lecturas de potencia la freno.

| Tipo de lectura                                     | Cantidad de lecturas | Porcentaje |
|---|----------------------|------------|
| Número de lecturas                                  | 60                   | 100 %      |
| Lecturas fuera de tolerancia                        | 12                   | 20,0 %     |
| Lecturas afuera de tolerancia por la incertidumbre  | 19                   | 31,7 %     |
| Lecturas adentro de tolerancia por la incertidumbre | 15                   | 25,0 %     |
| Lecturas adentro de tolerancia                      | 14                   | 23,3 %     |

Para este caso en la *Tabla 22* podemos observar que en la suma de las lecturas que están fuera de la tolerancia suman el 51,7 % contra el 48,3 % que de alguna manera entran en tolerancia, pero con esto podemos determinar que este equipo no está aplicando carga de manera uniforme para poder realizar la prueba a 10 BHP.

### 4.3.2. GRAFICA DE ERRORES DE LA VELOCIDAD LINEAL

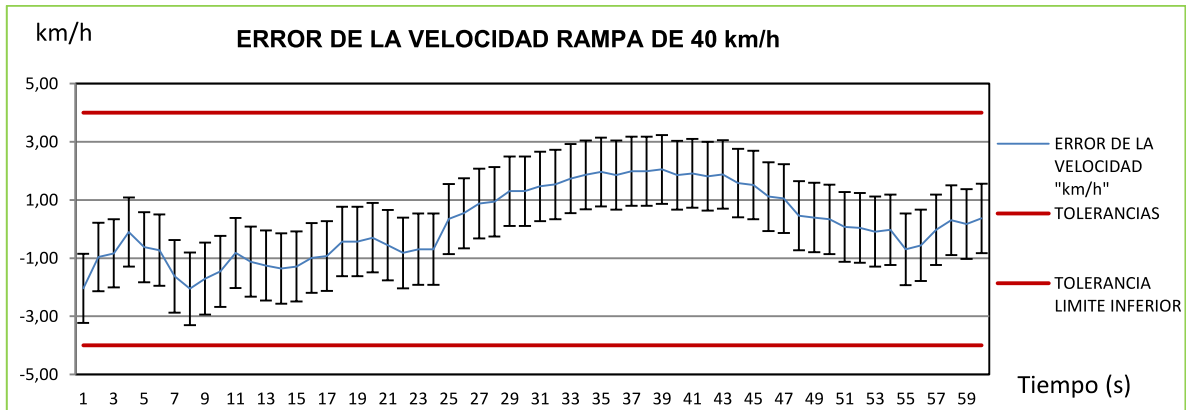


Imagen 62. Gráfica de errores correspondientes a una velocidad de 40 km/h.

Como se puede ver tanto en la gráfica de la *Imagen 60*, como en la *Tabla 23*, todas los puntos de la velocidad están dentro de las tolerancia que recordemos que para 40 km/h es de  $\pm 4$  km/h, por lo que podemos entender que el rango en el cual se puede mover la velocidad es de 8 km/h, pero a pesar de que realmente la velocidad la podemos medir de alguna manera con el velocímetro del auto bajo prueba de alguna manera es común que se observen velocidades fuera de tolerancia como en la gráfica de la *Imagen 59*.

Tabla 23. Resumen de lecturas de 40 km/h.

| Tipo de lectura                                     | Cantidad de lecturas | Porcentaje |
|---|----------------------|------------|
| Número de lecturas                                  | 60                   | 100 %      |
| Lecturas fuera de tolerancia                        | 0                    | 0,0 %      |
| Lecturas afuera de tolerancia por la incertidumbre  | 0                    | 0,0 %      |
| Lecturas adentro de tolerancia por la incertidumbre | 0                    | 0,0 %      |
| Lecturas adentro de tolerancia                      | 60                   | 100 %      |

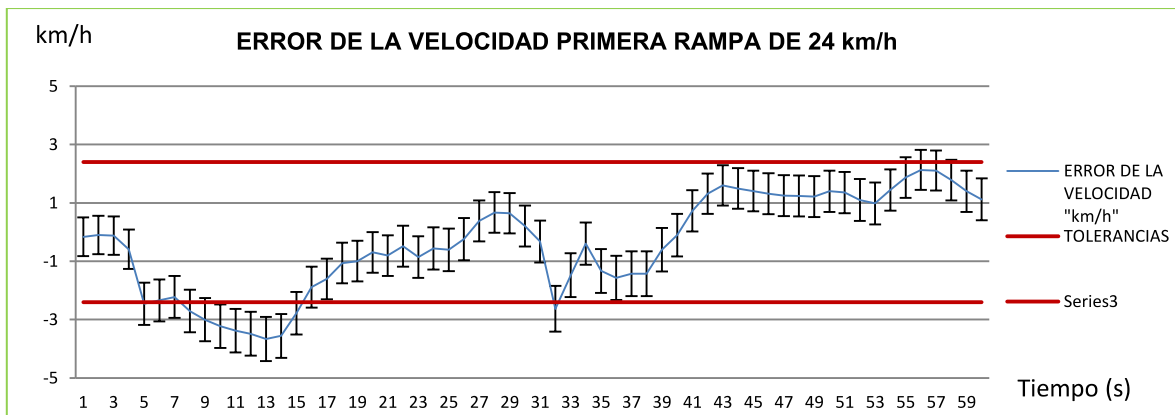


Imagen 63. Gráfica de errores correspondientes a una velocidad de 24 km/h.

En esta gráfica podemos observar que a pesar de que tenemos el rango de 5,6 km/h hay un 21,6 % de las lecturas que de alguna manera se encuentran fuera de la tolerancia, esto se puede entender por el intento del sistema del dinamómetro para aplicar la carga al freno.

Tabla 24. Resumen de lecturas de 24 km/h.

| Tipo de lectura                                     | Cantidad de lecturas | Porcentaje |
|---|----------------------|------------|
| Número de lecturas                                  | 60                   | 100 %      |
| Lecturas fuera de tolerancia                        | 5                    | 8,3 %      |
| Lecturas afuera de tolerancia por la incertidumbre  | 8                    | 13,3 %     |
| Lecturas adentro de tolerancia por la incertidumbre | 4                    | 6,7 %      |
| Lecturas adentro de tolerancia                      | 43                   | 71,7 %     |

De acuerdo a lo que se puede observar en la *Tabla 24* el 78,4 % de los puntos se encuentran dentro de la tolerancia.

#### 4.4. APORTACIÓN EN LA EXPERIMENTACIÓN.

Con las lecturas obtenidas de las tres mediciones con los diferentes equipos se realizó un estudio R&r para poder determinar las capacidades de repetibilidad y reproducibilidad de los equipos bajo las mismas condiciones de medición.

De lo anterior se obtuvieron los siguientes datos respecto a la velocidad lineal:

| Velocidad km/h           |        |       |         |
|--------------------------|--------|-------|---------|
| Rampa 1. Prueba Colorado |        |       |         |
| No.                      | CIDESI | FROMI | SICAMET |
|                          | km/h   | km/h  | km/h    |
| 1                        | 19,63  | 19,71 | 19,40   |
| 2                        | 19,80  | 19,81 | 19,68   |
| 3                        | 19,85  | 19,86 | 19,78   |
| 4                        | 19,83  | 19,86 | 19,85   |
| 5                        | 19,87  | 19,90 | 19,85   |
| 6                        | 19,92  | 19,94 | 19,86   |
| 7                        | 19,93  | 19,95 | 19,90   |
| 8                        | 19,95  | 19,97 | 19,96   |
| 9                        | 19,90  | 19,86 | 19,95   |
| 10                       | 19,86  | 19,84 | 19,93   |
| 11                       | 19,82  | 19,79 | 19,84   |
| 12                       | 19,76  | 19,76 | 19,82   |
| 13                       | 19,75  | 19,76 | 19,79   |
| 14                       | 19,74  | 19,73 | 19,75   |
| 15                       | 19,71  | 19,72 | 19,75   |
| 16                       | 19,72  | 19,72 | 19,71   |
| 17                       | 19,72  | 19,69 | 19,72   |
| 18                       | 19,71  | 19,72 | 19,70   |
| 19                       | 19,72  | 19,72 | 19,71   |
| 20                       | 19,73  | 19,72 | 19,71   |
| 21                       | 19,72  | 19,74 | 19,73   |
| 22                       | 19,76  | 19,73 | 19,74   |
| 23                       | 19,73  | 19,76 | 19,74   |
| 24                       | 19,75  | 19,74 | 19,75   |
| 25                       | 19,74  | 19,75 | 19,75   |
| 26                       | 19,77  | 19,76 | 19,77   |
| 27                       | 19,79  | 19,80 | 19,77   |

|    |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|
| 28 | 19,78 | 19,80 | 19,76 |
| 29 | 19,82 | 19,82 | 19,81 |
| 30 | 19,81 | 19,82 | 19,81 |
| 31 | 19,82 | 19,79 | 19,82 |
| 32 | 19,78 | 19,80 | 19,82 |
| 33 | 19,76 | 19,76 | 19,80 |
| 34 | 19,79 | 19,77 | 19,79 |
| 35 | 18,82 | 18,84 | 18,78 |
| 36 | 18,83 | 18,85 | 18,83 |
| 37 | 18,91 | 18,89 | 18,86 |
| 38 | 18,95 | 18,94 | 18,90 |
| 39 | 18,94 | 18,96 | 18,95 |
| 40 | 18,96 | 18,97 | 18,97 |
| 41 | 19,01 | 19,01 | 18,97 |
| 42 | 19,03 | 19,02 | 18,98 |
| 43 | 19,07 | 19,03 | 19,02 |
| 44 | 19,07 | 19,06 | 19,06 |
| 45 | 19,07 | 19,09 | 19,06 |
| 46 | 19,08 | 19,07 | 19,08 |
| 47 | 19,08 | 19,07 | 19,08 |
| 48 | 19,09 | 19,09 | 19,07 |
| 49 | 19,11 | 19,10 | 19,10 |
| 50 | 19,10 | 19,10 | 19,12 |
| 51 | 19,14 | 19,14 | 19,12 |
| 52 | 19,11 | 19,12 | 19,13 |
| 53 | 19,12 | 19,15 | 19,14 |
| 54 | 19,12 | 19,11 | 19,13 |
| 55 | 19,08 | 19,09 | 19,09 |
| 56 | 19,09 | 19,10 | 19,10 |
| 57 | 19,09 | 19,08 | 19,10 |
| 58 | 19,08 | 19,08 | 19,08 |
| 59 | 19,07 | 19,06 | 19,08 |

Imagen 64. Lecturas de los tres sistemas midiendo en paralelo.

### Anova: Single Factor

| SUMMARY        |       |         |         |          |
|----------------|-------|---------|---------|----------|
| Groups         | Count | Sum     | Average | Variance |
| <b>CIDESI</b>  | 59    | 1148,72 | 19,47   | 0,14     |
| <b>FROMI</b>   | 59    | 1148,83 | 19,47   | 0,15     |
| <b>SICAMET</b> | 59    | 1148,27 | 19,46   | 0,15     |

### ANOVA

| Source of Variation   | SS    | df     | MS   | F    | P-value | F crit |
|-----------------------|-------|--------|------|------|---------|--------|
| <b>Between Groups</b> | 0,00  | 2,00   | 0,00 | 0,01 | 0,99    | 3,05   |
| <b>Within Groups</b>  | 25,41 | 174,00 | 0,15 |      |         |        |
| <b>Total</b>          | 25,41 | 176,00 |      |      |         |        |

|                | D.<br>Estándar | Incertidumbre<br>Repetibilidad |
|----------------|----------------|--------------------------------|
| <b>CIDESI</b>  | 0,380          | 0,05                           |
| <b>FROMI</b>   | 0,381          | 0,05                           |
| <b>SICAMET</b> | 0,385          | 0,05                           |

### Resumen estadístico

| <b>CIDESI</b>                  |         | <b>FROMI</b>                   |         | <b>SICAMET</b>                 |         |
|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| <b>Mean</b>                    | 19,47   | <b>Mean</b>                    | 19,47   | <b>Mean</b>                    | 19,46   |
| <b>Standard Error</b>          | 0,05    | <b>Standard Error</b>          | 0,05    | <b>Standard Error</b>          | 0,05    |
| <b>Median</b>                  | 19,72   | <b>Median</b>                  | 19,72   | <b>Median</b>                  | 19,71   |
| <b>Mode</b>                    | 19,76   | <b>Mode</b>                    | 19,86   | <b>Mode</b>                    | 19,08   |
| <b>Standard Deviation</b>      | 0,38    | <b>Standard Deviation</b>      | 0,38    | <b>Standard Deviation</b>      | 0,39    |
| <b>Sample Variance</b>         | 0,14    | <b>Sample Variance</b>         | 0,15    | <b>Sample Variance</b>         | 0,15    |
| <b>Kurtosis</b>                | -1,74   | <b>Kurtosis</b>                | -1,75   | <b>Kurtosis</b>                | -1,70   |
| <b>Skewness</b>                | -0,33   | <b>Skewness</b>                | -0,32   | <b>Skewness</b>                | -0,31   |
| <b>Range</b>                   | 1,13    | <b>Range</b>                   | 1,13    | <b>Range</b>                   | 1,18    |
| <b>Minimum</b>                 | 18,82   | <b>Minimum</b>                 | 18,84   | <b>Minimum</b>                 | 18,78   |
| <b>Maximum</b>                 | 19,95   | <b>Maximum</b>                 | 19,97   | <b>Maximum</b>                 | 19,96   |
| <b>Sum</b>                     | 1148,72 | <b>Sum</b>                     | 1148,83 | <b>Sum</b>                     | 1148,27 |
| <b>Count</b>                   | 59,00   | <b>Count</b>                   | 59,00   | <b>Count</b>                   | 59,00   |
| <b>Largest(1)</b>              | 19,95   | <b>Largest(1)</b>              | 19,97   | <b>Largest(1)</b>              | 19,96   |
| <b>Smallest(1)</b>             | 18,82   | <b>Smallest(1)</b>             | 18,84   | <b>Smallest(1)</b>             | 18,78   |
| <b>Confidence Level(95.0%)</b> | 0,10    | <b>Confidence Level(95.0%)</b> | 0,10    | <b>Confidence Level(95.0%)</b> | 0,10    |

Imagen 65. Resultado del estudio de Anova a la serie de datos de los tres sistemas.

Para determinar la reproducibilidad de los sistemas se realiza el "anova" de una sola vía estableciendo las siguientes hipótesis:

H0 los promedios de los valores de velocidad obtenidos de los sistema en cada corrida son iguales.

Como hipótesis alternativa:

A los valores promedios de velocidad medidos por los sistemas tiene diferencias significativas.

De los resultados de la ANOVA se tiene que el  $F < F_{crit}$  se acepta la hipótesis nula, por tanto los sistemas son consistentes y la repetibilidad de los sistema son del orden 0,05 km/h, lo que equivale al 0.26 % de la lectura que está debajo de la tolerancia permitida por los lineamientos que es del 10% de la lectura.

Declaratoria: Los valores reproducibilidad que se obtienen en este análisis se encuentran dentro de 1/3 del máximo tolerado para la determinación de la velocidad, con lo cual se puede discriminar el error.

Haciendo un análisis de las diferencia entre los promedios, podemos ver que la diferencia mayor entre las 3 adquisiciones de datos es de 0,01 km/h, que equivale a una resolución de los sistemas de medición, por lo que la diferencia se vuelve despreciable ya que para un promedio de 19,5 km/h tenemos una tolerancia de  $\pm 1,95$  km/h, por lo que la diferencia de los promedios apenas alcanza el 0,5 % de la lectura.



*Imagen 66. Los tres sistemas midiendo al mismo tiempo de manera independiente pero recibiendo la misma señal de la celda de carga y del tacómetro en el CVV y en las pruebas de laboratorio.*

## 5. CONCLUSIONES.

Para poder realizar estas conclusiones nos apoyamos en la Imagen 77, porque no es suficiente hacer una sola conclusión y por eso la dividimos en tres conclusiones que son:

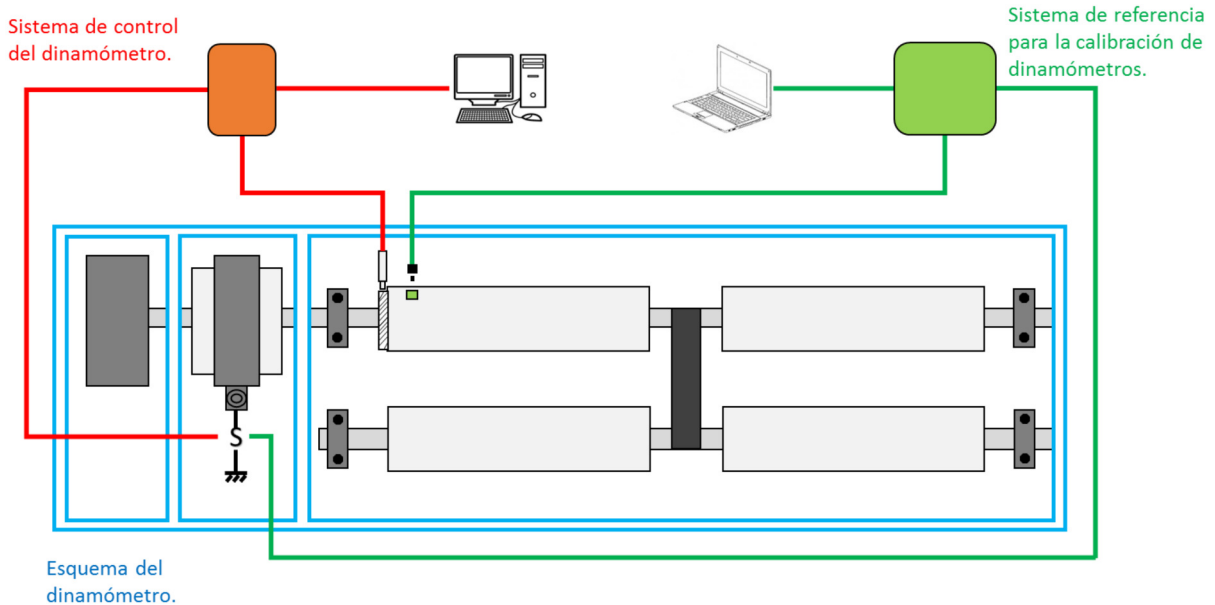


Figura 5.1. Identificación de los tres sistemas.

### 5.1. CONCLUSIÓN DEBIDO AL SISTEMA DE CONTROL DEL DINAMÓMETRO (ROJO).

En la etapa de la experimentación se pudo observar que el control con el cual cuentan los diversos dinamómetros es muy variada y desde luego esto se debe a que hay más de 20 proveedores del servicio de electrónica y control y desde luego cada uno de ellos tratan de desarrollar tecnologías a pesar de que esto no sean del todo validadas y sobre todo que realmente sean lo suficientemente robustas para la aplicación y esto lo podemos afirmar porque en varias de las ocasiones en que se realizaron pruebas, las tarjetas encargadas de generar el control para la aplicación del freno, ya que esto requiere de un consumo y aplicación de potencial eléctrico grande, y si a eso le agregamos que la estandarización de dichas tarjetas no es presente en estos sistemas.

