



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**“DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL
DIAGNÓSTICO DE CRUCETAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE
VIBRACIONES EN TRENES DE POTENCIA POSTERIOR Y SU
CONTRIBUCIÓN AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN:
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: JUAN GABRIEL PERALTA PUJOS
DIRECTOR: ING. LUIS FERNANDO BUENAÑO MOYANO.

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Juan Gabriel Peralta Pujos.

El Trabajo de Titulación que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos – científicos y los resultados de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Yo, Peralta Pujos Juan Gabriel, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

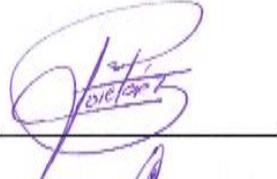
Riobamba, 18 de enero de 2019



Peralta Pujos Juan Gabriel
Cédula: 1804118246

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta de investigación, “**DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE CRUCETAS A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN TRENES DE POTENCIA POSTERIOR Y SU CONTRIBUCIÓN AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**”, realizado por el señor: **JUAN GABRIEL PERALTA PUJOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		18- Enero del 2019
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACION		18- Enero del 2019
Msc. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo MIEMBRO DE TRIBUNAL		18- Enero del 2019

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios quien me da la salud, vida y sabiduría todos los días de mi vida.

A mis padres, Juan peralta y María Pujos, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, salud y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida. A mis hermanos por ser mi apoyo con sus consejos y sermones para mantenerme firme en el buen camino.

De manera especial a mi esposa Johanna Sandoval y a mi hija Solange Peralta ya que ellas son mi inspiración e impulso día a día, las amo.

PERALTA PUJOS JUAN GABRIEL

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida. A mi madre por la confianza y apoyo brindado, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. A mis hermanos quienes con sus consejos me han ayudado a enfrentar los retos que se me han presentado en mi vida.

Quiero hacer público mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial al personal docente de la Escuela de Ingeniería de Automotriz de la facultad de Mecánica por habernos encaminado en el sendero del conocimiento y compartir experiencias en beneficio de nuestra formación profesional, en especial al Ing. Bolívar Cuaical e Ing. Luis Buenaño quienes con profunda vocación profesional guiaron el presente trabajo investigativo.

A los amigos que nos acompañaron en el transcurso de esta etapa de la vida y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

Mi gratitud eterna a todas aquellas personas que de una u otra manera están presentes en estas líneas.

PERALTA PUJOS JUAN GABRIEL

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
LISTA DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1	MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1	Tema.....	2
1.2	Antecedentes.....	2
1.3	Planteamiento del Problema	3
1.3.1	<i>Formulación del Problema de Investigación.....</i>	4
1.3.2	<i>Delimitación del Problema</i>	4
1.4	Justificación	4
1.4.1	<i>Justificación teórica.....</i>	4
1.4.2	<i>Justificación metodológica</i>	4
1.4.3	<i>Justificación práctica.....</i>	5
1.5	Objetivos	5
1.5.1	<i>Objetivo general.....</i>	5
1.5.2	<i>Objetivos específicos:.....</i>	5
1.5.3	<i>Hipótesis.....</i>	5

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Procedimientos	6
2.1.1	<i>Crucetas.....</i>	6
2.1.2	<i>Características de las crucetas</i>	8
2.2	Vibraciones mecánicas.....	8
2.2.1	<i>Importancia de las vibraciones.....</i>	10
2.2.2	<i>Partes principales de un Sistema Vibratorio</i>	10
2.2.3	<i>Características de las vibraciones</i>	11

2.2.4	<i>Magnitud de la vibración</i>	11
2.2.5	<i>Frecuencia</i>	13
2.2.6	<i>Dirección</i>	14
2.2.7	<i>Tiempo de exposición</i>	14
2.2.8	<i>Tipos de vibraciones</i>	14
2.2.8.1	<i>Vibración libre</i>	15
2.2.8.2	<i>Vibración amortiguada</i>	16
2.2.8.3	<i>Vibración determinística o periódica</i>	17
2.2.8.4	<i>Vibración aleatoria</i>	17
2.2.9	<i>Medición de vibración y aplicaciones</i>	18
2.3	Esquema de medición de vibraciones	18
2.4	Ventajas de la medición de vibraciones en la práctica	19
2.4.1	<i>Criterios de severidad de vibraciones</i>	20
2.4.2	<i>Normas para la evaluación y medición de niveles de vibraciones</i>	20
2.4.3	<i>Tabla de Charlotte</i>	20
2.5	Normativa para análisis de espectros	22
2.5.1	<i>Norma ISO 2372</i>	23
2.5.2	<i>Partes de la norma ISO 10816-3</i>	23
2.6	Trenes de potencia posterior	26
2.6.1	<i>Funciones del tren de fuerza</i>	27
2.7	Mantenimiento preventivo.	27

CAPÍTULO III

3	METODOLOGÍA	29
3.1	Enfoque	29
3.2	Modalidad de la Investigación	29
3.2	Tipos de investigación	30
3.3	Identificación de variables	31
3.3.1	<i>Variable independiente</i>	31
3.3.2	<i>Variable dependiente</i>	31
3.4	Operacionalización de variables	32

CAPÍTULO IV

4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	33
4.1	Características del Equipo de medición VIBRACHEK	33

4.2	Análisis de vibraciones en el sistema de transmisión posterior.....	35
4.3	Análisis de confiabilidad de datos.....	37
4.4	Instrumento de medición.....	38
4.4.1	<i>Configuración de la ruta de medición.....</i>	38
4.5	Recolección de datos	41
4.6	Pruebas de cada modo de falla.....	43
4.6.1	Condiciones Normales Cruceta N° 1.....	43
4.6.1.1	<i>Espectros del punto 1 del sistema transmisión posterior CN V, CN H y CN A, en la variable velocidad usando cruceta usada.....</i>	43
4.6.1.2	<i>Espectros del punto 1 del sistema transmisión posterior M5 V, M5 H y M5 A, en la variable velocidad usando cruceta usada.....</i>	46
4.6.1.3	<i>Espectros del punto 1 del sistema transmisión posterior M4 V, M2 H y M1 A, en la variable velocidad usando cruceta usada.....</i>	48
4.6.2	Condiciones normales punto 2.....	50
4.6.2.1	<i>Espectros del punto 2 del sistema transmisión posterior CN V, CN H y CN A, en la variable velocidad usando cruceta usada.....</i>	50
4.6.2.2	<i>Espectros del punto 2 del sistema transmisión posterior M1 V, M 1 H y M2 A, en la variable velocidad usando cruceta usada.....</i>	52
4.6.3	Condiciones normales punto 3.....	56
4.6.3.1	<i>Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta usada.</i>	56
4.6.3.2	<i>Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M4 V, M3 H y M4 A en la variable velocidad con cruceta usada.</i>	58
4.6.3.3	<i>Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M5 V, M5 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta usada.</i>	60
4.6.4	Condiciones normales punto 1.....	62
4.6.4.1	<i>Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	62
4.6.4.2	<i>Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M1 V, M2 H y M3 A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	64
4.6.4.3	<i>Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M5 V, M5 H y M4 A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	66
4.6.5	Condiciones normales punto 2.....	68
4.6.5.1	<i>Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	68
4.6.5.2	<i>Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; M4 V, M1 H y M2 A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	70