Por otro lado en el tema del tratamiento de las señales que se adquieren del sensor de velocidad angular, se observaron sensores como encoders, fototacómetros y sensores presenciales que si bien se podía obtener señal de ellos, esta tenía el problema que al ser tratada en las tarjetas y después de manera sistemática por el software programado por dichos desarrolladoras no contiene una relación directa de las tensiones eléctricas recibidas y en varios de estos casos la señal se pierde o es muy lento su procesamiento, lo cual genera errores considerables en las lecturas y aplicaciones de la potencia.



En el caso de la celda de carga se tiene que para comprobar su funcionamiento en el sistema se le aplican un estímulo o carga de aproximadamente 68,1 kg que equivale a un cierto valor de tensión eléctrica, con lo cual construyen una recta que define el comportamiento del sistema de carga con solo dos puntos, siendo el primer punto la tensión generada en la celda por el solo montaje en el sistema de la PAU (por sus siglas en inglés Power Absorption Unit), lo cual nos deja sin saber la exactitud de medición de la celda de carga en el otro 50 % de su capacidad, esto considerando una celda de carga de 1,3 kN, pero esto se hace más complicado cuando en el sistema encontramos celdas de hasta 2,2 kN es estímulo generado por la carga de 68,1 kg es el 30% de la capacidad de dicha celda de carga, pero cuando se están corriendo pruebas de más de 10 BHP se aplican cargas por encima a lo equivalente al 50% de las capacidades de ambos equipos.

Con lo anterior podemos determinar que el equipamiento, el control y programación son un factor a cambiar o mejorar, ya que por el momento está siendo insuficiente para poder ofrecer una operación estable en el sistema del dinamómetro. El sistema propuesto nos permite medir de manera eficaz la capacidad que tenga el dinamómetro para poder desarrollar las pruebas de humos, la de PAS 5024 y PAS 2540 definidas en la norma NOM-047-SEMARNAT-2014.

## 5.2. CONCLUSIÓN DEBIDO AL ESTADO FÍSICO DEL DINAMÓMETRO (AZUL).

Tal y como se mencioné en la introducción de esta tesis, muchos de los dinamómetros llegaron a nuestro país después de haber tenido uso en EUA, y llevan en México más de 20 años operando sin una reglamentación clara de uso y desde luego de mantenimiento, en varios de los casos las piezas han sido remplazadas sin contar con manuales o planos para poder fabricar nuevas partes, incluso el soporte por parte del fabricante es nulo porque hay empresas fabricantes que ya no existen o se dedican a otro ramo de la industria, tal es el caso de la marca Clayton.

Sabemos que el ingenio mexicano supera este tipo de adversidades, pero en algunos de los caso por tratar de incrementar la resistencia de los elementos a sustituir se fabrican con mayor robustez de lo necesario como lo es el caso de los rodillos, estos son fabricados con un diámetro mayor o con cedulas de placa que incrementa el espesor de la pista, de lo anterior queda claro que a mayor tamaño y peso la masa inercia de los elementos crece y esto conlleva a que el conjunto supere la inercia establecida de fábrica del equipo. En varios de estos equipos incluso se han llegado a observar rodillos que les maquinan en su periferia algún tipo de moleteado, rayado o grabado para que las ruedas de los vehículos bajo prueba tengan mayor agarre y desde luego esto vuelve a afectar las condiciones iniciales en que fue concebido el equipo, ya que esto cambia la fuerza de fricción entre los rodillos y los neumáticos de los vehículos bajo prueba, generando otro tipo de fricción, calor y desgaste al vehículo bajo prueba.

Para los casos en que se observaron cambios de longitud del brazo de palanca entre la celda de carga y la PAU por algunas condiciones de uso, daños o instalación originaron la necesidad de modificar este parámetro de manera física, que al igual que en el caso de los rodillos dichos cambios no fueron considerados en los parámetros del software de control.

La conclusión en este tema del dimensionado es que en el caso del desarrollo del sistema de calibración, se realizan las mediciones de los diámetros de los rodillos, así como la longitud del brazo de palanca que realmente se está aplicando y no se utiliza un valor teórico o de fábrica con lo que las lecturas que se obtienen son confiables y no influyen estos cambios físicos al momento de estar realizando la calibración en el sistema de calibración de dinamómetros.

### 5.3. CONCLUSIÓN DEBIDO AL HARDWARE Y SOFTWARE PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS (VERDE).

Antes de tocar el tema correspondiente a la conclusión del método se hace necesario el poder tomar el tema de la conclusión debida ala hardware y software, ya que las ideas de que es lo que queremos medir y cómo lo queremos medir no tiene sentido si no se cuenta con la tecnología suficiente y adecuada para el fin a lograr, en otras palabras si no tenemos la instrumentación adecuada podemos caer en los típicos errores de quedarnos cortos o muy excedidos en los equipos de medición y esto repercutiría no solo de manera económica sino también en cuanto a la exactitud y estabilidad del equipo a desarrollar.

Se hace imperativo recordar que hasta este momento no existía un equipo capaz de calibrar los dinamómetros instalados en los CVV, y que en el desarrollo de esta tesis se ha establecido el equipo que nos permite ahora poder realizar dicha calibración.

De lo anterior podemos concluir que:

- a) **Selección de la instrumentación mínima necesaria, para la adquisición de datos:** De la experimentación realizada en campo se determinó y eligió la instrumentación que la hiciera ágil, con la exactitud requerida por los sistemas instalados, que la aplicación no se encareciera, fuera portátil, resistente, fácil de instalar y segura de usar.
- b) **Generación del modelo numérico para el manejo de datos:** Derivado de la revisión del funcionamiento de los dinamómetros, determinando la interacción entre sus partes y parámetros descritos en las pantallas del software, pudimos determinar el funcionamiento matemático, se determinó a papel y lápiz y después se validó por medio de hojas de cálculo.
- c) **Programación para la adquisición, manejo y presentación de datos.** Con la determinación de los métodos numéricos de datos y de estimación de incertidumbre se pudieron establecer los algoritmos que permitieran una programación ágil, versátil y eficaz para la obtención de datos en tiempo real y de manera no intrusiva para el sistema de los dinamómetros. Además de que dichos datos se pueden exportar a un archivo de Excel para con ello poder exportarlos a una hoja de cálculo que ya contiene las variables de influencia para la estimación de la incertidumbre y determinación de los errores correspondientes para cada magnitud y así generar las tablas de adquisición de datos del dinamómetro, del sistema patrón, los errores, las incertidumbres y finalmente graficar esos errores con sus incertidumbres correspondientes en un formato

que ya fue acreditado ante la ema y que también ostenta una autorización ante la Dirección General de Normas en base a la Ley Federal de Metrología y Normalización.

- d) Actualmente se está corriendo el proceso de registro del software ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

#### 5.4. CONCLUSIÓN DEBIDO A LA ELABORACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS INSTALADOS EN LOS CVV.

Como el nombre de esta tesis lo dice la idea de realizar este trabajo no es solo proponer un equipo de medición, sino más bien partir desde una metodología, desarrollar el procedimiento desde el cual se utilice el equipo, reducir variables de influencia que pudieran poner en tela de juicio el desarrollo de las mediciones así como la incertidumbre asociada a ellas, solo con lo anterior se le puede llamar “integral”.

De lo anterior se realizaron las acciones pertinentes para concluir con:

- a) **Generar el procedimiento de calibración de los dinamómetros:** Se cuenta con el procedimiento **PR-MT-AE-001**; Procedimiento para la calibración de dinamómetros. El cual fue integrado en el sistema de calidad de los laboratorios de metrología de CIDESI que se tiene bajo la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 que aplica de manera particular a los laboratorios de calibración y ensayos y que en el caso de CIDESI, dio lugar al laboratorio de Analizadores Específicos.
- b) **Generación del modelo de estimación de incertidumbre del sistema de medición y calibración:** Una vez establecidos los modelos matemáticos, se procedió a identificar las variables de influencia para cada uno de ellos y una vez concluida esta tarea se procedió a estimar las fuentes de incertidumbre las afectaba o generaba y de esta manera se estableció el modelo de incertidumbre, este modelo forma parte del procedimiento de calibración, pero que la importancia que esto tiene se elaboró el procedimiento **PR-MT-AE-002**; Procedimiento para la estimación de la incertidumbre de medida de los mensurandos de los dinamómetros de los verificentros.
- c) **De la capacitación e integración de personal:** Se ha capacitado personal de CIDESI de los laboratorios de las magnitudes de fuerza, par torsional y dimensional, en la actualidad están participando en este proyecto 10 ingenieros especializados en las magnitudes mencionadas.
- d) **Del certificado de calibración:** En el Anexo I se presenta un informe completo de calibración de un dinamómetro, con las firmas de elaboración y revisión pertinentes, así como el número de acreditación que avala todo lo anterior.
- e) Actualmente se está corriendo el proceso de registro de Derecho de Autor ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual, del procedimiento de calibración de dinamómetros.

### 5.5. CONCLUSIÓN DEBIDO A LA ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE ANALIZADORES ESPECÍFICOS PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS INSTALADOS EN LOS CVV.

No bastaría presentar un método y un equipo, se requiere de que alguien con el carácter de autoridad acredite lo realizado y por ello es que acreditamos el procedimiento, su aplicación, el sistema de adquisición, manejo y control de datos, al personal y sus capacidades técnicas y desde luego al sistema de calidad que alberga todas estas capacidades y que con todo ello se puedan emitir CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN que cuenten con la acreditación ante la “entidad mexicana de acreditación” (ema) y como evidencia de dicha acreditación se presenta en el Anexo II la tabla de mejor capacidad de medición, los nombres de los signatarios para esta magnitud y desde luego el reconocimiento oficial por parte de la ema por medio de la acreditación del laboratorio de analizadores específicos.

### 5.6. CONCLUSIÓN POR EL REGISTRO DE MARCA.

Actualmente se está corriendo el proceso del Registro de la Marca Muuk´Balak´ ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

### 5.7. CONCLUSIÓN POR EL REGISTRO DE PATENTE.

Actualmente se está corriendo el proceso del Registro de la Patente del sistema Muuk´Balak´ ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual cómo un sistema para la Calibración de Dinamómetros Instalados en los Centros de Verificación Vehicular.

### 5.8. CONCLUSIÓN POR LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.

Sin lugar a dudas una de las vocaciones más evidentes y que dictan una línea de actuar por parte de CIDESI es la transferencia de tecnología y este proyecto es una muestra palpable de lo anterior, ya que el sistema Muuk´Balak´ fue trasferido a 4 laboratorios particulares los cuales son: NEUNMÁTICA FROMI, SICAMET, CALAUDIT y CAPYMET, además de un centro hermano CONACYT el cual es el CIATEQ, pero no solo se les ha proporcionado el equipo sino también se les ha capacitado en el uso del equipo y hasta en el mismo procedimiento de calibración, incluso a los laboratorios NEUMÁTICA FROMI y SICAMET se le apoyó hasta lograr la acreditación ante la ema en la misma magnitud de Analizadores Específicos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

|      |  |
|------|--|
| [1]  | NOM-047-SEMARNAT-2014, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.  |
| [2]  | NOM-167-SEMARNAT-2017, Que establece los niveles de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en la Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala; los métodos de prueba para la certificación de dichos niveles y las especificaciones de los equipos que se utilicen para dicha certificación, así como las especificaciones para los equipos tecnológicos que se utilicen para la medición de emisiones por vía remota y para la realización de dicha medición |
| [3]  | NMX-CH-7500-1-IMNC-2008 Verificación de máquinas uniaxiales para ensayo- Máquinas para ensayo a tracción o compresión - Verificación y calibración del sistema de medición de fuerza.  |
| [4]  | NMX-CH-140-IMNC-2002 Guía para la Expresión de la Incertidumbre de las Mediciones equivalente a Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAP, IUPAC, OIML (1995).  |
| [5]  | NOM-008-SCFI-2002. Sistema General de Unidades de Medida.  |
| [6]  | NMX-Z-055-IMNC-2009. Vocabulario internacional de metrología, Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM).   |
| [7]  | Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su reglamento, publicada el 1° de julio de 1992   |
| [8]  | Bureau of Automotive Repair BAR-97 Emissions Inspection System Specifications. Diciembre 2002 (EIS).   |
| [9]  | EPA 420-B-04-011. July 2004. Final Technical Guidance. Acceleration Simulation Mode Test Procedures, Emission Standards, Quality Control Requirements, and Equipment Specifications.   |
| [10] | Lineamiento para la Calibración de Dinamómetros emitido por CENAM – DGN, enero 19 de 2017.   |
| [11] | Manual Técnico de Verificación Vehicular 2003 (SEMARNAT)   |
| [12] | Gaceta Oficial del Distrito Federal publicada el 7 de agosto de 2015.  |
| [13] | Circular que requiere a los centros de verificación vehicular autorizados para operar en la Ciudad de México y a los fabricantes de equipos la calibración dinámica de los dinamómetros referida en el numeral 8.16.2.3 de la NOM-047-SEMARNAT-2014.   |
| [14] | Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida en metrología dimensional, 2013.  |
| [15] | Guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre en los servicios de calibración de herramientas de medición de par torsional (torquímetros), 2008.   |
| [16] | Guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre en la metrología de tiempo y frecuencia,   |

|      |  |
|------|--|
|      | 2008.  |
| [17] | Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida utilizando máquinas de compresión y/o tracción, 2012.   |
| [18] | CENAM. Uso de certificados de calibración (CENAM) diciembre de 2002.   |
| [19] | ema. (s.f.). Política de trazabilidad de las mediciones. Ciudad de México.   |
| [20] | CIDESI. Manual de operación Muuk' Balak'. Manual de operación Muuk' Balak'. Santiago de Querétaro, Querétaro, México. Enero 2017   |
| [21] | Olivera, M. A. (s.f.). Diseño de un Dinamómetro de Chasis para Vehículos de hasta 3500 kg de Peso Bruto Vehicular. Diseño de un Dinamómetro de Chasis para Vehículos de hasta 3500 kg de Peso Bruto Vehicular. Ciudad de México, Ciudad de México, México: UNAM.   |
| [22] | INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía . [online] Inegi.org.mx. Available at: <a href="http://www.inegi.org.mx/">http://www.inegi.org.mx/</a> [Accessed 20 Mar. 2017].   |
| [23] | Scoopnest. (2017). ¿vas a ir a verificar tu coche? con #infografía te decimos cómo funciona el dinamómetro - scoopnest.com. [online] Available at: <a href="http://www.scoopnest.com/es/user/diario24horas/750738620537970688">http://www.scoopnest.com/es/user/diario24horas/750738620537970688</a> [Accessed 22 Mar. 2017].                          |
| [24] | Noticias   tcmetrologia.com. (2017). Las hojas de cálculo en los laboratorios acreditados. [online] Available at: <a href="http://www.tcmetrologia.com/noticias/las-hojas-de-calculo-en-los-laboratorios-acreditados.html">http://www.tcmetrologia.com/noticias/las-hojas-de-calculo-en-los-laboratorios-acreditados.html</a> [Accessed 19 Apr. 2017]. |
| [25] | MetAs. (Octubre de 2005). Validación de Software en Metrología. Validación de Software en Metrología. Jalisco, México.   |
| [26] | Patente US 6,601,441B1. Garrett D. Torgerson, Michael J. St. Denis. Agosto 05, 2003.   |
| [27] | Patente CN205879440. Electric dynamometer calibration means; HU HAO. 2016.07.19  |
| [28] | Patente IN106052934A. Vehicle behavior parameter indirectly measuring device and calibration method. Zhenzhong, Deng Jun Yong, Lin Daoqi, Cai Haitao, Zhou Yong Rong. 2016.05.13   |
| [29] | Patente CN104848987. Automobile exhaust pollutant test chassis dynamometer calibration system. Zhang Xianfeng, Zhu Lin, Gao Zhihua, Wu Di, Zhu Yu, Ke Nan, Zhu Sai, Gao Dexi, Zhang Hao, Zhang Xianghong. 2015.08.19   |



## Anexo I

|   |   |               |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
|---|---|---------------|--------------|-----------|--|-------|--|---------------------|-------------|------------|-----------------------|---------------|------------|---------------|----------------|---------------|-------------|--------------|---------------|-------------------|----------|------------|--------------------|---------------|-----------|---------|--------|---------|
| <p><b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b><br/>                 CALIBRATION CERTIFICATE<br/> <b>LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS</b><br/> <b>UNIDAD: QUERÉTARO</b><br/>                 METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS</p>  | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">REGISTRO No.:</td> <td style="width: 30%;">(Report No.)</td> <td style="width: 40%;">LAE170038</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Dates</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FECHA DE RECEPCIÓN:</td> <td>(Reception)</td> <td>2017-09-13</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE CALIBRACIÓN:</td> <td>(Calibration)</td> <td>2017-09-13</td> </tr> <tr> <td>HORA INICIAL:</td> <td>(Initial hour)</td> <td>09:59:00 a.m.</td> </tr> <tr> <td>HORA FINAL:</td> <td>(Final hour)</td> <td>10:07:00 a.m.</td> </tr> <tr> <td>FECHA DE EMISIÓN:</td> <td>(Issued)</td> <td>2017-09-25</td> </tr> <tr> <td>ORDEN DE SERVICIO:</td> <td>(Service No.)</td> <td>OME172076</td> </tr> <tr> <td>PÁGINA:</td> <td>(Page)</td> <td>1 DE 12</td> </tr> </table> | REGISTRO No.: | (Report No.) | LAE170038 |  | Dates |  | FECHA DE RECEPCIÓN: | (Reception) | 2017-09-13 | FECHA DE CALIBRACIÓN: | (Calibration) | 2017-09-13 | HORA INICIAL: | (Initial hour) | 09:59:00 a.m. | HORA FINAL: | (Final hour) | 10:07:00 a.m. | FECHA DE EMISIÓN: | (Issued) | 2017-09-25 | ORDEN DE SERVICIO: | (Service No.) | OME172076 | PÁGINA: | (Page) | 1 DE 12 |
| REGISTRO No.:   | (Report No.)  | LAE170038     |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
|   | Dates   |               |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| FECHA DE RECEPCIÓN:   | (Reception)   | 2017-09-13    |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| FECHA DE CALIBRACIÓN:   | (Calibration)   | 2017-09-13    |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| HORA INICIAL:   | (Initial hour)  | 09:59:00 a.m. |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| HORA FINAL:   | (Final hour)  | 10:07:00 a.m. |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| FECHA DE EMISIÓN:   | (Issued)  | 2017-09-25    |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| ORDEN DE SERVICIO:  | (Service No.)   | OME172076     |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |
| PÁGINA:   | (Page)  | 1 DE 12       |              |           |  |       |  |                     |             |            |                       |               |            |               |                |               |             |              |               |                   |          |            |                    |               |           |         |        |         |

| DATOS DEL PROPIETARIO (CUSTOMER INFORMATION) |   |
|--|---|
| NOMBRE: (Name)                               | ABASTOS IZ 9003   |
| DIRECCIÓN: (Address)                         | EJE 5 SUR MZ. 5 LT. 3. CENTRAL DE ABASTOS DE IZTAPALAPA, C.P. 09000, CIUDAD DE MÉXICO |

| DATOS DEL INSTRUMENTO (INSTRUMENT INFORMATION) |  |
|--|--|
| NOMBRE: (Description)                          | DINAMÓMETRO DE CHASIS  |
| MARCA: (Manufacturer)                          | SUPER FLOW CORPORATION FUERZA: (Force) (1335) lbf 1 334,5 N RESOLUCIÓN: (Res.) (0,1) lbf --- |
| MODELO: (Model Number)                         | MACROCENTER PAR TORSIONAL: (Torque) (227) lbf-ft 306,1 Nm RESOLUCIÓN: (Res.) --- 0,1 Nm      |
| No. DE SERIE: (Serial Number)                  | SFD 00-03 POTENCIA: (Power) (10) BHP 7,5 kW RESOLUCIÓN: (Res.) (0,1) BHP ---                 |
| No. INVENTARIO: (Customer I.D.)                | IZ9003L02 VELOCIDAD MÁXIMA: (Speed) (24,36) MPH 39,3 km/h RESOLUCIÓN: (Res.) --- 0,1 km/h    |

| DATOS DE CALIBRACIÓN (CALIBRATION INFORMATION)        |   |
|---|---|
| PROCEDIMIENTO: (Procedure)                            | PR-MT-AE-001 TEMPERATURA: (Temperature) 15,6 °C a 16,8 °C           |
| TRAZABILIDAD METROLOGICA: (Metrological Traceability) | PATRÓN NACIONAL DE FRECUENCIA HUMEDAD: (Humidity) 51 % HR a 49 % HR |
| MÉTODO: (Method)                                      | COMPARACIÓN DIRECTA NORMA DE REF: (Standard Ref.) VER PÁGINA 2      |
| REALIZADA EN: (Carried out in)                        | INSTALACIONES DEL CLIENTE EN EL VERIFICENTRO IZ9003                 |

| DESCRIPCIÓN DE PATRONES UTILIZADOS (STANDARDS USED IN THIS MEASUREMENT) |   |                         |                   |  |  |                        |
|---|---|-------------------------|-------------------|--|--|------------------------|
| No.   | DESCRIPCIÓN<br>(Description)  | MARCA<br>(Manufacturer) | MODELO<br>(Model) | RESOLUCIÓN<br>(Resolution)   | INCERTIDUMBRE DE MEDIDA<br>(Measurement Uncertainty) | VIGENCIA<br>(Valid to) |
| 1   | Sistema de medición de referencia<br>Fabricante: CIDESI®<br>No. Serie: B180C0231-001<br>No. Identificación: MAE-161015-001<br>No. Certificado: MF-CE-462-02, CANHEFERN<br>Trazabilidad: Patrón nacional de frecuencia | MUJK 'BALAK'            | MV-01             | 7,457 W (0,01 BHP)<br>0,01 km/h<br>0,001 rad/s (0,01 rpm)<br>0,01 Nm | ± 0,013 kW<br>± 0,050 km/h                           | 2017-10-26             |

|  |   |
|--|---|
| REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)<br>ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by) | APROBÓ: OMAR CORRO FUENTES (CID-000691-20160917)<br>RESPONSABLE DEL LABORATORIO (Approved by) |
|--|---|

F-MT-001 REV. 00

Este Certificado de calibración ha sido emitido por el laboratorio de Metrología de Analizadores Específicos, Unidad Querétaro del CIDESI acreditado por ema, que es signataria del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MRA) de la Cooperación Internacional de Acreditación de laboratorios (ILAC) y de la Cooperación de Asia Pacífico para la Acreditación de Laboratorios (APLAC). El(los) resultado(s) de la medición declarado(s) en este certificado puede(n) ser aceptado(s) internacionalmente a través del MRA ILAC/APLAC.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
 CALIBRATION CERTIFICATE  
**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**  
**UNIDAD: QUERÉTARO**  
 METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
ACREDITADO AE-20

|                       |                |               |
|-----------------------|----------------|---------------|
| REGISTRO No.:         | (Report No.)   | LAE170038     |
|                       | Dates          |               |
| FECHA DE RECEPCIÓN:   | (Reception)    | 2017-09-13    |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | (Calibration)  | 2017-09-13    |
| HORA INICIAL:         | (Initial hour) | 09:59:00 a.m. |
| HORA FINAL:           | (Final hour)   | 10:07:00 a.m. |
| FECHA DE EMISIÓN:     | (Issued)       | 2017-09-25    |
| ORDEN DE SERVICIO:    | (Service No.)  | OME172076     |
| PÁGINA:               | (Page)         | 2 DE 12       |

**OBSERVACIONES (OBSERVATIONS)**

+ ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SOLO AMPARA AL (A LOS) ITEM(S) EN ÉL DESCRITO(S), CON LAS CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS PRESENTES EN EL MOMENTO EN QUE SE REALIZÓ LA CALIBRACIÓN, LAS CUALES SE INDICAN EN ESTE CERTIFICADO O INFORME. ESTO CON LA INTENCIÓN DE DAR CUMPLIMIENTO AL REQUISITO QUE LOS RESULTADOS SÓLO ESTÁN RELACIONADOS CON LOS ÍTEMS MEDIDOS O CALIBRADOS.

+ LOS RESULTADOS SE OBTUVIERON DEL PROMEDIO DE 10 ks/s CON LA ADICIÓN DE TODAS LAS CORRECCIONES QUE LE APLICAN.

+ SE REPORTA LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA CON UN FACTOR DE COBERTURA K=2 PARA UN INTERVALO DE CONFIANZA DEL 95,45%.

+ EL TÉRMINO DE INCERTIDUMBRE USADO EN ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN ES CONCORDANTE CON EL CONCEPTO DE LA NMX-Z-055-IMNC-2009 ESTABLECIDO EN EL PUNTO 2.23 Y DENOMINADO "INCERTIDUMBRE DE MEIDA".

+ LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA FUE ESTIMADA SEGÚN LA NMX-CH-140-IMNC-2002: GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES.

+ LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DE UNA CALIBRACIÓN ESPECÍFICA REALIZADA POR UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO PUEDE SER IGUAL O MÁS GRANDE QUE EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DECLARADA EN LAS TABLAS DE CAPACIDADES DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN DE SU CORRESPONDIENTE ACREDITACIÓN, ESTO PUEDE SER ASÍ PORQUE ESTA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA INCLUYE CONTRIBUYENTES DEBIDOS A LAS CONDICIONES Y COMPORTAMIENTO DE LOS INSTRUMENTOS DE LOS CLIENTES DURANTE SU CALIBRACIÓN SIN EMBARGO, LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA REALIZADA DE UNA CALIBRACIÓN ESPECÍFICA REALIZADA POR UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO NUNCA PODRÁ SER MENOR AL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDIDA DECLARADA EN LAS TABLAS DE CAPACIDADES DE CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN.

+ ES RESPONSABILIDAD DEL PROPIETARIO Y/O USUARIO DETERMINAR LA VIGENCIA DE CALIBRACIÓN O MEDICIÓN DE ACUERDO A SU FRECUENCIA

+ CUALQUIER DUDA, COMENTARIO, SUGERENCIA O QUEJA EN RELACIÓN CON ESTE SERVICIO FAVOR DE COMUNICARLO AL SIGUIENTE CORREO:

+ LAS NORMAS DE REFERENCIA UTILIZADAS PARA LA CALIBRACIÓN SON: NOM-045-SEMARNAT-2006, NOM-047-SEMARNAT-2014, NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 Y EL LINEAMIENTOS PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS EMITIDO POR CENAM-DGN.

+ EL LABORATORIO CUENTA CON LA APROBACIÓN NÚMERO DGN.312.01.2017.899 EMITIDA POR LA SECRETARÍA DE ECONOMÍA A TRAVÉS DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS (DGN), EN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS NOM-EM-167-SEMARNAT-2016, NOM-045-SEMARNAT-2006 Y NOM-047-SEMARNAT-2014.

+EL PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA CALIBRACIÓN DE ESTE DINAMÓMETRO DA CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO EN EL NUMERAL 8.16.2.3 DE LA NOM-047-SEMARNAT-2014.

+ESTA POTENCIA AL FRENO (W) NO CONSIDERA LA CUANTIFICACIÓN DE LAS PROBABLES PÉRDIDAS PARÁSITAS.

+ EN LA HOJA 1 DEL PRESENTE CERTIFICADO SE MUESTRA LA RESOLUCIÓN DE LAS MAGNITUDES MEDIDAS POR EL SISTEMA DE MEDICIÓN DEL DINAMÓMETRO TAL CUAL SE MUESTRAN EN LA ADQUISICIÓN DE DATOS DEL MISMO.

\*LOS VALORES DE MEDICIÓN DE LONGITUD DE BRAZO DE PALANCA Y EL DIMENSIONAMIENTO DEL DIÁMETRO DEL RODILLO, ASÍ COMO LA CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE CARGA UTILIZADOS PARA ESTA PRUEBA, SE TOMAN DEL INFORME DE MEDICIÓN Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CON NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN LMD172402 Y LFU170521 RESPECTIVAMENTE.

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
 Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE

LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS

UNIDAD: QUERÉTARO

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



|                       |                |               |
|-----------------------|----------------|---------------|
| REGISTRO No.:         | (Report No.)   | LAE170038     |
|                       | Dates          |               |
| FECHA DE RECEPCIÓN:   | (Reception)    | 2017-09-13    |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | (Calibration)  | 2017-09-13    |
| HORA INICIAL:         | (Initial hour) | 09:59:00 a.m. |
| HORA FINAL:           | (Final hour)   | 10:07:00 a.m. |
| FECHA DE EMISIÓN:     | (Issued)       | 2017-09-25    |
| ORDEN DE SERVICIO:    | (Service No.)  | OME172076     |
| PÁGINA:               | (Page)         | 3 DE 12       |

### RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN (RESULTS OF CALIBRATION)

#### 1.- DATOS PROVENIENTES DEL INFORME DE MEDICIÓN Y DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN RESPECTIVAMENTE

| LONGITUDES:                     |            | CELDA DE CARGA:                 |             |
|---------------------------------|------------|---------------------------------|-------------|
| DIÁMETRO DEL RODILLO:           | 0,217 54 m | MARCA:                          | ARTECH      |
| INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN, k=2: | 0,000 11 m | MODELO:                         | SS20210-300 |
| LONGITUD DEL BRAZO DE PALANCA:  | 0,229 37 m | SERIE:                          | 433743      |
| INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN, k=2: | 0,000 11 m | IDENTIFICACIÓN:                 | I29003L02   |
|                                 |            | ALCANCE:                        | 1334,5 N    |
|                                 |            | RESOLUCIÓN:                     | 0,1 N       |
|                                 |            | INTERVALO DE MEDICIÓN:          | 527,7 N     |
|                                 |            | INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN, k=2: | 1,2 N       |

#### 2.- DATOS DEL VEHÍCULO UTILIZADO DURANTE LA CALIBRACIÓN:

|                      |                       |  |          |            |
|----------------------|-----------------------|--|----------|------------|
| CLASIFICACIÓN:       | VEHÍCULO DE PASAJEROS | POTENCIA TEÓRICA PARA LAS RAMPAS DE 24 km/h: | 8,501 kW | (11,4) BHP |
| TIPO DE CARROCERÍA:  | SEDÁN                 | POTENCIA TEÓRICA PARA LA RAMPA DE 40 km/h:   | 2,810 kW | (3,5) BHP  |
| NÚMERO DE CILINDROS: | 4                     |  |          |            |

#### 3.- PRIMERA RAMPA DE 24 km/h

|                     |           |                                       |            |           |
|---------------------|-----------|---------------------------------------|------------|-----------|
| POTENCIA DE PRUEBA: | (7,0) BHP | MÁXIMA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO: | 617 rad/s  | 589,4 rpm |
| RESOLUCIÓN:         | (0,1) BHP | RESOLUCIÓN:                           | 0,01 rad/s | 0,1 rpm   |
|                     |           | RESOLUCIÓN:                           | 0,1 km/h   |           |

#### 4.- SEGUNDA RAMPA DE 24 km/h

|                     |            |                                       |            |           |
|---------------------|------------|---------------------------------------|------------|-----------|
| POTENCIA DE PRUEBA: | (10,0) BHP | MÁXIMA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO: | 65,9 rad/s | 629,5 rpm |
| RESOLUCIÓN:         | (0,1) BHP  | RESOLUCIÓN:                           | 0,01 rad/s | 0,1 rpm   |
|                     |            | RESOLUCIÓN:                           | 0,1 km/h   |           |

#### 5.- RAMPA DE 40 km/h

|                     |           |                                       |             |           |
|---------------------|-----------|---------------------------------------|-------------|-----------|
| POTENCIA DE PRUEBA: | (3,5) BHP | MÁXIMA VELOCIDAD ANGULAR DEL RODILLO: | 103,4 rad/s | 987,8 rpm |
| RESOLUCIÓN:         | (0,1) BHP | RESOLUCIÓN:                           | 0,01 rad/s  | 0,1 rpm   |
|                     |           | RESOLUCIÓN:                           | 0,1 km/h    |           |

#### 6.- PAR TORSIONAL

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| PAR TORSIONAL MÁXIMO: | 306,1 Nm |
| RESOLUCIÓN:           | 0,1 Nm   |

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidési.com

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE  
**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**  
**UNIDAD: QUERÉTARO**  
 METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038  
 FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13  
 HORA INICIAL: (Initial hour) 09:59:00 a.m.  
 HORA FINAL: (Final hour) 10:07:00 a.m.  
 FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25  
 ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076  
 PÁGINA: (Page) 4 DE 12

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN PRIMERA RAMPA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)**

Potencia de prueba: 5,2 kW (7,0 BHP)

| No. | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       | Lecturas IBC*         |                      |          |                  | Errores                 |                       |                       |                      | Incertidumbres    |                        |                                  |                                |                               |                       |                              |                               |                              |         |         |
|-----|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------|---------|
|     | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Fuerza N | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error de velocidad angular rad/s | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |         |         |
| 1   | 370.54              | 84.99            | 58.56                   | 22.93                 | (6,67)                | 4,977                | 403.6    | 90.6             | 57.9                    | 22.6                  | (7,1)                 | 5,257                | 33.0              | 5.60                   | -0.70                            | -0.33                          | (0,38)                        | 0.28                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 2   | 377.49              | 86.58            | 58.97                   | 22.30                 | (6,61)                | 4,932                | 396.1    | 88.9             | 59.1                    | 23.1                  | (7,1)                 | 5,257                | 18.65             | 2.32                   | 2.18                             | 0.80                           | (0,44)                        | 0.32                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 3   | 370.07              | 84.88            | 59.84                   | 23.43                 | (6,81)                | 5,079                | 390.0    | 87.5             | 59.0                    | 23.1                  | (7,0)                 | 5,183                | 19.93             | 2.64                   | -0.83                            | -0.38                          | (0,14)                        | 0.10                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 4   | 367.64              | 84.32            | 59.50                   | 23.30                 | (6,73)                | 5,017                | 392.0    | 88.0             | 58.8                    | 23.0                  | (7,0)                 | 5,183                | 24.40             | 3.67                   | -0.74                            | -0.35                          | (0,22)                        | 0.17                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 5   | 368.07              | 84.42            | 59.39                   | 23.25                 | (6,72)                | 5,014                | 392.7    | 88.1             | 58.5                    | 22.9                  | (6,9)                 | 5,145                | 24.66             | 3.72                   | -0.89                            | -0.40                          | (0,18)                        | 0.13                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 6   | 366.67              | 84.10            | 59.11                   | 23.14                 | (6,67)                | 4,971                | 395.5    | 88.8             | 58.2                    | 22.8                  | (6,9)                 | 5,145                | 28.78             | 4.67                   | -0.86                            | -0.39                          | (0,23)                        | 0.17                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 7   | 371.07              | 85.11            | 58.94                   | 23.08                 | (6,73)                | 5,017                | 396.8    | 89.1             | 58.1                    | 22.7                  | (7,0)                 | 5,183                | 25.74             | 3.94                   | -0.82                            | -0.38                          | (0,22)                        | 0.17                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 8   | 371.66              | 85.24            | 58.67                   | 22.97                 | (6,71)                | 5,001                | 396.8    | 89.0             | 58.4                    | 22.8                  | (7,0)                 | 5,220                | 25.16             | 3.79                   | -0.30                            | -0.17                          | (0,29)                        | 0.22                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 9   | 372.22              | 85.37            | 58.83                   | 23.04                 | (6,74)                | 5,023                | 394.1    | 88.5             | 58.6                    | 22.9                  | (7,0)                 | 5,220                | 21.87             | 3.08                   | -0.20                            | -0.14                          | (0,26)                        | 0.20                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 10  | 369.17              | 84.67            | 59.33                   | 23.23                 | (6,74)                | 5,024                | 392.0    | 88.0             | 58.6                    | 22.9                  | (6,9)                 | 5,145                | 22.88             | 3.32                   | -0.70                            | -0.33                          | (0,16)                        | 0.12                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 11  | 369.80              | 84.82            | 59.28                   | 23.21                 | (6,74)                | 5,028                | 391.4    | 87.8             | 58.9                    | 23.0                  | (7,0)                 | 5,220                | 21.56             | 3.02                   | -0.39                            | -0.21                          | (0,26)                        | 0.19                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 12  | 367.25              | 84.23            | 59.39                   | 23.25                 | (6,71)                | 5,003                | 390.7    | 87.7             | 59.1                    | 23.1                  | (7,0)                 | 5,220                | 23.44             | 3.45                   | -0.24                            | -0.15                          | (0,29)                        | 0.22                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 13  | 365.60              | 83.86            | 59.78                   | 23.41                 | (6,72)                | 5,013                | 387.3    | 86.9             | 59.4                    | 23.2                  | (6,9)                 | 5,145                | 21.67             | 3.05                   | -0.39                            | -0.21                          | (0,18)                        | 0.13                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 14  | 363.88              | 83.46            | 59.96                   | 23.47                 | (6,71)                | 5,004                | 388.6    | 87.2             | 59.4                    | 23.2                  | (7,0)                 | 5,220                | 24.75             | 3.75                   | -0.56                            | -0.27                          | (0,29)                        | 0.22                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 15  | 363.76              | 83.43            | 60.13                   | 23.54                 | (6,73)                | 5,017                | 387.3    | 86.9             | 59.4                    | 23.2                  | (7,0)                 | 5,220                | 23.51             | 3.47                   | -0.73                            | -0.34                          | (0,27)                        | 0.20                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 16  | 363.75              | 83.43            | 60.07                   | 23.52                 | (6,72)                | 5,012                | 388.0    | 87.1             | 59.4                    | 23.2                  | (7,0)                 | 5,220                | 24.21             | 3.63                   | -0.67                            | -0.32                          | (0,28)                        | 0.21                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 17  | 363.06              | 83.27            | 60.13                   | 23.54                 | (6,71)                | 5,007                | 388.6    | 87.2             | 59.4                    | 23.2                  | (7,0)                 | 5,220                | 25.57             | 3.94                   | -0.73                            | -0.34                          | (0,29)                        | 0.21                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 18  | 363.96              | 83.48            | 60.18                   | 23.56                 | (6,74)                | 5,024                | 388.0    | 87.1             | 59.4                    | 23.2                  | (7,0)                 | 5,220                | 23.99             | 3.58                   | -0.79                            | -0.36                          | (0,26)                        | 0.20                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 19  | 363.25              | 83.32            | 60.13                   | 23.54                 | (6,72)                | 5,010                | 388.6    | 87.2             | 59.6                    | 23.3                  | (7,0)                 | 5,220                | 25.39             | 3.90                   | -0.48                            | -0.24                          | (0,28)                        | 0.21                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 20  | 363.27              | 83.32            | 60.07                   | 23.52                 | (6,71)                | 5,005                | 387.3    | 86.9             | 59.8                    | 23.4                  | (7,0)                 | 5,220                | 24.01             | 3.58                   | -0.29                            | -0.17                          | (0,29)                        | 0.21                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 21  | 362.77              | 83.21            | 60.30                   | 23.61                 | (6,73)                | 5,017                | 387.3    | 86.9             | 59.9                    | 23.4                  | (7,0)                 | 5,220                | 24.50             | 3.70                   | -0.39                            | -0.21                          | (0,27)                        | 0.20                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 22  | 362.89              | 83.23            | 60.36                   | 23.63                 | (6,74)                | 5,024                | 385.9    | 86.6             | 60.2                    | 23.5                  | (7,0)                 | 5,220                | 23.02             | 3.36                   | -0.20                            | -0.13                          | (0,26)                        | 0.20                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 23  | 361.27              | 82.86            | 60.59                   | 23.72                 | (6,73)                | 5,021                | 381.8    | 85.7             | 60.7                    | 23.7                  | (7,0)                 | 5,220                | 20.55             | 2.82                   | 0.08                             | -0.02                          | (0,27)                        | 0.20                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 24  | 359.77              | 82.52            | 61.36                   | 24.02                 | (6,79)                | 5,063                | 379.8    | 85.2             | 60.4                    | 23.6                  | (6,9)                 | 5,145                | 20.01             | 2.72                   | -0.94                            | -0.42                          | (0,11)                        | 0.08                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 25  | 354.70              | 81.36            | 61.06                   | 23.91                 | (6,66)                | 4,968                | 381.8    | 85.7             | 59.9                    | 23.4                  | (6,9)                 | 5,145                | 27.12             | 4.33                   | -1.15                            | -0.51                          | (0,24)                        | 0.18                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 26  | 358.64              | 82.26            | 60.53                   | 23.70                 | (6,68)                | 4,979                | 386.6    | 86.7             | 59.5                    | 23.3                  | (6,9)                 | 5,145                | 27.95             | 4.49                   | -1.01                            | -0.45                          | (0,22)                        | 0.17                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 27  | 360.52              | 82.69            | 60.13                   | 23.54                 | (6,67)                | 4,972                | 388.0    | 87.1             | 59.8                    | 23.4                  | (7,0)                 | 5,220                | 27.43             | 4.37                   | -0.35                            | -0.19                          | (0,33)                        | 0.25                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 28  | 362.80              | 83.21            | 60.01                   | 23.50                 | (6,70)                | 4,994                | 385.2    | 86.4             | 60.3                    | 23.6                  | (7,0)                 | 5,220                | 22.43             | 3.22                   | 0.28                             | 0.05                           | (0,30)                        | 0.23                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 29  | 360.13              | 82.60            | 60.59                   | 23.72                 | (6,71)                | 5,005                | 383.6    | 86.1             | 60.4                    | 23.6                  | (7,0)                 | 5,220                | 23.50             | 3.51                   | -0.17                            | -0.12                          | (0,29)                        | 0.22                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |
| 30  | 359.63              | 82.49            | 61.18                   | 23.95                 | (6,77)                | 5,047                | 381.8    | 85.7             | 60.5                    | 23.7                  | (7,0)                 | 5,220                | 22.19             | 3.22                   | -0.63                            | -0.30                          | (0,23)                        | 0.17                  | ± 0.29                       | ± 0.26                        | ± 0.12                       | ± 0.071 | ± 0.053 |