4.6.5.3	<i>Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; M3 V, M3 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	72
4.6.6	Condiciones normales punto 3	74
4.6.6.1	<i>Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	74
4.6.6.2	<i>Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M3 V, M3 H y M3 A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	76
4.6.6.3	<i>Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M5 V, M5 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta nueva.</i>	78
4.6.7	Condiciones normales punto 1	80
4.6.7.1	<i>Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta dañada.</i>	80
4.6.7.2	<i>Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M2 V, M2 H y M4 A en la variable velocidad con cruceta dañada.</i>	81
4.6.7.3	<i>Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M3 V, M5 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta dañada.</i>	84
CONCLUSIONES		106
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2. Tabla de especificaciones Charlotte.....	21
Tabla 2-2. Tabla: Norma Rathbone.....	23
Tabla 1-3. Matriz de consistencia	32
Tabla 1-4. Resumen de procesamiento de casos.	38
Tabla 2-4. Estadística de fiabilidad.....	38
Tabla 3-4. Creación de la base de datos	38
Tabla 4-4. Configuración de la base de datos (paso 2).	39
Tabla 5-4. Configuración de la base de datos (paso 3).	39
Tabla 6-4. Configuración de la base de datos (paso 4).	40
Tabla 7-4. Configuración de la base de datos (paso 5).	40
Tabla 8-4. Configuración de la base de datos (paso 6).	41
Tabla 9-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 1).....	41
Tabla 10-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 2).	42
Tabla 11-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 3).	42
Tabla12-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 4).	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Procedimientos	6
Figura 2-2 Crucetas.....	7
Figura 3-2. Tipos de sistemas de transmisión	8
Figura 4-2: Tipos de sistemas de transmisión.....	8
Figura 5-2. Vibraciones mecánicas.....	9
Figura 6-2. Dispositivo para pruebas de vibraciones.....	9
Figura 7-2. Partes del Sistema de vibración.....	10
Figura 8-2. Sistema de transformación de vibraciones	11
Figura 9-2. Características de las vibraciones.....	11
Figura 10-2. Magnitud de las vibraciones.....	12
Figura 11-2. Amplitud de las vibraciones.....	12
Figura 12-2. Desfase entre magnitudes.....	13
Figura 13-2. Factores de magnitud de las vibraciones.....	13
Figura 14-2. Clasificación de la frecuencia.....	14
Figura 15-2. Vibración libre.....	15
Figura 16-2. Vibración forzada	16
Figura 17-2. Vibración amortiguada.....	16
Figura 18-2. Vibración periódica	17
Figura 19-2. Vibración aleatoria	17
Figura 20-2. Esquema de medición de vibraciones	18
Figura 21-2. fases del esquema de medición de vibraciones	19
Figura 22-2.: Medición de vibración, razones.	19
Figura 23-2. Partes de la Norma ISO 10816-3.....	24
Figura 24-2. Clasificación de severidad por tipo de máquina, potencia o altura del eje.....	24
Figura 25-2. Flexibilidad del soporte (clasificación de las máquinas).....	25
Figura 26-2. Flexibilidad del soporte (clasificación de las máquinas).....	25
Figura 27-2. Vibraciones de desplazamiento.....	26
Figura 28-2. Vibraciones de velocidad	26
Figura 29-2. Estructura Tren de potencia.....	27
Figura 30-2.: Mantenimiento preventivo	28
Figura 1-4. vibrachek	33
Figura 2-4. Beneficios de MAINTraq.....	33
Figura 3-4. Aplicación VIBRACHECK ABG200.....	34
Figura 4-4: Puntos de aplicación para la toma de mediciones de un análisis de vibraciones	35
Figura 5-4. Sistema de transmisión posterior Cardan	35

Figura 6-4. Pesa de metal cubica	36
Figura 7-4.: Junta de la pesa cubica en el puente de anclaje medio del cardan	36
Figura 8-4. Inserción de Datos en SPSS	37
Figura 9-4. Coeficientes alfa de Cronbach.....	38
Figura 10-4. Espectro de velocidad variable CN V	44
Figura 11-4. Espectro de velocidad variable CN H	44
Figura 12-4. Espectro de velocidad variable CN A	45
Figura 13-4. Espectro de velocidad variable M5 V	46
Figura 14-4. Espectro de velocidad variable M5 H	46
Figura 15-4. Espectro de velocidad variable M5 A	47
Figura 16-4. Espectro de velocidad variable M 4V	48
Figura 17-4. Espectro de velocidad variable M2 H	48
Figura 18-4. Espectro de velocidad variable M1A	49
Figura 19-4. Espectro de velocidad variable CN V	50
Figura 20-4. Espectro de velocidad variable CN H	50
Figura 21-4. Espectro de velocidad variable CN A	51
Figura 22-4. Espectro de velocidad variable M1 V	52
Figura 23-4. Espectro de velocidad variable M1 H	52
Figura 24-4. Espectro de velocidad variable M2A	53
Figura 25-4. Espectro de velocidad variable M5 V	54
Figura 26-4. Espectro de velocidad variable M5 H	54
Figura 27-4. Espectro de velocidad variable M5 A	55
Figura 28-4. Espectro de velocidad variable CN V	56
Figura 29-4. Espectro de velocidad variable CN H	56
Figura 30-4. Espectro de velocidad variable CN A	57
Figura 31-4. Espectro de velocidad variable M4 V	58
Figura 32-4. Espectro de velocidad variable M3H	58
Figura 33-4. Espectro de velocidad variable M4A	59
Figura 34-4. Espectro de velocidad variable M5 V	60
Figura 35-4. Espectro de velocidad variable M5 H	60
Figura 36-4. Espectro de velocidad variable M5 A	61
Figura 37-4. Espectro de velocidad variable CN V	62
Figura 38-4. Espectro de velocidad variable CN H	62
Figura 39-4. Espectro de velocidad variable CN A	63
Figura 40-4. Espectro de velocidad variable M1 V	64
Figura 41-4. Espectro de velocidad variable M2 H	64
Figura 42-4. Espectro de velocidad variable M3 A	65

Figura 43-4. Espectro de velocidad variable M5 V	66
Figura 44-4. Espectro de velocidad variable M5 H	66
Figura 45-4. Espectro de velocidad variable M4 A	67
Figura 46-4. Espectro de velocidad variable 1V	68
Figura 47-4. Espectro de velocidad variable 1H.....	68
Figura 48-4. Espectro de velocidad variable 1A.....	69
Figura 49-4. Espectro de velocidad variable M4 V	70
Figura 50-4. Espectro de velocidad variable M1 H	70
Figura 51-4. Espectro de velocidad variable M2 A	71
Figura 52-4. Espectro de velocidad variable M3 V	72
Figura 53-4. Espectro de velocidad variable M3 H	72
Figura 54-4. Espectro de velocidad variable M5 A	73
Figura 55-4. Espectro de velocidad variable CN V	74
Figura 56-4. Espectro de velocidad variable CN H	74
Figura 57-4. Espectro de velocidad variable CN A	75
Figura 58-4. Espectro de velocidad variable M3 V	76
Figura 59-4. Espectro de velocidad variable M3 H	76
Figura 60-4. Espectro de velocidad variable M3 A	77
Figura 61-4. Espectro de velocidad variable M5 V	78
Figura 62-4. Espectro de velocidad variable M5 H	78
Figura 63-4. Espectro de velocidad variable M5 A	79
Figura 64-4. Espectro de velocidad variable CN V	80
Figura 65-4. Espectro de velocidad variable CN H	80
Figura 66-4. Espectro de velocidad variable CN A	81
Figura 67-4. Espectro de velocidad variable M2V	82
Figura 68-4. Espectro de velocidad variable M2 H	82
Figura 69-4. Espectro de velocidad variable M4 A	83
Figura 70-4. Espectro de velocidad variable M3 V	84
Figura 71-4. Espectro de velocidad variable M5 H	84
Figura 72-4. Espectro de velocidad variable M5 A	85

LISTA DE ABREVIATURAS

ANSI	Instituto Nacional de Normas Americanas (American National Standards Institute)
ISO	Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Resultados de ensayos realizados.