Nota: \* IBC - Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra.

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Gro., México, C.P. 76125  
 Tel. Consultador (442) 211 98 00 - Exts.: 5151, 5161, 5175  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE  
**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**  
**UNIDAD: QUERÉTARO**  
 METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038  
 Dates  
 FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13  
 HORA INICIAL: (Initial hour) 12:00:00 a.m.  
 HORA FINAL: (Final hour) 12:00:00 a.m.  
 FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25  
 ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076  
 PÁGINA: (Page) 5 DE 12

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN PRIMERA RAMPADA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)

Potencia de prueba: 5,2 kW (7,0) BHP

| No.       | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       | Lecturas IBC*         |                      |          |                  |                         |                       |                       |                      | Errores           |                        |                               |                                | Incertidumbres                 |                               |                       |                              |                            |                               |                              |
|-----------|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|           | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Fuerza N | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de velocidad lineal km/h | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |
| 31        | 357,62              | 82,03            | 61,2                    | 23,93                 | (6,72)                | 5,013                | 379,1    | 85,1             | 60,7                    | 23,7                  | (6,9)                 | 5,145                | 2147              | 3,06                   | -0,45                         | -0,23                          | (0,18)                         | 0,13                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 32        | 356,16              | 81,69            | 61,18                   | 23,95                 | (6,70)                | 4,998                | 381,1    | 85,6             | 60,4                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,183                | 24,97             | 3,86                   | -0,76                         | -0,35                          | (0,25)                         | 0,18                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 33        | 356,89              | 82,32            | 61,00                   | 23,88                 | (6,73)                | 5,021                | 383,2    | 86,0             | 60,3                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,183                | 24,29             | 3,65                   | -0,71                         | -0,33                          | (0,22)                         | 0,16                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 34        | 357,51              | 82,00            | 60,77                   | 23,79                 | (6,68)                | 4,983                | 382,0    | 85,8             | 60,2                    | 23,5                  | (6,9)                 | 5,145                | 24,53             | 3,76                   | -0,60                         | -0,29                          | (0,22)                         | 0,16                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 35        | 358,54              | 82,24            | 60,71                   | 23,77                 | (6,69)                | 4,992                | 383,2    | 86,0             | 60,2                    | 23,5                  | (7,0)                 | 5,183                | 24,64             | 3,76                   | -0,55                         | -0,27                          | (0,26)                         | 0,19                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 36        | 358,94              | 82,33            | 60,88                   | 23,84                 | (6,72)                | 5,012                | 381,1    | 85,5             | 60,2                    | 23,5                  | (6,9)                 | 5,145                | 22,20             | 3,20                   | -0,72                         | -0,34                          | (0,18)                         | 0,13                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 37        | 357,44              | 81,98            | 60,82                   | 23,81                 | (6,69)                | 4,987                | 381,1    | 85,5             | 60,2                    | 23,5                  | (6,9)                 | 5,145                | 23,70             | 3,54                   | -0,66                         | -0,31                          | (0,21)                         | 0,16                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 38        | 356,13              | 81,68            | 60,77                   | 23,79                 | (6,65)                | 4,964                | 386,6    | 86,7             | 59,9                    | 23,4                  | (7,0)                 | 5,220                | 30,46             | 5,06                   | -0,86                         | -0,39                          | (0,34)                         | 0,26                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 39        | 361,09              | 82,82            | 60,47                   | 23,68                 | (6,72)                | 5,008                | 386,6    | 86,7             | 59,9                    | 23,4                  | (7,0)                 | 5,220                | 25,50             | 3,93                   | -0,56                         | -0,28                          | (0,28)                         | 0,21                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 40        | 359,77              | 82,52            | 60,42                   | 23,65                 | (6,69)                | 4,985                | 385,2    | 86,4             | 59,9                    | 23,4                  | (7,0)                 | 5,183                | 25,45             | 3,92                   | -0,51                         | -0,25                          | (0,26)                         | 0,20                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 41        | 360,71              | 82,73            | 60,36                   | 23,63                 | (6,70)                | 4,994                | 386,6    | 86,7             | 59,9                    | 23,4                  | (7,0)                 | 5,220                | 25,88             | 4,01                   | -0,45                         | -0,23                          | (0,30)                         | 0,23                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 42        | 362,54              | 83,15            | 60,18                   | 23,56                 | (6,71)                | 5,005                | 387,3    | 86,9             | 59,6                    | 23,3                  | (7,0)                 | 5,220                | 24,74             | 3,75                   | -0,54                         | -0,26                          | (0,29)                         | 0,22                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 43        | 362,14              | 83,06            | 60,01                   | 23,50                 | (6,68)                | 4,985                | 385,9    | 86,6             | 59,6                    | 23,3                  | (7,0)                 | 5,183                | 23,77             | 3,53                   | -0,36                         | -0,20                          | (0,27)                         | 0,20                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 44        | 361,87              | 83,00            | 60,18                   | 23,56                 | (6,70)                | 4,995                | 388,0    | 87,1             | 59,6                    | 23,3                  | (7,0)                 | 5,220                | 26,08             | 4,06                   | -0,54                         | -0,26                          | (0,30)                         | 0,22                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 45        | 362,64              | 83,18            | 60,30                   | 23,61                 | (6,73)                | 5,016                | 385,2    | 86,4             | 59,8                    | 23,4                  | (7,0)                 | 5,220                | 22,59             | 3,26                   | -0,52                         | -0,26                          | (0,27)                         | 0,20                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 46        | 361,82              | 82,99            | 60,24                   | 23,59                 | (6,70)                | 4,999                | 385,9    | 86,6             | 60,0                    | 23,5                  | (7,0)                 | 5,183                | 24,09             | 3,60                   | -0,21                         | -0,14                          | (0,25)                         | 0,18                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 47        | 360,43              | 82,67            | 60,24                   | 23,59                 | (6,68)                | 4,980                | 385,2    | 86,4             | 60,2                    | 23,5                  | (7,0)                 | 5,220                | 24,80             | 3,77                   | -0,08                         | -0,09                          | (0,32)                         | 0,24                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 48        | 358,17              | 82,15            | 60,88                   | 23,84                 | (6,71)                | 5,002                | 380,5    | 85,4             | 60,3                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,183                | 22,29             | 3,24                   | -0,59                         | -0,29                          | (0,24)                         | 0,18                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 49        | 357,41              | 81,98            | 61,06                   | 23,91                 | (6,71)                | 5,006                | 381,8    | 85,7             | 60,4                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,183                | 24,41             | 3,73                   | -0,64                         | -0,31                          | (0,24)                         | 0,18                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 50        | 359,63              | 82,49            | 61,00                   | 23,88                 | (6,75)                | 5,032                | 383,9    | 86,1             | 60,4                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,220                | 24,23             | 3,64                   | -0,58                         | -0,28                          | (0,25)                         | 0,19                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 51        | 358,14              | 82,14            | 61,06                   | 23,91                 | (6,73)                | 5,016                | 380,5    | 85,4             | 60,4                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,183                | 22,32             | 3,25                   | -0,64                         | -0,31                          | (0,22)                         | 0,17                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 52        | 356,99              | 81,88            | 61,06                   | 23,91                 | (6,70)                | 5,000                | 381,8    | 85,7             | 60,5                    | 23,7                  | (7,0)                 | 5,220                | 24,83             | 3,82                   | -0,51                         | -0,26                          | (0,30)                         | 0,22                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 53        | 357,76              | 82,06            | 61,00                   | 23,88                 | (6,71)                | 5,006                | 381,8    | 85,7             | 60,7                    | 23,7                  | (7,0)                 | 5,220                | 24,06             | 3,65                   | -0,33                         | -0,18                          | (0,29)                         | 0,21                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 54        | 357,60              | 82,02            | 61,18                   | 23,95                 | (6,73)                | 5,016                | 379,8    | 85,2             | 61,1                    | 23,9                  | (7,0)                 | 5,220                | 22,17             | 3,22                   | -0,12                         | -0,10                          | (0,27)                         | 0,20                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 55        | 357,91              | 82,09            | 61,60                   | 24,12                 | (6,78)                | 5,057                | 376,4    | 84,5             | 61,1                    | 23,9                  | (7,0)                 | 5,183                | 18,45             | 2,37                   | -0,54                         | -0,27                          | (0,17)                         | 0,13                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 56        | 353,08              | 80,98            | 61,72                   | 24,17                 | (6,70)                | 4,998                | 379,8    | 85,2             | 60,9                    | 23,8                  | (7,0)                 | 5,183                | 26,69             | 4,26                   | -0,78                         | -0,37                          | (0,25)                         | 0,18                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 57        | 355,36              | 81,51            | 61,30                   | 24,00                 | (6,70)                | 4,996                | 381,8    | 85,7             | 60,4                    | 23,6                  | (7,0)                 | 5,183                | 26,46             | 4,18                   | -0,88                         | -0,40                          | (0,25)                         | 0,19                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 58        | 357,60              | 82,02            | 61,06                   | 23,91                 | (6,72)                | 5,008                | 380,5    | 85,4             | 60,3                    | 23,6                  | (6,9)                 | 5,145                | 22,85             | 3,37                   | -0,77                         | -0,36                          | (0,18)                         | 0,14                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 59        | 356,00              | 81,65            | 60,82                   | 23,81                 | (6,66)                | 4,967                | 382,5    | 85,8             | 60,2                    | 23,5                  | (6,9)                 | 5,145                | 26,50             | 4,18                   | -0,66                         | -0,31                          | (0,24)                         | 0,18                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| 60        | 358,78              | 82,29            | 60,65                   | 23,75                 | (6,69)                | 4,991                | 384,5    | 86,3             | 59,9                    | 23,4                  | (7,0)                 | 5,183                | 25,77             | 3,99                   | -0,74                         | -0,35                          | (0,26)                         | 0,19                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |
| $\bar{X}$ | 359,04              | 82,35            | 60,75                   | 23,79                 | (6,71)                | 5,003                | 383,3    | 86,0             | 60,2                    | 23,5                  | (7,0)                 | 5,191                | 24,22             | 3,66                   | -0,53                         | -0,26                          | (0,25)                         | 0,19                          | ± 0,29                | ± 0,26                       | ± 0,12                     | ± (0,07)                      | ± 0,053                      |

Nota: \* IBC - Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra.

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Gro., México, C.P. 76125  
 Tel. Conmutador (442) 211 98 00 - Exts.: 5151, 5161, 5176  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidcesi.com

DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE  
**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**  
**UNIDAD: QUERÉTARO**  
 METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038  
 Dates \_\_\_\_\_  
 FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13  
 HORA INICIAL: (Initial hour) 09:59:00 a.m.  
 HORA FINAL: (Final hour) 10:07:00 a.m.  
 FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25  
 ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076  
 PÁGINA: (Page) 6 DE 12

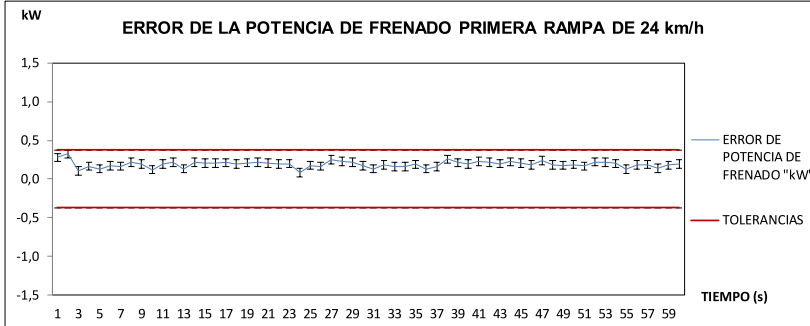
RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN PRIMERA RAMPA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)

Potencia de prueba: 5,2 kW (7,0) BHP

Velocidad de prueba: 24,0 km/h

Tolerancia: ± 0,373 kW (± 0,5) BHP

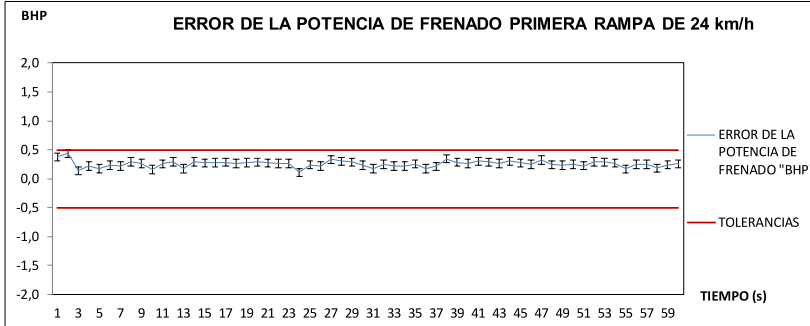
Tolerancia: ± 2,4 km/h



**ÍNDICE DE INESTABILIDAD**

$$S_t = \frac{NPE}{NTP} * 100$$

$S_t$ ; mide que tan estable es un proceso.  
 NPE; número de puntos especiales.  
 NTP; número total de puntos  
 0% ≤  $S_t$  ≤ 2%; proceso con estabilidad buena.  
 2% <  $S_t$  ≤ 5%; proceso con estabilidad regular.  
 $S_t$  > 5%; proceso inestable.

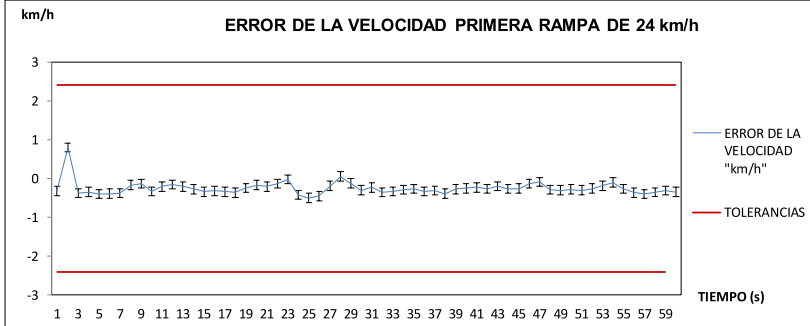


Índice de inestabilidad para la aplicación de potencia al freno para la primera rampa de 24 km/h

NPE:

NTP:

St:



REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
 Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE

**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**

**UNIDAD: QUERÉTARO**

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038

Dates

FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13

FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13

HORA INICIAL: (Initial hour) 09:59:00 a.m.

HORA FINAL: (Final hour) 10:07:00 a.m.

FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25

ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076

PÁGINA: (Page) 7 DE 12

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN SEGUNDA RAMPA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)**

Potencia de prueba: 7.5 kW (10.0 BHP)

| No. | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       |                       |                      | Lecturas IBC* |                  |                         |                       |                       |                      | Errores           |                        |                               |                                |                                |                               | Incertidumbres        |                              |                            |                               |                              |
|-----|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|     | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Fuerza N      | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de velocidad lineal km/h | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |
| 1   | 58.60               | 18.95            | 60.36                   | 23.63                 | (9.63)                | 7.80                 | 568.6         | 127.6            | 58.9                    | 23.0                  | (10.2)                | 7.569                | 50.03             | 8.68                   | -1.47                         | -0.63                          | (0.52)                         | 0.39                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 2   | 53.10               | 17.70            | 61.18                   | 23.95                 | (9.66)                | 7.201                | 557.7         | 125.2            | 59.5                    | 23.3                  | (10.1)                | 7.494                | 44.57             | 7.46                   | -1.66                         | -0.70                          | (0.39)                         | 0.29                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 3   | 50.187              | 15.11            | 61.90                   | 24.24                 | (9.56)                | 7.126                | 553.6         | 124.3            | 59.5                    | 23.3                  | (9.9)                 | 7.382                | 51.77             | 9.14                   | -2.38                         | -0.99                          | (0.34)                         | 0.26                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 4   | 50.159              | 15.05            | 61.42                   | 24.05                 | (9.48)                | 7.066                | 555.7         | 124.7            | 59.4                    | 23.2                  | (10.0)                | 7.457                | 54.09             | 9.67                   | -2.02                         | -0.85                          | (0.52)                         | 0.39                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 5   | 505.03              | 115.84           | 61.12                   | 23.93                 | (9.49)                | 7.080                | 559.8         | 125.6            | 58.1                    | 22.7                  | (9.8)                 | 7.308                | 54.74             | 9.79                   | -3.00                         | -1.23                          | (0.31)                         | 0.23                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 6   | 511.02              | 117.21           | 60.94                   | 23.86                 | (9.58)                | 7.143                | 571.4         | 128.2            | 56.6                    | 22.1                  | (9.8)                 | 7.308                | 60.35             | 11.02                  | -4.36                         | -1.76                          | (0.22)                         | 0.16                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 7   | 510.24              | 117.03           | 60.71                   | 23.77                 | (9.53)                | 7.105                | 589.1         | 132.2            | 55.8                    | 21.8                  | (9.9)                 | 7.382                | 78.85             | 15.15                  | -4.89                         | -1.97                          | (0.37)                         | 0.28                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 8   | 513.55              | 117.03           | 60.42                   | 23.65                 | (9.54)                | 7.116                | 593.9         | 133.3            | 55.9                    | 21.9                  | (10.1)                | 7.494                | 80.31             | 15.49                  | -4.47                         | -1.80                          | (0.51)                         | 0.38                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 9   | 518.47              | 118.92           | 59.90                   | 23.45                 | (9.55)                | 7.123                | 586.4         | 131.6            | 57.2                    | 22.4                  | (10.2)                | 7.606                | 67.89             | 12.68                  | -2.67                         | -1.10                          | (0.65)                         | 0.48                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 10  | 518.86              | 119.01           | 59.84                   | 23.43                 | (9.55)                | 7.121                | 561.1         | 126.0            | 60.4                    | 23.6                  | (10.3)                | 7.681                | 42.28             | 6.98                   | 0.58                          | 0.17                           | (0.75)                         | 0.56                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 11  | 515.84              | 118.31           | 60.01                   | 23.50                 | (9.52)                | 7.100                | 542.7         | 121.8            | 60.7                    | 23.7                  | (9.9)                 | 7.382                | 26.89             | 3.50                   | 0.66                          | 0.20                           | (0.38)                         | 0.28                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 12  | 518.98              | 118.58           | 60.24                   | 23.59                 | (9.58)                | 7.143                | 548.4         | 123.1            | 59.5                    | 23.3                  | (9.9)                 | 7.345                | 3143              | 4.52                   | -0.72                         | -0.34                          | (0.27)                         | 0.20                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 13  | 516.24              | 118.41           | 60.83                   | 23.81                 | (9.66)                | 7.202                | 554.3         | 124.4            | 59.6                    | 23.3                  | (10.0)                | 7.457                | 38.07             | 6.00                   | -1.18                         | -0.51                          | (0.34)                         | 0.25                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.080)                     | ± 0.060                      |
| 14  | 513.96              | 117.89           | 61.30                   | 24.00                 | (9.69)                | 7.226                | 552.3         | 123.9            | 60.2                    | 23.5                  | (10.1)                | 7.494                | 38.31             | 6.06                   | -1.13                         | -0.50                          | (0.36)                         | 0.27                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 15  | 509.64              | 116.89           | 61.48                   | 24.07                 | (9.64)                | 7.187                | 539.3         | 121.0            | 61.1                    | 23.9                  | (10.0)                | 7.457                | 29.67             | 4.14                   | -0.42                         | -0.22                          | (0.36)                         | 0.27                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 16  | 506.02              | 116.06           | 61.66                   | 24.14                 | (9.60)                | 7.156                | 530.5         | 119.1            | 61.2                    | 23.9                  | (9.8)                 | 7.308                | 24.44             | 3.00                   | -0.47                         | -0.24                          | (0.20)                         | 0.15                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 17  | 503.94              | 115.59           | 61.78                   | 24.19                 | (9.58)                | 7.141                | 538.0         | 120.7            | 60.7                    | 23.7                  | (9.9)                 | 7.345                | 34.01             | 5.14                   | -1.10                         | -0.49                          | (0.27)                         | 0.20                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 18  | 501.37              | 115.00           | 62.27                   | 24.38                 | (9.60)                | 7.161                | 544.1         | 122.1            | 60.4                    | 23.6                  | (9.9)                 | 7.382                | 42.72             | 7.11                   | -1.85                         | -0.78                          | (0.30)                         | 0.22                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 19  | 497.98              | 114.22           | 62.39                   | 24.43                 | (9.56)                | 7.127                | 548.2         | 123.0            | 60.2                    | 23.5                  | (9.9)                 | 7.382                | 50.21             | 8.79                   | -2.23                         | -0.93                          | (0.34)                         | 0.26                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 20  | 501.78              | 115.09           | 62.46                   | 24.45                 | (9.64)                | 7.188                | 550.9         | 123.6            | 59.9                    | 23.4                  | (10.0)                | 7.420                | 49.13             | 8.54                   | -2.55                         | -1.05                          | (0.31)                         | 0.23                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 21  | 497.31              | 114.07           | 62.52                   | 24.48                 | (9.56)                | 7.131                | 557.7         | 125.2            | 59.5                    | 23.3                  | (10.0)                | 7.457                | 60.42             | 11.12                  | -3.00                         | -1.23                          | (0.44)                         | 0.33                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 22  | 498.73              | 114.39           | 62.52                   | 24.48                 | (9.59)                | 7.152                | 556.4         | 124.9            | 59.4                    | 23.2                  | (10.0)                | 7.457                | 57.63             | 10.48                  | -3.12                         | -1.28                          | (0.41)                         | 0.31                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 23  | 496.03              | 113.77           | 62.70                   | 24.55                 | (9.57)                | 7.134                | 550.9         | 123.6            | 59.4                    | 23.2                  | (9.9)                 | 7.382                | 54.88             | 9.86                   | -3.31                         | -1.35                          | (0.33)                         | 0.25                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 24  | 496.80              | 113.95           | 62.83                   | 24.60                 | (9.60)                | 7.159                | 550.2         | 123.5            | 59.5                    | 23.3                  | (9.9)                 | 7.382                | 53.43             | 9.53                   | -3.31                         | -1.35                          | (0.30)                         | 0.22                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 25  | 497.33              | 114.07           | 62.89                   | 24.62                 | (9.62)                | 7.174                | 552.3         | 123.9            | 60.2                    | 23.5                  | (10.1)                | 7.494                | 54.94             | 9.87                   | -2.73                         | -1.12                          | (0.43)                         | 0.32                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 26  | 495.58              | 113.67           | 62.70                   | 24.55                 | (9.56)                | 7.128                | 546.8         | 122.7            | 60.5                    | 23.7                  | (10.0)                | 7.457                | 51.24             | 9.03                   | -2.15                         | -0.90                          | (0.44)                         | 0.33                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 27  | 492.85              | 113.04           | 62.77                   | 24.58                 | (9.52)                | 7.095                | 542.7         | 121.8            | 60.8                    | 23.8                  | (10.0)                | 7.457                | 49.87             | 8.77                   | -1.96                         | -0.83                          | (0.48)                         | 0.36                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 28  | 494.64              | 113.45           | 62.89                   | 24.62                 | (9.57)                | 7.135                | 538.6         | 120.9            | 60.9                    | 23.8                  | (10.0)                | 7.420                | 43.99             | 7.43                   | -1.96                         | -0.82                          | (0.38)                         | 0.28                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 29  | 491.79              | 112.80           | 63.02                   | 24.67                 | (9.53)                | 7.108                | 537.3         | 120.6            | 61.3                    | 24.0                  | (9.9)                 | 7.382                | 45.48             | 7.77                   | -1.70                         | -0.72                          | (0.37)                         | 0.27                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |
| 30  | 494.19              | 113.35           | 63.02                   | 24.67                 | (9.58)                | 7.143                | 534.5         | 120.0            | 61.6                    | 24.1                  | (10.0)                | 7.420                | 40.35             | 6.60                   | -1.44                         | -0.62                          | (0.37)                         | 0.28                          | ± 0.31                | ± 0.38                       | ± 0.15                     | ± (0.081)                     | ± 0.060                      |

Nota: \* IBC - Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra.

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
Tel. Conmutador (442) 211 93 00 ; Exts.: 5151, 5161, 5170  
Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE

**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**

**UNIDAD: QUERÉTARO**

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038

Dates

FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13

FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13

HORA INICIAL: (Initial hour) 09:59:00 a.m.

HORA FINAL: (Final hour) 10:07:00 a.m.

FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25

ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076

PÁGINA: (Page) 8 DE 12

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN SEGUNDA RAMPADA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)**

Potencia de prueba: 7,5 kW (10,0 BHP)

| No. | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       | Lecturas IBC*         |                      |          |                  | Errores                 |                       |                       |                      |                   |                        | Incertidumbres                |                                |                                |                               |                       |                              |                            |                               |                              |
|-----|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|     | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Fuerza N | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de velocidad lineal km/h | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |
| 31  | 489,94              | 12,19            | 63,15                   | 24,72                 | (9,50)                | 7,084                | 535,9    | 120,3            | 61,7                    | 24,1                  | (10,0)                | 7,457                | 46,77             | 8,07                   | -1,44                         | -0,62                          | (0,50)                         | 0,37                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 32  | 494,17              | 113,34           | 63,21                   | 24,75                 | (9,61)                | 7,164                | 532,5    | 119,5            | 62,0                    | 24,2                  | (10,0)                | 7,420                | 38,33             | 6,15                   | -1,25                         | -0,55                          | (0,34)                         | 0,26                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 33  | 492,31              | 112,92           | 63,15                   | 24,72                 | (9,56)                | 7,130                | 532,5    | 119,5            | 62,0                    | 24,2                  | (10,0)                | 7,457                | 40,19             | 6,59                   | -1,18                         | -0,52                          | (0,44)                         | 0,33                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 34  | 500,20              | 114,73           | 62,83                   | 24,60                 | (9,67)                | 7,208                | 532,5    | 119,5            | 62,0                    | 24,2                  | (10,0)                | 7,457                | 32,30             | 4,78                   | -0,87                         | -0,40                          | (0,33)                         | 0,25                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 35  | 497,09              | 114,02           | 62,15                   | 24,33                 | (9,50)                | 7,086                | 529,8    | 118,9            | 62,1                    | 24,3                  | (10,0)                | 7,420                | 32,68             | 4,89                   | -0,06                         | -0,08                          | (0,45)                         | 0,33                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 36  | 503,97              | 115,59           | 61,60                   | 24,12                 | (9,55)                | 7,120                | 529,8    | 118,9            | 62,2                    | 24,3                  | (10,0)                | 7,420                | 25,80             | 3,32                   | 0,61                          | 0,18                           | (0,40)                         | 0,30                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 37  | 505,60              | 115,97           | 61,18                   | 23,95                 | (9,51)                | 7,095                | 531,8    | 119,4            | 62,2                    | 24,3                  | (10,0)                | 7,457                | 26,21             | 3,41                   | 1,03                          | 0,35                           | (0,49)                         | 0,36                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 38  | 509,02              | 116,75           | 60,77                   | 23,79                 | (9,51)                | 7,095                | 531,1    | 119,2            | 62,2                    | 24,3                  | (10,0)                | 7,457                | 22,11             | 2,47                   | 1,45                          | 0,51                           | (0,49)                         | 0,36                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 39  | 510,20              | 117,71           | 60,13                   | 23,54                 | (9,49)                | 7,078                | 530,5    | 119,1            | 62,2                    | 24,3                  | (10,0)                | 7,420                | 17,25             | 1,35                   | 2,09                          | 0,76                           | (0,46)                         | 0,34                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 40  | 512,87              | 117,63           | 59,73                   | 23,39                 | (9,42)                | 7,026                | 527,0    | 118,3            | 62,2                    | 24,3                  | (9,9)                 | 7,382                | 14,17             | 0,65                   | 2,49                          | 0,91                           | (0,48)                         | 0,36                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 41  | 521,43              | 119,60           | 59,22                   | 23,19                 | (9,50)                | 7,083                | 525,0    | 117,8            | 62,3                    | 24,4                  | (9,9)                 | 7,382                | 3,57              | -1,77                  | 3,12                          | 1,16                           | (0,40)                         | 0,30                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 42  | 527,67              | 121,03           | 58,78                   | 23,01                 | (9,54)                | 7,114                | 526,4    | 118,1            | 62,5                    | 24,4                  | (9,9)                 | 7,382                | -1,31             | -2,90                  | 3,69                          | 1,39                           | (0,36)                         | 0,27                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 43  | 525,64              | 120,56           | 58,94                   | 23,08                 | (9,53)                | 7,106                | 525,7    | 118,0            | 62,5                    | 24,4                  | (10,0)                | 7,420                | 0,04              | -2,59                  | 3,52                          | 1,32                           | (0,42)                         | 0,31                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 44  | 524,61              | 120,33           | 59,73                   | 23,39                 | (9,64)                | 7,187                | 523,6    | 117,5            | 62,7                    | 24,5                  | (9,9)                 | 7,382                | -0,97             | -2,81                  | 3,00                          | 1,11                           | (0,26)                         | 0,20                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 45  | 510,80              | 117,85           | 61,06                   | 23,91                 | (9,65)                | 7,186                | 527,0    | 118,3            | 62,6                    | 24,5                  | (10,0)                | 7,420                | 13,25             | 0,44                   | 1,54                          | 0,54                           | (0,30)                         | 0,22                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 46  | 509,42              | 116,84           | 61,66                   | 24,14                 | (9,66)                | 7,205                | 533,2    | 119,7            | 62,2                    | 24,3                  | (10,0)                | 7,457                | 23,76             | 2,82                   | 0,55                          | 0,16                           | (0,34)                         | 0,25                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 47  | 505,57              | 115,96           | 62,64                   | 24,53                 | (9,74)                | 7,264                | 536,6    | 120,4            | 61,7                    | 24,1                  | (10,0)                | 7,457                | 31,02             | 4,46                   | -0,94                         | -0,43                          | (0,26)                         | 0,19                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 48  | 496,59              | 113,90           | 63,27                   | 24,77                 | (9,66)                | 7,207                | 535,2    | 120,1            | 61,3                    | 24,0                  | (9,9)                 | 7,382                | 38,64             | 6,21                   | -1,95                         | -0,82                          | (0,24)                         | 0,18                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 49  | 494,36              | 113,39           | 64,18                   | 25,13                 | (9,76)                | 7,277                | 541,4    | 121,5            | 60,7                    | 23,7                  | (9,9)                 | 7,382                | 47,01             | 8,12                   | -3,50                         | -1,43                          | (0,14)                         | 0,11                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 50  | 488,19              | 111,97           | 64,51                   | 25,26                 | (9,69)                | 7,223                | 548,9    | 123,2            | 59,9                    | 23,4                  | (9,9)                 | 7,382                | 60,67             | 11,19                  | -4,60                         | -1,86                          | (0,21)                         | 0,16                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 51  | 478,42              | 109,73           | 65,31                   | 25,57                 | (9,61)                | 7,167                | 557,7    | 125,2            | 58,9                    | 23,0                  | (9,9)                 | 7,382                | 79,31             | 15,43                  | -6,43                         | -2,57                          | (0,29)                         | 0,22                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 52  | 478,51              | 109,75           | 65,58                   | 25,68                 | (9,65)                | 7,188                | 559,8    | 125,6            | 58,6                    | 22,9                  | (10,0)                | 7,420                | 81,26             | 15,88                  | -6,95                         | -2,78                          | (0,30)                         | 0,22                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 53  | 479,07              | 109,88           | 65,58                   | 25,68                 | (9,66)                | 7,206                | 556,4    | 124,9            | 59,5                    | 23,3                  | (10,0)                | 7,457                | 77,30             | 15,00                  | -6,06                         | -2,43                          | (0,34)                         | 0,25                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 54  | 479,69              | 110,02           | 65,58                   | 25,68                 | (9,68)                | 7,216                | 550,2    | 123,5            | 60,4                    | 23,6                  | (10,1)                | 7,494                | 70,53             | 13,45                  | -5,16                         | -2,08                          | (0,37)                         | 0,28                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 55  | 479,85              | 110,06           | 65,51                   | 25,65                 | (9,67)                | 7,210                | 542,0    | 121,7            | 60,9                    | 23,8                  | (10,0)                | 7,457                | 62,20             | 11,60                  | -4,58                         | -1,85                          | (0,33)                         | 0,25                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 56  | 480,39              | 110,18           | 65,51                   | 25,65                 | (9,68)                | 7,219                | 536,6    | 120,4            | 62,1                    | 24,3                  | (10,1)                | 7,494                | 56,20             | 10,23                  | -3,43                         | -1,40                          | (0,37)                         | 0,28                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 57  | 479,85              | 110,06           | 65,51                   | 25,65                 | (9,67)                | 7,210                | 530,5    | 119,0            | 62,7                    | 24,5                  | (10,1)                | 7,494                | 50,61             | 8,98                   | -2,79                         | -1,15                          | (0,38)                         | 0,28                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 58  | 477,21              | 109,45           | 65,51                   | 25,65                 | (9,62)                | 7,171                | 523,0    | 117,4            | 63,5                    | 24,8                  | (10,1)                | 7,494                | 45,75             | 7,90                   | -2,02                         | -0,85                          | (0,43)                         | 0,32                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 59  | 473,33              | 108,56           | 65,58                   | 25,68                 | (9,55)                | 7,120                | 516,1    | 115,8            | 64,1                    | 25,1                  | (10,1)                | 7,494                | 42,81             | 7,26                   | -1,45                         | -0,63                          | (0,50)                         | 0,37                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| 60  | 469,04              | 107,58           | 65,93                   | 25,81                 | (9,51)                | 7,092                | 505,9    | 113,5            | 64,6                    | 25,3                  | (9,9)                 | 7,382                | 36,87             | 5,96                   | -1,28                         | -0,56                          | (0,39)                         | 0,29                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |
| X   | 496,39              | 113,85           | 62,88                   | 24,62                 | (9,59)                | 7,153                | 537,1    | 120,5            | 61,4                    | 24,0                  | (10,0)                | 7,432                | 40,66             | 6,68                   | -1,44                         | -0,62                          | (0,37)                         | 0,28                          | ± 0,31                | ± 0,38                       | ± 0,15                     | ± (0,08%)                     | ± 0,060                      |

Nota: \* IBC - Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra.