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se realiza el diagnóstico de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al mantenimiento predictivo. Primeramente, se analiza la situación actual de trenes de potencia posterior y el análisis de crucetas. Se realizaron los modos de falla de cada uno de los puntos y los espectros de los puntos del sistema transmisión posterior CN V, CN H y CN A, en la variable velocidad usando cruceta usada, en una cruceta nueva y una cruceta dañada, para la medición de cada modo de falla se utilizó el equipo Vibrachek para determinar el nivel de vibración. Los datos se recolectan para transferir al programa MAINtraq Predictive 2.1 para evaluar en qué punto exacto el nivel de vibración es un valor aceptable para ser interpretado. Para el análisis de confiabilidad de los datos experimentales se procede a la utilización del software SPSS el valor obtenido de alfa de Cronbach, es superior a 0.9 lo que determina que los datos se encuentran en un nivel excelente de aceptabilidad, demostrándose que los datos utilizados son muy consistentes y sólidos estadísticamente. Con los datos obtenidos aplicando el análisis de vibraciones a las crucetas en los 3 planos puntuales, se determinó que su desgaste puede ser monitoreado ya que sus armónicos se incrementan de acuerdo al desgaste que en este se vaya produciendo. Por tanto, es fiable aplicar el proceso de análisis de vibraciones en crucetas para el mantenimiento predictivo.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <VEHÍCULO>, <CRUCETA>, <TREN DE TRANSMISIÓN>, <SPSS (SOFTWARE)>, <ALFA DE CRONBACH>, <VIBRACIÓN>.

ABSTRACT

In this research project, the diagnosis of crosspieces was made through the analysis of vibrations in subsequent power trains and their contribution to predictive maintenance. First, the current situation of subsequent power trains and cross-section investigation was analyzed. The failure modes of each one of the points and the spectra of the subsequent transmission system CN V, CN H, and CN A were performed in the variable speed employing a secondhand crosshead, a new crosshead, and a broken crosshead. For the Measurement of each failure mode, Vibrachek equipment was used to determine the level of vibration. Data was collected to be transferred to the MAINtraq Predictive program 2.1 to assess the exact point where the level of vibration is an acceptable value to be interpreted. For the analysis of the reliability of the experimental data, the SPSS software was used, the value obtained from Cronbach's alpha was greater than 0.9, which determines that the data is in an excellent level of acceptability, proving that the data used is very consistent and solid statistically. By the data obtained applying the analysis of vibrations to the crossheads in the 3 specific planes, it was determined that their loss can be monitored since their harmonics are increased according to the damage that occurs therein. Therefore, it is reliable to apply the process of vibration analysis at crossheads for predictive maintenance.

KEY WORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <VEHICLE>, <CRUCETA>, <TRANSMISSION TRAIN>, <SPSS (SOFTWARE)>, <ALFA DE CRONBACH>, <VIBRATION>.



INTRODUCCIÓN

Las vibraciones pueden estar presentes en muchas de actividades que se realizan a diario en los automóviles o en máquinas de características similares, que utilizan un sistema mecánico que genera un factor vibratorio.

La medición de vibraciones es una herramienta muy útil en la era actual. Sin embargo, su aplicación es amplia en especial en máquinas rotatorias, se explica la forma de determinación de las mismas.

El empleo de parámetros vibratorios de las máquinas en el diagnóstico de su estado técnico es una técnica ampliamente utilizada en la actualidad. La vibración se define como el cambio de posición en el tiempo, de un elemento alrededor de su posición de equilibrio. En su forma simple vibración se puede considerar como el movimiento repetitivo de un cuerpo alrededor de una posición de equilibrio, la misma que alcanzará cuando sea cero la fuerza que actúa sobre él.

La investigación se desarrolla en función de los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA; Planteamiento del Problema, Formulación del Problema, su limitación, Objetivos, y Justificación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO; Antecedentes de la Investigación, Fundamentación Teórica, Definición de Términos Básicos de las variables de la Investigación y del análisis vibratorio.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA; Diseño de la Investigación, modalidad de investigación, tipo de investigación, identificación de Variables, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Técnicas de Procesamientos de Análisis de Datos

CAPÍTULO IV: Propuesta, Acciones que nos permitan cumplir con el objetivo planteado y la idea principal de la investigación, en este caso las características del equipo de medición vibracheck, y con ello el análisis de vibración posterior a estos datos realizando su análisis estadístico de fiabilidad de datos, realizando las pruebas de cada modo de falla y analizando los espectros de sus respectivos puntps.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Tema

Desarrollo de un procedimiento para el diagnóstico de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al mantenimiento predictivo.