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA. NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS  
 UNIDAD: QUERÉTARO  
 METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



|                       |                |               |
|-----------------------|----------------|---------------|
| REGISTRO No.:         | (Report No.)   | LAE170038     |
|                       | Dates          |               |
| FECHA DE RECEPCIÓN:   | (Reception)    | 2017-09-13    |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | (Calibration)  | 2017-09-13    |
| HORA INICIAL:         | (Initial hour) | 09:59:00 a.m. |
| HORA FINAL:           | (Final hour)   | 10:07:00 a.m. |
| FECHA DE EMISIÓN:     | (Issued)       | 2017-09-25    |
| ORDEN DE SERVICIO:    | (Service No.)  | OME172076     |
| PÁGINA:               | (Page)         | 9 DE 12       |

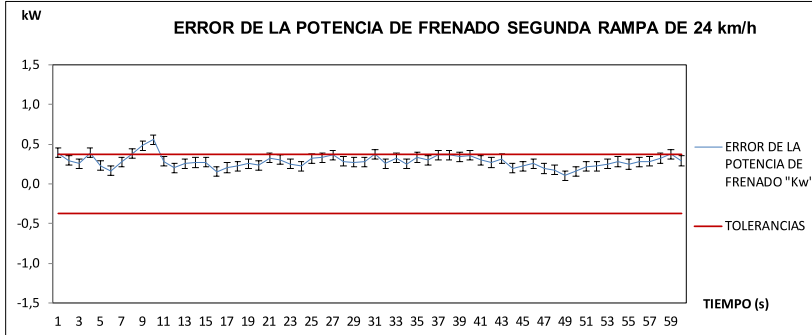
## RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN SEGUNDA RAMPA DE 24 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)

Potencia de prueba: 7,5 kW (10,0 BHP)

Velocidad de prueba: 24,0 km/h

Tolerancia: ± 0,373 kW (± 0,5) BHP

Tolerancia: ± 2,4 km/h



### ÍNDICE DE INESTABILIDAD

$$S_t = \frac{NPE}{NTP} * 100$$

$S_t$ ; mide que tan estable es un proceso.

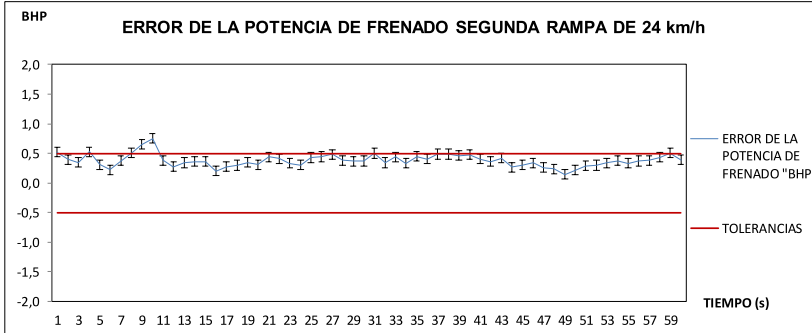
NPE; numero de puntos especiales.

NTP; número total de puntos

$0\% \leq S_t \leq 2\%$ ; proceso con estabilidad buena.

$2\% < S_t \leq 5\%$ ; proceso con estabilidad regular.

$S_t > 5\%$ ; proceso inestable.

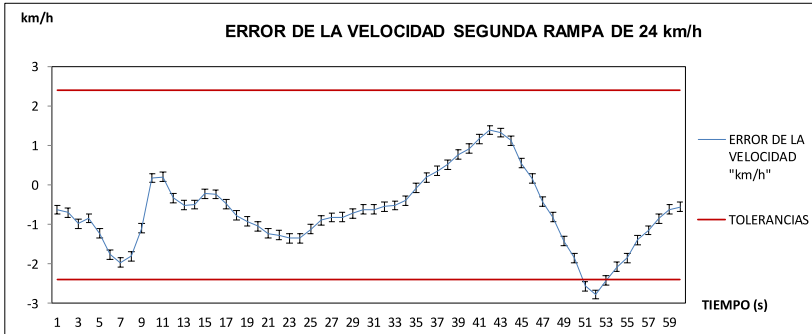


### Índice de inestabilidad para la aplicación de potencia al freno para la segunda rampa de 24 km/h

NPE: 2

NTP: 60

St: 3,3 %



REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
 Tel. Conmutador (442) 219 93 80 : Ext.s.: 5151, 5151, 5170  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE

**LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS**

**UNIDAD: QUERÉTARO**

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038  
 Dates  
 FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13  
 HORA INICIAL: (Initial hour) 09:59:00 a.m.  
 HORA FINAL: (Final hour) 10:07:00 a.m.  
 FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25  
 ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076  
 PÁGINA: (Page) 10 DE 12

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN RAMPA DE 40 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)**

Potencia de prueba: 2,6 kW (3,5) BHP

| No | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       |                       | Lecturas IBC* |                  |                         |                       |                       | Errores              |                   |                        |                               |                                | Incertidumbres                 |                               |                       |                              |                            |                               |                              |         |
|----|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------|
|    | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Fuerza N      | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de velocidad lineal km/h | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |         |
| 1  | 115,00              | 26,38            | 96,76                   | 37,88                 | (3,42)                | 2,552         | 1214             | 27,2                    | 95,9                  | 37,5                  | (3,5)                | 2,610             | 6,36                   | 0,86                          | -0,88                          | -0,43                          | (0,08)                        | 0,06                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 2  | 113,84              | 26,11            | 97,06                   | 38,00                 | (3,40)                | 2,534         | 122,0            | 27,4                    | 95,8                  | 37,4                  | (3,5)                | 2,610             | 8,20                   | 1,28                          | -1,30                          | -0,60                          | (0,10)                        | 0,08                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 3  | 116,73              | 26,77            | 97,21                   | 38,06                 | (3,49)                | 2,603         | 120,7            | 27,1                    | 96,0                  | 37,5                  | (3,5)                | 2,573             | 3,95                   | 0,31                          | -1,20                          | -0,56                          | (-0,04)                       | -0,03                 | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 4  | 118,61              | 27,20            | 97,06                   | 38,00                 | (3,54)                | 2,640         | 119,3            | 26,8                    | 96,3                  | 37,6                  | (3,5)                | 2,573             | 0,71                   | -0,43                         | -0,79                          | -0,40                          | (-0,09)                       | -0,07                 | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 5  | 117,04              | 26,85            | 96,91                   | 37,94                 | (3,49)                | 2,602         | 124,1            | 27,8                    | 96,3                  | 37,6                  | (3,6)                | 2,647             | 7,05                   | 0,99                          | -0,64                          | -0,34                          | (0,06)                        | 0,05                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 6  | 115,95              | 26,59            | 96,76                   | 37,88                 | (3,45)                | 2,573         | 124,8            | 28,0                    | 96,3                  | 37,6                  | (3,6)                | 2,685             | 8,82                   | 1,38                          | -0,49                          | -0,28                          | (0,15)                        | 0,11                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 7  | 114,88              | 26,35            | 97,06                   | 38,00                 | (3,43)                | 2,557         | 124,8            | 28,0                    | 96,3                  | 37,6                  | (3,6)                | 2,685             | 9,90                   | 1,62                          | -0,79                          | -0,40                          | (0,17)                        | 0,13                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 8  | 116,98              | 26,83            | 96,76                   | 37,88                 | (3,48)                | 2,596         | 123,4            | 27,7                    | 96,3                  | 37,6                  | (3,6)                | 2,647             | 6,43                   | 0,85                          | -0,49                          | -0,28                          | (0,07)                        | 0,05                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 9  | 120,50              | 27,64            | 96,31                   | 37,71                 | (3,57)                | 2,662         | 124,8            | 28,0                    | 96,0                  | 37,5                  | (3,6)                | 2,685             | 4,27                   | 0,33                          | -0,31                          | -0,21                          | (0,03)                        | 0,02                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 10 | 119,07              | 27,31            | 95,87                   | 37,54                 | (3,51)                | 2,618         | 124,8            | 28,0                    | 95,9                  | 37,5                  | (3,6)                | 2,647             | 5,70                   | 0,66                          | 0,01                           | -0,09                          | (0,04)                        | 0,03                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 11 | 119,38              | 27,38            | 96,61                   | 37,83                 | (3,55)                | 2,645         | 124,8            | 28,0                    | 95,4                  | 37,3                  | (3,6)                | 2,647             | 5,40                   | 0,59                          | -1,24                          | -0,58                          | (0,00)                        | 0,00                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 12 | 115,10              | 26,40            | 98,58                   | 38,60                 | (3,49)                | 2,603         | 128,0            | 28,7                    | 95,2                  | 37,2                  | (3,6)                | 2,685             | 12,85                  | 2,30                          | -3,34                          | -1,40                          | (0,11)                        | 0,08                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,053 |
| 13 | 114,52              | 26,27            | 99,99                   | 39,15                 | (3,52)                | 2,626         | 125,5            | 28,1                    | 96,7                  | 37,8                  | (3,6)                | 2,685             | 10,93                  | 1,86                          | -3,34                          | -1,40                          | (0,08)                        | 0,06                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 14 | 113,77              | 26,09            | 101,11                  | 39,59                 | (3,54)                | 2,639         | 119,3            | 26,8                    | 98,6                  | 38,5                  | (3,5)                | 2,610             | 5,55                   | 0,68                          | -2,54                          | -1,09                          | (-0,04)                       | -0,03                 | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 15 | 111,0               | 25,49            | 102,10                  | 39,97                 | (3,49)                | 2,602         | 120,0            | 26,9                    | 99,8                  | 39,0                  | (3,6)                | 2,685             | 8,87                   | 1,44                          | -2,25                          | -0,97                          | (0,11)                        | 0,08                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 16 | 110,95              | 25,45            | 102,77                  | 40,24                 | (3,51)                | 2,615         | 116,6            | 26,2                    | 101,0                 | 39,5                  | (3,5)                | 2,610             | 5,64                   | 0,70                          | -1,76                          | -0,79                          | (-0,01)                       | -0,01                 | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 17 | 107,70              | 24,70            | 103,44                  | 40,50                 | (3,43)                | 2,555         | 115,9            | 26,0                    | 101,8                 | 39,8                  | (3,5)                | 2,610             | 8,21                   | 1,29                          | -1,67                          | -0,75                          | (0,07)                        | 0,05                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,073)                    | ± 0,054 |
| 18 | 108,85              | 24,97            | 102,27                  | 40,04                 | (3,42)                | 2,553         | 113,9            | 25,5                    | 102,7                 | 40,1                  | (3,5)                | 2,610             | 5,02                   | 0,56                          | 0,40                           | 0,06                           | (0,08)                        | 0,06                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 19 | 111,70              | 25,62            | 101,28                  | 39,65                 | (3,48)                | 2,595         | 115,9            | 26,0                    | 101,8                 | 39,8                  | (3,5)                | 2,610             | 4,21                   | 0,38                          | 0,49                           | 0,10                           | (0,02)                        | 0,02                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 20 | 111,75              | 25,63            | 100,79                  | 39,46                 | (3,46)                | 2,583         | 116,6            | 26,2                    | 101,4                 | 39,6                  | (3,5)                | 2,610             | 4,85                   | 0,52                          | 0,59                           | 0,14                           | (0,04)                        | 0,03                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 21 | 108,33              | 24,85            | 100,15                  | 39,21                 | (3,34)                | 2,488         | 116,6            | 26,6                    | 100,6                 | 39,3                  | (3,6)                | 2,647             | 10,31                  | 1,77                          | 0,47                           | 0,09                           | (0,21)                        | 0,16                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 22 | 109,31              | 25,07            | 99,67                   | 39,02                 | (3,35)                | 2,499         | 118,0            | 26,5                    | 99,7                  | 39,0                  | (3,5)                | 2,610             | 8,64                   | 1,39                          | 0,05                           | -0,07                          | (0,15)                        | 0,11                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 23 | 111,82              | 25,65            | 98,89                   | 38,72                 | (3,40)                | 2,536         | 113,9            | 25,5                    | 99,2                  | 38,8                  | (3,4)                | 2,498             | 2,05                   | -0,12                         | 0,32                           | 0,03                           | (-0,05)                       | -0,04                 | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,053 |
| 24 | 114,91              | 26,36            | 98,27                   | 38,48                 | (3,47)                | 2,590         | 118,0            | 26,5                    | 98,4                  | 38,5                  | (3,5)                | 2,610             | 3,04                   | 0,10                          | 0,17                           | -0,03                          | (0,03)                        | 0,02                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,053 |
| 25 | 115,00              | 26,38            | 97,81                   | 38,30                 | (3,46)                | 2,580         | 123,4            | 27,7                    | 97,8                  | 38,2                  | (3,6)                | 2,685             | 8,41                   | 1,30                          | -0,01                          | -0,10                          | (0,14)                        | 0,10                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 26 | 116,69              | 26,76            | 97,66                   | 38,24                 | (3,51)                | 2,614         | 122,0            | 27,4                    | 97,0                  | 37,9                  | (3,6)                | 2,647             | 5,36                   | 0,63                          | -0,63                          | -0,34                          | (0,04)                        | 0,03                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,07)                     | ± 0,053 |
| 27 | 116,01              | 26,61            | 98,89                   | 38,72                 | (3,53)                | 2,631         | 121,4            | 27,2                    | 96,9                  | 37,9                  | (3,6)                | 2,647             | 5,36                   | 0,63                          | -1,99                          | -0,87                          | (0,02)                        | 0,02                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,053 |
| 28 | 113,61              | 26,06            | 99,67                   | 39,02                 | (3,48)                | 2,597         | 125,5            | 28,1                    | 97,7                  | 38,2                  | (3,7)                | 2,759             | 11,84                  | 2,07                          | -2,00                          | -0,87                          | (0,22)                        | 0,16                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 29 | 112,02              | 25,69            | 100,15                  | 39,21                 | (3,45)                | 2,573         | 122,0            | 27,4                    | 98,3                  | 38,4                  | (3,6)                | 2,647             | 10,02                  | 1,68                          | -1,83                          | -0,81                          | (0,10)                        | 0,07                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |
| 30 | 112,33              | 25,77            | 100,15                  | 39,21                 | (3,46)                | 2,580         | 119,8            | 26,9                    | 99,0                  | 38,7                  | (3,5)                | 2,610             | 7,44                   | 1,13                          | -1,19                          | -0,56                          | (0,04)                        | 0,03                  | ± 0,28                       | ± 0,47                     | ± 0,21                        | ± (0,072)                    | ± 0,054 |

Nota: \* IBC - Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra.

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
 NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Qro., México, C.P. 76125  
 Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL PARA LA CALIBRACIÓN DE DINÁMOMETROS UTILIZADOS EN LOS CENTROS DE VERIFICACIÓN VEHICULAR.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

CALIBRATION CERTIFICATE

LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS

UNIDAD: QUERÉTARO

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



REGISTRO No.: (Report No.) LAE170038  
 Dates  
 FECHA DE RECEPCIÓN: (Reception) 2017-09-13  
 FECHA DE CALIBRACIÓN: (Calibration) 2017-09-13  
 HORA INICIAL: (Initial hour) 09:59:00 a.m.  
 HORA FINAL: (Final hour) 10:07:00 a.m.  
 FECHA DE EMISIÓN: (Issued) 2017-09-25  
 ORDEN DE SERVICIO: (Service No.) OME172076  
 PÁGINA: (Page) 11 DE 12

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN RAMPA DE 40 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)

| Potencia de prueba: |                     | 2,610 kW         |                         | (3,5) BHP             |                       |                      |          |                  |                         |                       |                       |                      |                   |                        |                               |                                |                                |                               |                       |                              |                               |                              |         |
|---------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------|
| No.                 | Lecturas del Patrón |                  |                         |                       |                       | Lecturas IBC*        |          |                  |                         |                       | Errores               |                      |                   |                        |                               | Incertidumbres                 |                                |                               |                       |                              |                               |                              |         |
|                     | Fuerza N            | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Fuerza N | Par torsional Nm | Velocidad angular rad/s | Velocidad lineal km/h | Potencia al freno BHP | Potencia al freno kW | Error de Fuerza N | Error Par Torsional Nm | Error velocidad angular rad/s | Error de velocidad lineal km/h | Error de Potencia al freno BHP | Error de Potencia al freno kW | U de par torsional Nm | U de velocidad angular rad/s | U de la potencia al freno BHP | U de la potencia al freno kW |         |
| 31                  | 12.21               | 25.74            | 99.89                   | 39.15                 | (3.45)                | 2.573                | 17.3     | 26.3             | 99.3                    | 38.8                  | (3.5)                 | 2.610                | 5.06              | 0.57                   | -0.65                         | -0.35                          | (0.05)                         | 0.04                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 32                  | 11.33               | 25.54            | 99.89                   | 39.15                 | (3.42)                | 2.553                | 18.3     | 26.8             | 99.3                    | 38.8                  | (3.6)                 | 2.647                | 7.99              | 1.24                   | -0.65                         | -0.35                          | (0.13)                         | 0.09                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 33                  | 10.82               | 25.42            | 100.47                  | 39.34                 | (3.42)                | 2.554                | 18.0     | 26.5             | 99.3                    | 38.8                  | (3.5)                 | 2.610                | 7.14              | 1.04                   | -1.13                         | -0.54                          | (0.08)                         | 0.06                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 34                  | 10.44               | 25.33            | 100.47                  | 39.34                 | (3.41)                | 2.545                | 15.9     | 26.0             | 99.5                    | 38.9                  | (3.4)                 | 2.535                | 5.47              | 0.66                   | -1.00                         | -0.49                          | (-0.01)                        | -0.01                         | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 35                  | 11.84               | 25.65            | 100.63                  | 39.40                 | (3.46)                | 2.581                | 18.0     | 26.5             | 99.6                    | 38.9                  | (3.5)                 | 2.610                | 6.12              | 0.81                   | -1.04                         | -0.50                          | (0.04)                         | 0.03                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 36                  | 13.40               | 26.01            | 100.47                  | 39.34                 | (3.50)                | 2.613                | 18.6     | 26.6             | 99.6                    | 38.9                  | (3.6)                 | 2.647                | 5.23              | 0.61                   | -0.88                         | -0.44                          | (0.05)                         | 0.03                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 37                  | 13.47               | 26.03            | 100.63                  | 39.40                 | (3.51)                | 2.619                | 19.3     | 26.8             | 99.6                    | 38.9                  | (3.6)                 | 2.647                | 5.85              | 0.75                   | -1.04                         | -0.50                          | (0.04)                         | 0.03                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 38                  | 11.65               | 25.61            | 100.63                  | 39.40                 | (3.46)                | 2.577                | 120.0    | 26.9             | 99.6                    | 38.9                  | (3.6)                 | 2.647                | 8.35              | 1.32                   | -1.04                         | -0.50                          | (0.09)                         | 0.07                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 39                  | 10.88               | 25.43            | 100.63                  | 39.40                 | (3.43)                | 2.559                | 120.0    | 26.9             | 99.6                    | 38.9                  | (3.6)                 | 2.647                | 9.12              | 1.49                   | -1.04                         | -0.50                          | (0.12)                         | 0.09                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 40                  | 11.66               | 25.61            | 100.63                  | 39.40                 | (3.46)                | 2.577                | 17.3     | 26.3             | 99.9                    | 39.0                  | (3.5)                 | 2.610                | 5.61              | 0.69                   | -0.78                         | -0.40                          | (0.04)                         | 0.03                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 41                  | 13.29               | 25.98            | 100.79                  | 39.46                 | (3.51)                | 2.619                | 17.3     | 26.3             | 99.9                    | 39.0                  | (3.5)                 | 2.610                | 3.98              | 0.32                   | -0.94                         | -0.46                          | (-0.01)                        | -0.01                         | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 42                  | 13.91               | 26.13            | 100.63                  | 39.40                 | (3.53)                | 2.629                | 18.6     | 26.6             | 99.9                    | 39.0                  | (3.6)                 | 2.647                | 4.72              | 0.49                   | -0.78                         | -0.40                          | (0.02)                         | 0.02                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 43                  | 11.93               | 25.67            | 100.47                  | 39.34                 | (3.46)                | 2.579                | 121.4    | 27.2             | 99.9                    | 39.0                  | (3.6)                 | 2.685                | 9.43              | 1.56                   | -0.62                         | -0.34                          | (0.14)                         | 0.11                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 44                  | 14.67               | 26.30            | 100.47                  | 39.34                 | (3.54)                | 2.643                | 18.6     | 26.6             | 99.9                    | 39.0                  | (3.5)                 | 2.610                | 3.96              | 0.31                   | -0.62                         | -0.34                          | (-0.04)                        | -0.03                         | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 45                  | 14.53               | 26.27            | 100.31                  | 39.27                 | (3.53)                | 2.635                | 120.7    | 27.1             | 99.7                    | 39.0                  | (3.6)                 | 2.685                | 6.15              | 0.81                   | -0.59                         | -0.32                          | (0.07)                         | 0.05                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 46                  | 13.52               | 26.04            | 100.31                  | 39.27                 | (3.50)                | 2.612                | 122.0    | 27.4             | 99.6                    | 38.9                  | (3.7)                 | 2.722                | 8.52              | 1.35                   | -0.72                         | -0.37                          | (0.15)                         | 0.11                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 47                  | 12.78               | 25.87            | 100.47                  | 39.34                 | (3.49)                | 2.599                | 18.6     | 26.6             | 99.8                    | 39.0                  | (3.6)                 | 2.647                | 5.86              | 0.78                   | -0.62                         | -0.34                          | (0.06)                         | 0.05                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 48                  | 14.49               | 26.26            | 100.63                  | 39.40                 | (3.54)                | 2.642                | 18.6     | 26.2             | 100.2                   | 39.2                  | (3.5)                 | 2.610                | 2.11              | -0.11                  | -0.40                         | -0.25                          | (-0.04)                        | -0.03                         | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 49                  | 11.85               | 25.65            | 100.79                  | 39.46                 | (3.47)                | 2.586                | 120.0    | 26.9             | 100.4                   | 39.2                  | (3.6)                 | 2.685                | 8.15              | 1.27                   | -0.43                         | -0.26                          | (0.13)                         | 0.10                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 50                  | 109.73              | 25.17            | 100.95                  | 39.53                 | (3.41)                | 2.541                | 18.6     | 26.6             | 100.4                   | 39.2                  | (3.6)                 | 2.685                | 8.90              | 1.45                   | -0.59                         | -0.33                          | (0.19)                         | 0.14                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 51                  | 11.92               | 25.67            | 101.11                  | 39.59                 | (3.48)                | 2.596                | 19.3     | 26.8             | 100.4                   | 39.2                  | (3.6)                 | 2.685                | 7.40              | 1.10                   | -0.75                         | -0.39                          | (0.12)                         | 0.09                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 52                  | 13.29               | 25.98            | 100.95                  | 39.53                 | (3.52)                | 2.623                | 120.0    | 26.9             | 100.4                   | 39.2                  | (3.6)                 | 2.685                | 6.71              | 0.94                   | -0.59                         | -0.33                          | (0.08)                         | 0.06                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 53                  | 10.83               | 25.42            | 101.11                  | 39.59                 | (3.45)                | 2.570                | 120.0    | 26.9             | 100.4                   | 39.2                  | (3.6)                 | 2.685                | 9.17              | 1.51                   | -0.75                         | -0.39                          | (0.15)                         | 0.11                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 54                  | 13.60               | 26.06            | 100.95                  | 39.53                 | (3.53)                | 2.630                | 120.0    | 26.9             | 100.4                   | 39.2                  | (3.6)                 | 2.685                | 6.40              | 0.87                   | -0.59                         | -0.33                          | (0.07)                         | 0.05                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 55                  | 11.61               | 25.60            | 101.11                  | 39.59                 | (3.47)                | 2.588                | 17.3     | 26.3             | 100.6                   | 39.3                  | (3.6)                 | 2.647                | 5.67              | 0.71                   | -0.50                         | -0.29                          | (0.08)                         | 0.06                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 56                  | 13.91               | 26.13            | 101.11                  | 39.59                 | (3.54)                | 2.642                | 18.6     | 26.2             | 100.9                   | 39.4                  | (3.5)                 | 2.610                | 2.68              | 0.02                   | -0.24                         | -0.19                          | (-0.04)                        | -0.03                         | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 57                  | 12.67               | 25.84            | 101.28                  | 39.65                 | (3.51)                | 2.617                | 18.0     | 26.5             | 101.0                   | 39.5                  | (3.6)                 | 2.647                | 5.29              | 0.62                   | -0.28                         | -0.20                          | (0.04)                         | 0.03                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 58                  | 109.43              | 25.10            | 101.60                  | 39.78                 | (3.42)                | 2.550                | 18.6     | 26.6             | 101.0                   | 39.5                  | (3.6)                 | 2.647                | 9.21              | 1.52                   | -0.60                         | -0.33                          | (0.13)                         | 0.10                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 59                  | 12.10               | 25.71            | 101.60                  | 39.78                 | (3.50)                | 2.612                | 15.9     | 26.0             | 101.1                   | 39.5                  | (3.5)                 | 2.610                | 3.81              | 0.28                   | -0.48                         | -0.28                          | (0.00)                         | 0.00                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| 60                  | 109.74              | 25.17            | 101.93                  | 39.91                 | (3.44)                | 2.566                | 14.5     | 25.7             | 101.1                   | 39.5                  | (3.5)                 | 2.573                | 4.80              | 0.51                   | -0.81                         | -0.41                          | (0.01)                         | 0.01                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |
| Σ                   | 12.44               | 25.79            | 100.36                  | 39.29                 | (3.47)                | 2.588                | 19.0     | 26.7             | 99.7                    | 38.9                  | (3.5)                 | 2.641                | 6.53              | 0.90                   | -0.69                         | -0.37                          | (0.07)                         | 0.05                          | ± 0.28                | ± 0.47                       | ± 0.21                        | ± (0.072)                    | ± 0.054 |

Nota: \* IBC - Instrumento bajo calibración, es decir, dinamómetro que se calibra

REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
 ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA. NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Gro., México, C.P. 76125  
 Tel. Conmutador (442) 211 98 00 : Exts.: 5151, 5161, 5170  
 Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE

LABORATORIO DE METROLOGÍA: ANALIZADORES ESPECÍFICOS

UNIDAD: QUERÉTARO

METROLOGY LABORATORY: SPECIFIC ANALYZERS



|                       |                |               |
|-----------------------|----------------|---------------|
| REGISTRO No.:         | (Report No.)   | LAE170038     |
| FECHA DE RECEPCIÓN:   | (Reception)    | 2017-09-13    |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | (Calibration)  | 2017-09-13    |
| HORA INICIAL:         | (Initial hour) | 09:59:00 a.m. |
| HORA FINAL:           | (Final hour)   | 10:07:00 a.m. |
| FECHA DE EMISIÓN:     | (Issued)       | 2017-09-25    |
| ORDEN DE SERVICIO:    | (Service No.)  | OME172076     |
| PÁGINA:               | (Page)         | 12 DE 12      |

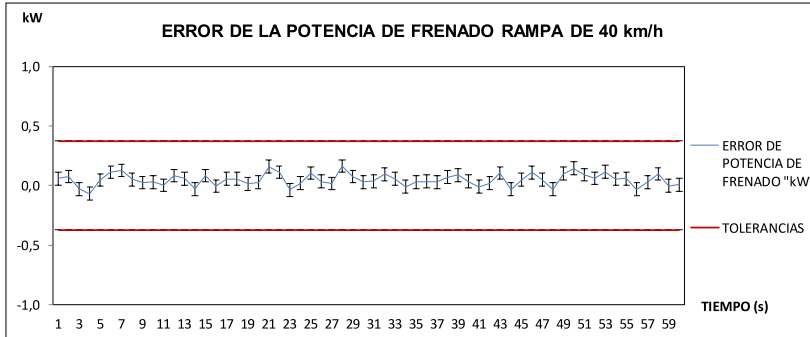
## RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN RAMPA DE 40 km/h (RESULTS OF CALIBRATION)

Potencia de prueba: 2,6 kW (3,5 BHP)

Velocidad de prueba: 40,0 km/h

Tolerancia: ± 0,373 kW (± 0,5 BHP)

Tolerancia: ± 4,0 km/h



### ÍNDICE DE INESTABILIDAD

$$S_t = \frac{NPE}{NTP} * 100$$

$S_t$ ; mide que tan estable es un proceso.

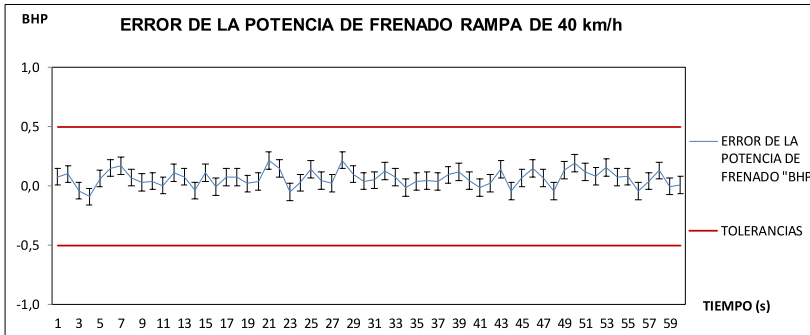
NPE; número de puntos especiales.

NTP; número total de puntos

$0\% \leq S_t \leq 2\%$ ; proceso con estabilidad buena.

$2\% < S_t \leq 5\%$ ; proceso con estabilidad regular.

$S_t > 5\%$ ; proceso inestable.

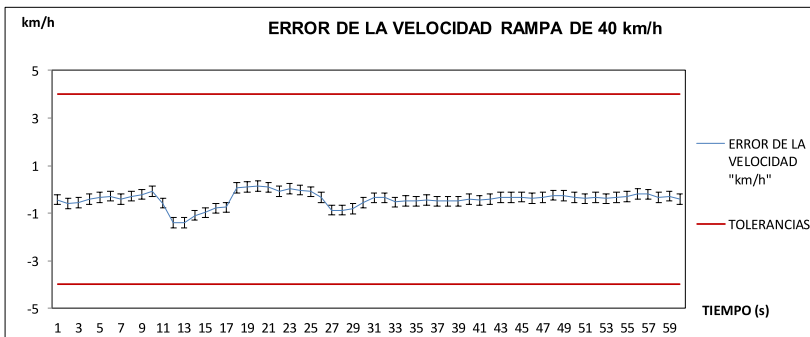


### Índice de inestabilidad para la aplicación de potencia al freno para la rampa de 40 km/h

NPE:

NTP:

St:



REALIZÓ: LUIS ALFREDO ROBLES SILVA (CID-101080-20170714)  
ING. DE PROYECTO EN METROLOGÍA (Calibrated by)

F-MT-001 REV. 00

ESTE CERTIFICADO SE EMITE DE MANERA ELECTRÓNICA.  
NO ES RECOMENDABLE LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DEL MISMO, YA QUE PUEDE DAR LUGAR A INTERPRETACIONES EQUIVOCADAS DE SUS RESULTADOS.

Av. Playa Pie de la Cuesta No. 702, Desarrollo San Pablo, Santiago de Querétaro, Gro., México, C.P. 76125  
Tel. Conmutador (442) 211 93 00 : Ext.: 5151, 5161, 5170  
Laboratorio de Analizadores Específicos: Ext. 5151, www.cidesi.com

## Anexo II

acreditación



entidad mexicana de acreditación s.c.

**ACREDITA**  
**A**

**CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL**

AVENIDA PLAYA PIE DE LA CUESTA NO. 702, COL. DESARROLLO SAN PABLO,  
C.P. 76130, SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO.

Como Laboratorio de Calibración

De acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006  
(ISO/IEC 17025:2005), para las actividades de evaluación de la conformidad en:

**Analizadores Específicos\***

Acreditación No: AE-20  
Vigente a partir del: 2017/03/09

El cumplimiento de los requisitos de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión empresarial para que pueda entregar de forma consistente resultados mutuamente válidos. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (ISO/IEC 17025:2005) (previsto el) están escritos en un lenguaje que (conjugado con las operaciones de un laboratorio) satisficieren los objetivos de la Norma ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son aplicables a sus respectivos procedimientos."



**María Isabel López Martínez**  
Directora Ejecutiva



\* En el ámbito establecido en el Anexo Técnico correspondiente (NMX-2006)  
Siempre que se presente esta acreditación como entidad de acreditación, deberá estar respaldada del mismo ámbito.  
Para verificar el estatus de la vigencia de esta verificación, consultar la página electrónica de la web.

7/2017/03/09/14



entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

ACREDITACIÓN, SEGUIMIENTO DE CONFIANZA  
Y COMPETENCIA TÉCNICA

Carretera Anticamino km 244  
C.P. 37090, Toluca  
Ciudad de México  
Tel: (562) 74-91-0001 LÍNEA 800 022 26 06  
www.ema.org.mx

## CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL CIDESI

AV. PLAYA PIE DE LA CUESTA No. 702, COLONIA DESARROLLO SAN PABLO,  
C.P. 73125, QUERÉTARO, QUERÉTARO, MÉXICO.

Ha sido acreditado como Laboratorio de Calibración bajo la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 ISO/IEC 17025:2005. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración, para el área de **Analizadores específicos**

**Acreditación Número: AE-20**

Fecha de acreditación: 2017/02/09

Fecha de actualización: 2017/06/29

Trámite: Ampliación en los alcances de medición ya acreditados.  
Número de referencia: 17LC0714

El alcance para realizar las calibraciones es de conformidad con:

| Método o procedimiento: Calibración de dinamómetros |            |
|---|------------|
| Signatarios autorizados                             |            |
| Gerardo Campos Contreras                            | 2017/02/09 |
| Giovanni José Zamudio Herrera                       | 2017/02/09 |
| Víctor German Calán LC                              | 2017/03/09 |
| Miguel Ángel Castañón Cruz                          | 2017/02/09 |
| Oscar Corro Fuentes                                 | 2017/02/09 |

Página 1 de 3



entidad mexicana  
de acreditación, s.c.

ACREDITACIÓN, SEGUIMIENTO DE CONFIANZA  
Y COMPETENCIA TÉCNICA

PROFESADO NACIONAL DE ASESORIA  
CALLE CONDADO 11740  
CIUDAD DE MEXICO  
CALLE TOLUCA 11740 CIUDAD DE MEXICO DF 06700  
www.ema.org.mx

Número de referencia: 17LC0714

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| Adrián Antonio Baez Cervantes | 20170209 |
| Luis Arturo Robles Silva      | 20170209 |

#### Ver Anexo A (Tabla CMC AE-20)

#### Notas para la interpretación de la Tabla CMC:

- I. **Magnitud:** Es la magnitud en la que será calibrado el Instrumento Bajo Calibración (IBC).
- II. **Instrumento de medida:** Es el Patrón o Instrumento Bajo Calibración (IBC).
- III. **Método de medida:** Se indica el método de calibración o medición que el laboratorio utiliza para prestar el servicio de calibración.
- IV. **Intervalo o punto de medida:** Se indican el punto y/o los valores mínimo y máximo del intervalo acreditado del servicio de calibración o medición.
- V. **Condiciones de funcionamiento de referencia**
  - **Parámetro:** Es la condición de medición bajo la cual se realiza la calibración del IBC. El valor de parámetro puede ser utilizado por el usuario del IBC para operarlo bajo las mismas condiciones que se observaron durante su calibración, o en su defecto, para que el usuario pueda aplicar las correcciones correspondientes.
  - **Especificaciones:** Es el valor del parámetro (condiciones de medida), que se observa durante la calibración del IBC.
- VI. **Incertidumbre expandida de medida:** Se declara el valor de incertidumbre expandida que el laboratorio puede alcanzar durante la prestación del servicio de calibración o medición.
  - **Valor numérico de la unidad:** Se refiere al valor de la incertidumbre de calibración del intervalo o punto de medición.
  - **Unidad de medida:** Se declara la unidad en que se expresa el valor de la incertidumbre expandida.
  - **Contribución del laboratorio:** Es la incertidumbre asociada a las capacidades técnicas de calibración del laboratorio acreditado, expresada como una incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura. Este valor considera al menos, las siguientes componentes de incertidumbre:
    1. La incertidumbre de la calibración de los patrones que el laboratorio utiliza;
    2. La incertidumbre del método de calibración;
    3. La incertidumbre asociada con las condiciones de medición en que se realiza el servicio de calibración o medición;
    4. La incertidumbre que resulta por cambio de condiciones de medida si el servicio de calibración se realiza en sitio o en campo;
    5. La incertidumbre por reproducibilidad del método de calibración utilizado para realizar el servicio de calibración o medición.
  - **Contribución del IBC:** Es la incertidumbre asociada con el desempeño del instrumento bajo calibración, expresada como la incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura.

Página 2 de 3





entidad mexicana  
de acreditación, a.c.

ACREDITACIÓN SÍMBOLO DE CONFIANZA  
Y COMPETENCIA TÉCNICA

INSTITUCIÓN VINCULADA A LA EMA  
CALLE PROGRESO 1094  
CALLE 2001 DEL SOLAR  
P.O. BOX 5148 4500 (CANCUN) QROO 24020 20 20  
www.ema.gob.mx

Número de referencia: 17L.C0714

- **Factor de cobertura:** Es el número por el que se requiere multiplicar la incertidumbre estándar total para obtener la mitad de un intervalo simétrico, centrado en la mejor estimación del mensurando, en el cual se puede encontrar su valor verdadero, con un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
  - **¿Incertidumbre relativa o absoluta?:** Se declara si el valor de la incertidumbre expandida es un valor absoluto o relativo. En el caso de que la incertidumbre expandida sea relativa, también se declara si es respecto del valor nominal del servicio de calibración o de algún valor a plena o media escala.
- VII. **Patrón de referencia usado en la calibración:** Se informa el patrón o patrones de referencia que el laboratorio utiliza para realizar el servicio de calibración o medición.
- **Fuente de trazabilidad metrológica:** Es el origen inmediato de la trazabilidad del patrón de referencia usado en la calibración, el cual está asociado con el servicio de medición o calibración bajo el alcance de la CMC.
- VIII. **Ensayos de aptitud que soportan la CMC:** Se reportan aquellos Ensayos de Aptitud en que el laboratorio ha participado y que soportan específicamente el servicio de calibración o medición.

Por la entidad mexicana de acreditación, a.c.:

  
Maria Isabel Lopez Martinez  
Directora Ejecutiva



Página 3 de 3

gob.mx

**Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial**

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

**QUERETARO**

**Solicitud de Registro y Publicación de Signos Distintivos**

|   |   |
|---|---|
| Homoclave del formato:<br>IMR-00-001                          | Folio:<br>13777   |
| Fecha de publicación del formato en el DOF:<br>28 / 02 / 2013 | Fecha de solicitud del trámite:<br>20 / 11 / 2014<br>DD MM AAAA |

**Datos generales del titular del solicitante(s)**

| Personas Físicas   | Personas morales  |
|--|---|
| CURP (persona):<br>Nombre(s):<br>Primer apellido:<br>Segundo apellido:<br>Nacionalidad:<br>Teléfono (fecha, número, extensión):<br>Correo electrónico: | RFC (persona): CDMH0808UG7<br>Denominación o razón social:<br>CENTRO DE INGENIERIA Y DESARROLLO INDUSTRIAL<br>Nacionalidad: Méx/Carib.<br>Teléfono (fecha, número, extensión):<br>442 2118804<br>Correo electrónico: pabonasa@cideladeta.mx |

**Domicilio del solicitante**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Código postal: 76123  |                             |
| Calle: PLAZA DE LA CUESTA   |                             |
| <small>(El campo "Número exterior" es obligatorio para las personas físicas y las personas morales que no sean sociedades de capital de riesgo)</small> |                             |
| Número exterior: 702  | Número interior:            |
| Colonia: DESARROLLO HABITACIONAL SAN PABLO  |                             |
| <small>(El campo "Municipio o Delegación" es obligatorio para las personas morales)</small>   |                             |
| Municipio o Delegación: QUERETARO   | Localidad: QUERETARO        |
| Estado o Distrito Federal: QUERETARO  | Entre calles (opcional):    |
| País: MEXICO  | Calle posterior (opcional): |

**Domicilio para dar y recibir notificaciones**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Código postal: 76123  |                             |
| Calle: PLAZA DE LA CUESTA   |                             |
| <small>(El campo "Número exterior" es obligatorio para las personas físicas y las personas morales que no sean sociedades de capital de riesgo)</small> |                             |
| Número exterior: 702  | Número interior:            |
| Colonia: DESARROLLO HABITACIONAL SAN PABLO  |                             |
| <small>(El campo "Municipio o Delegación" es obligatorio para las personas morales)</small>   |                             |
| Municipio o Delegación: QUERETARO   | Localidad: QUERETARO        |
| Estado o Distrito Federal: QUERETARO  | Entre calles (opcional):    |
| País: MEXICO  | Calle posterior (opcional): |

De caso de que, por cuestiones ajenas al Instituto, las notificaciones no puedan realizarse en este domicilio deberá ser efectuado trámite de publicación en la Gaceta de la Propiedad Industrial, al amparo del artículo 1.8 del Reglamento de la Ley de la Propiedad Industrial.

Notificación por Gaceta de la Propiedad Industrial:  
(El campo "Municipio o Delegación" es obligatorio para las personas morales)

Manifesto de consentimiento de conformidad para que todas las notificaciones que se realicen a través de la Gaceta de la Propiedad Industrial.

**Contacto:**  
 Avenida del Pequeño Comerciante, Surpon, Col. Jardines del Bosque, C.P. 76100, Querétaro, Qro.  
 Teléfono: (442) 211 2000 al 211 2004 y 211 2005 (línea gratuita). Correo electrónico: [atencioncliente@impi.gob.mx](mailto:atencioncliente@impi.gob.mx)  
 Sitio web: [www.impi.gob.mx](http://www.impi.gob.mx)

Página 1 de 4

**gob mx**

**Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial**

**Datos del signo distintivo**

Tipo de signo distintivo que solicita:  
 Registro de Marca  
 Registro de Aviso Comercial  
 Registro de Marca Colectiva  
 Publicación de Nombre Comercial

Tipo de marca:  
 Innombrada (letras, signos o figuras)  
 Mixta (denominación y dibujo)  
 Mixta (denominación y forma tridimensional)  
 Tridimensional (formas tridimensionales)  
 Mixta (denominación y forma tridimensional)  
 Mixta (denominación, dibujo y forma tridimensional)

Fecha de primer uso:  
 DD / MM / AAAA  
 18 / 10 / 2016  
 No se ha usado

Clase: Productos o Servicios, en el caso de Marca o Aviso Comercial/ Giro preponderante, en el caso de Nombre Comercial.  
 02 CALIBRACION (MEDICION), ESPECIFICAMENTE CALIBRACION DE DINAMOMETROS.

Continúa en anexo

Denominación:  
Marca o nombre o signo o dibujo o sonido  
**MJUK' BALAK'**

Signo distintivo:  
Marca, o producto o calidad o signo de origen o denominación de origen

Leyendas o figuras no reservables:  
Única en todo el México  
**R**

Continúa en anexo

**Ubicación del establecimiento**

Código postal:  
 Calle:  
Se recomienda ingresar la dirección al menos: Poblado, Colonia, No. y  
 Número exterior:      Número interior:  
 Colonia:  
En caso de Poblado, No. y Colonia (MEX) o No. y Colonia (ESTADOS)  
 Localidad:  
 Municipio o Delegación:  
 Estado o Distrito Federal:  
 Entre calles (opcional):  
 Calle posterior (opcional):  
 País:  
 Prioridad reclamada:  
Única en todo México o Para Estados con respecto a otros países

País (oficina) de origen:      Número:      Fecha de presentación:  
 DD / MM / AAAA

Manifiesto, bajo protesta de decir verdad, que los datos asentados en esta solicitud son ciertos y que, en caso de actuar como mandatario, cuento con facultades suficientes para llevar a cabo el presente trámite.  
 Asimismo, me doy por enterado del tratamiento que se les dará a los datos personales contenidos en la presente solicitud.

gob mx

Instituto Nacional del Derecho de Autor  
Dirección del Registro Público del Derecho de Autor

RPDA-01

### Solicitud de Registro de Obra

|  |   |
|--|---|
| Homoclave del formato<br>RPDA-01                                   | No. de trámite  |
| Fecha de publicación del formato en el DOF<br>16      02      2016 | fecha de solicitud del trámite<br>29      09      2017<br><small>DD      MM      AAAA</small> |

Instrucciones: deberá llenar a mano o con letra de molde legible, sin tachaduras o enmendaduras.

|   |                                  |                                    |
|---|----------------------------------|------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Datos del autor | <input type="checkbox"/> Coautor | <input type="checkbox"/> Seudónimo |
|---|----------------------------------|------------------------------------|

|  |   |
|--|---|
| <b>Datos generales</b>   | <b>Dirección particular</b>   |
| CURP (obligatorio):<br>RFC:<br>Nombre(s): <b>LUIS ENRIQUE</b><br>Primer apellido: <b>MEVES</b><br>Segundo apellido: <b>ÁLVAREZ</b><br>Sexo: <b>MASCULINO</b><br>Fecha de nacimiento: <b>29</b> / <b>11</b> / <b>1991</b><br><small>DD      MM      AAAA</small><br>Lugar de nacimiento: <b>QUERETARO, QUERETARO</b><br>Nacionalidad (obligatorio): <b>MEXICANA</b><br>Porcentaje (%) y tipo de participación: <b>20</b> %<br><b>AUTOR</b><br>Teléfono (opcional):<br>Extensión (opcional):<br>Teléfono móvil (opcional):<br>Correo electrónico (opcional): | Código postal: <b>76148</b><br>Calle: <b>CALZADA DE LA MARGURA</b><br>Número exterior: <b>506</b> Número interior: <b>8</b><br>Colonia: <b>LÓMAS DE SAN PEDRITO PERUELAS</b><br>Municipio o Delegación: <b>QUERETARO</b><br>Estado: <b>QUERETARO</b><br>País: <b>MEXICO</b> |

RECIBIDO

Delegación Federal de la Secretaría de Educación Pública en el Estado de Querétaro

Día Mes Año  
29 09 2017

En caso de ser más de un autor presentar la hoja siguiente RPDA-01-1.

\*De conformidad con los artículos 4 y 29-A4, fracción I de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, los formatos para solicitar trámites y servicios deberán publicarse en el Diario Oficial del la Federación (DOF)

Contacto:  
Pueblo #143, Col. Roma Norte, Deleg. Cuauhtémoc,  
Distrito Federal, C.P. 06700 Tel:  
(55)3601 8210 y 16 01880 7283 400

Página 1 de 4

|    |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
|---|---|---|---|---|---|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|---|---|---|-----------|----------------------|-------------------------------|----------------------|------------------|--|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| Instituto Nacional del Derecho de Autor<br>Dirección del Registro Público del Derecho de Autor  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| IPDA-01   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Representante legal   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Datos generales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CURP (obligatorio):</td> </tr> <tr> <td>RFC: BRV030428BUE</td> </tr> <tr> <td>Nombre(s): VICENTE</td> </tr> <tr> <td>Primer apellido: BRNGAS</td> </tr> <tr> <td>Segundo apellido: RICO</td> </tr> <tr> <td>Teléfono (opcional): 442 2 11 88 04</td> </tr> <tr> <td>Extensión (opcional):</td> </tr> <tr> <td>Teléfono móvil (opcional):</td> </tr> <tr> <td>Correo electrónico (opcional): patentes@cdci.edu.mx</td> </tr> <tr> <td>¿A quién representa? Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial</td> </tr> </tbody> </table>  | Datos generales   | CURP (obligatorio):   | RFC: BRV030428BUE   | Nombre(s): VICENTE  | Primer apellido: BRNGAS   | Segundo apellido: RICO  | Teléfono (opcional): 442 2 11 88 04 | Extensión (opcional): | Teléfono móvil (opcional): | Correo electrónico (opcional): patentes@cdci.edu.mx | ¿A quién representa? Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Domicilio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Código postal: 78125</td> </tr> <tr> <td>Calle: PLAYA DEL DE LA CUESTA</td> </tr> <tr> <td>Número exterior: 702</td> <td>Número interior:</td> </tr> <tr> <td>Colonia: DESARROLLO HABITACIONAL SAN PABLO</td> </tr> <tr> <td>Municipio o Delegación: QUERETARO</td> </tr> <tr> <td>Estado: QUERETARO</td> </tr> <tr> <td>País: MEXICO</td> </tr> </tbody> </table> | Domicilio | Código postal: 78125 | Calle: PLAYA DEL DE LA CUESTA | Número exterior: 702 | Número interior: | Colonia: DESARROLLO HABITACIONAL SAN PABLO | Municipio o Delegación: QUERETARO | Estado: QUERETARO | País: MEXICO |
| Datos generales   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| CURP (obligatorio):   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| RFC: BRV030428BUE   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Nombre(s): VICENTE  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Primer apellido: BRNGAS   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Segundo apellido: RICO  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Teléfono (opcional): 442 2 11 88 04   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Extensión (opcional):   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Teléfono móvil (opcional):  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Correo electrónico (opcional): patentes@cdci.edu.mx   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| ¿A quién representa? Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Domicilio   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Código postal: 78125  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Calle: PLAYA DEL DE LA CUESTA   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Número exterior: 702  | Número interior:  |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Colonia: DESARROLLO HABITACIONAL SAN PABLO  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Municipio o Delegación: QUERETARO   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Estado: QUERETARO   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| País: MEXICO  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Persona para recibir notificaciones (gestor)  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Datos generales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CURP (obligatorio):</td> </tr> <tr> <td>RFC (obligatorio): SAAN801003H04</td> </tr> </tbody> </table>  | Datos generales   | CURP (obligatorio):   | RFC (obligatorio): SAAN801003H04  | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Nombre(s): ANE</td> </tr> <tr> <td>Primer apellido: SANTOS</td> </tr> <tr> <td>Segundo apellido: -</td> </tr> </tbody> </table> | Nombre(s): ANE  | Primer apellido: SANTOS | Segundo apellido: -                 |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Datos generales   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| CURP (obligatorio):   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| RFC (obligatorio): SAAN801003H04  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Nombre(s): ANE  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Primer apellido: SANTOS   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Segundo apellido: -   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Datos de la obra  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Título: MUJER BALAK   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Descripción: El software tiene como objetivo el facilitar la calibración de dinamómetros y registrar los parámetros de medida, junto con otros variables. En primera instancia permite el registro de las condiciones ambientales, datos de calibración, cables, etc. Esto es dependiente de los requisitos establecidos por la SEMAR. Posteriormente permite la realización de la calibración de la celda de carga instalada en el dinamómetro, y los datos dimensionales de altura de perfil y longitud del brazo de palanca. Estos parámetros son utilizados internamente por el software para realizar la calibración dinámica del dinamómetro y determinación de potencia al freno.                        |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| 00000001-001  |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: right;">                 Contacto:<br/>                 Pte. 4143, Col. Norma Flor, Deleg.<br/>                 Cuahutlihuac,<br/>                 Distrito Federal, C.F. 06700-Tel:<br/>                 (55) 4601 0116 y 16, 01800, 2200-400             </td> </tr> </table> |   |  |    |    | Contacto:<br>Pte. 4143, Col. Norma Flor, Deleg.<br>Cuahutlihuac,<br>Distrito Federal, C.F. 06700-Tel:<br>(55) 4601 0116 y 16, 01800, 2200-400 |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
|    |  |  | Contacto:<br>Pte. 4143, Col. Norma Flor, Deleg.<br>Cuahutlihuac,<br>Distrito Federal, C.F. 06700-Tel:<br>(55) 4601 0116 y 16, 01800, 2200-400 |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |
| Página 5 de 4   |   |   |   |   |   |                         |                                     |                       |                            |   |   |   |           |                      |                               |                      |                  |  |                                   |                   |              |

gob.mx

Instituto Nacional del Derecho de Autor  
Dirección del Registro Público del Derecho de Autor

RPDA-01-A1

Solicitud de Registro de Obra (hoja adjunta) Autor/Coautor/Titular/Editor/Produtor

|  |   |
|--|---|
| Denominación del formato<br>RPDA-01-A1                       | No. de trámite<br>_____                                   |
| Fecha de publicación del formato en el DOF<br>10 / 02 / 2016 | Fecha de generación de línea de captura<br>26 / 07 / 2017 |

Instrucciones: deberá llenar a máquina o con letra de molde legible, sin tachaduras o enmendaduras.

Datos del autor     Coautor     Titular     Editor     Produtor

| Datos Generales                              | Domicilio   |
|--|---|
| CURP (obligatorio)                           | Código Postal: 70140                              |
| RFC: CDFOM0204FRS                            | Calle: MONTEBACRO                                 |
| Nombre: OMAR                                 | Número exterior: 291-100    Número interior: C-13 |
| Primer apellido: CORRO                       | Colonia: VILLAS FONTANA II                        |
| Segundo apellido: FUENTES                    | Municipio o Delegación: QUERETARO                 |
| Sexo (obligatorio): MASCULINO                | Estado: QUERETARO                                 |
| Fecha de Nacimiento: 04 / 02 / 1974          | País: MEXICO                                      |
| DD / MM / AAAA                               |   |
| Lugar de Nacimiento:                         |   |
| Nacionalidad: MEXICANA                       |   |
| Porcentaje (%) y tipo de participación: 20 % |   |
| <b>AUTOR</b>                                 |   |
| Teléfono residencial:                        |   |
| Extensión residencial:                       |   |
| Teléfono móvil (obligatorio):                |   |
| Córeo electrónico (obligatorio):             |   |

De conformidad con los artículos 4 y 40 B, fracción V de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el interesado ha autorizado para realizar trámite y servicios a través de cobro en el Centro Oficial de la Federación (COF).



Contacto:  
 Puebla 2143, Cal. Roma Norte, Deleg.  
 Cuauhtémoc,  
 Distrito Federal, C.P. 06702. Tel.  
 (55) 3601 8210 y 14, 01000 2283 480

gob.mx

Instituto Nacional de Derecho de Autor  
Dirección del Registro Público del Derecho de Autor

RPDA-01-A1

Solicitud de Registro de Obra (hoja adjunta) Autor/Coautor/Titular/Editor/Produtor

|  |   |
|--|---|
| Nombre del formato<br>RPDA-01-A1                             | No. de trámite  |
| Fecha de publicación del formato en el DOF<br>10 / 02 / 2016 | Fecha de generación de línea de captura<br>20 / 07 / 2017 |

Instrucciones: deberá llenar a máquina o con letra de molde legible, en tachaduras o enmendaduras.

|   |                                  |                                  |                                 |                                   |
|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Datos del autor | <input type="checkbox"/> Coautor | <input type="checkbox"/> Titular | <input type="checkbox"/> Editor | <input type="checkbox"/> Produtor |
|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|

| Datos Generales                              |   | Domicilio |  |
|--|---|-----------|--|
| CURP (obligatorio):                          | Código Postal: 76147                                      |           |  |
| RFC: CAC02603278P2                           | Calle: PROLONGACIÓN CALZADA DE BELÉN                      |           |  |
| Nombre: GERARDO                              | Número exterior: 22012      Número interior: 63           |           |  |
| Primer apellido: CAMPOS                      | Colonia: FRACCIONAMIENTO LOS HUERTOS, CONDOMINIO NARANJOS |           |  |
| Segundo apellido: CONTRERAS                  | Municipio o Delegación: QUERETARO                         |           |  |
| Sexo (obligatorio): MASCULINO                | Estado: QUERETARO   |           |  |
| Fecha de nacimiento: 27 / 03 / 1983          | País: MEXICO  |           |  |
| (DD) (MM) (AAAA)                             |   |           |  |
| Lugar de Nacimiento: SAHILAYO, MICHOACAN     |   |           |  |
| Nacionalidad: MEXICANA                       |   |           |  |
| Porcentaje (%) y tipo de participación: 20 % |   |           |  |
| <b>AUTOR</b>                                 |   |           |  |
| Teléfono (obligatorio):                      |   |           |  |
| Existencia (obligatorio):                    |   |           |  |
| Teléfono móvil (opcional):                   |   |           |  |
| Correo electrónico (opcional):               |   |           |  |

Se conformará con los artículos 4 y 89 M, Fracción V de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, para solicitar el registro y derecho de autor, subscrito en el Libro Oficial de la Federación (DOF).

Contacto:  
 Puerta #143, Cal. Poana María, Deleg.  
 Cuauhtémoc,  
 Distrito Federal, C.P. 06700 - Tel.  
 (55) 5601 8210 y 16, 01900 2263-400

Página 1 de 2