1.2 Antecedentes

Las vibraciones pueden estar presentes en muchas de actividades que se realizan a diario en los automóviles o en máquinas similares, que utilizan un sistema mecánico que genera de alguna manera un factor vibratorio.

En un plano generalizado se encuentran de manera principal en todas las máquinas, esto depende de ciertas maquinas en unas más o menos de acuerdo a factores conocidos; estos son dirimente proporcionales al ruido que denotan el normal funcionamiento de una parte del sistema de transmisión.

Fue a través de la experiencia de autores lograda a lo largo de tantos años en lo que hace a montaje de ascensores a tracción e hidráulicos y su mantenimiento posterior, como también por la observación directa de los efectos producidos por las vibraciones en los diferentes componentes mecánicos de las máquinas, uno de ellos es por daño total en un motor eléctrico, producido en su bobinado por desgaste de los bujes soportes del rotor y los extremos del eje del mismo.

También se puede mencionar suscitaciones vibratorias debido a la calibración no adecuada de las zapatas de freno del grupo motor, se generaban vibraciones que eran transmitidas a la cabina, las que eran percibidas por los usuarios del ascensor.

La medición de vibraciones es una herramienta muy útil. Sin embargo, su aplicación es amplia en la maquinaria rotatoria, se explica la forma de determinación de las mismas.

1.3 Planteamiento del Problema

El empleo de parámetros vibratorios de las máquinas en el diagnóstico de su estado técnico es una técnica ampliamente utilizada en la actualidad. La vibración se define como el cambio de posición en el tiempo, de un elemento alrededor de su posición de equilibrio. En su forma simple vibración se puede considerar como el movimiento repetitivo de un cuerpo alrededor de una posición de equilibrio, la misma que alcanzará cuando sea cero la fuerza que actúa sobre él. Se la conoce como vibración de cuerpo entero al mencionado tipo de vibración, lo que quiere decir que todas las partes del cuerpo en la misma dirección y se mueven juntas en cualquier momento.

La inspección de crucetas en el eje de transmisión solo se realiza como parte de la rutina de mantenimiento regular y la escasa aplicación del estudio de vibraciones en trenes de potencia posterior de vehículos, ha llevado a que para realizar un reparo o sustitución de crucetas del tren de potencia se lo decida comprobando únicamente con ayuda del oído humano, ya que no existe ningún procedimiento técnico ni mucho menos un tiempo establecido de la vida útil de trabajo de cada uno de los elementos que conforman el mismo, para poder realizar un mantenimiento predictivo y así mantener el tren de potencia posterior en condiciones óptimas de trabajo.

Un método aplicado para la determinación de las frecuencias propias de vibración de un tren de transmisión es el de aplicaciones de programas computacionales para ello se ve necesario la participación en el método mencionado.

Es importante considerar que existe una relación directa entre el valor de las holguras en estos pares y el nivel de vibraciones y que estas pueden ser empleadas como parámetro de diagnóstico de las mismas, representando una herramienta muy atractiva para el diagnóstico de defectos hasta ahora difíciles de evaluar por otras vías

El cabeceo es causado por pares fluctuantes verticales que hacen que el extremo del motor se levante y caiga, esto es el resultado de un par desbalanceado de las partes involucradas en cualquier momento de su funcionamiento. Como apoyo al monitoreo y control del sistema del sistema de vibraciones para el desarrollo de un procedimiento para el diagnóstico de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al mantenimiento predictivo.

1.3.1 Formulación del Problema de Investigación

¿De qué manera el desarrollo de un procedimiento para el diagnóstico de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior contribuye al mantenimiento predictivo?

1.3.2 Delimitación del Problema

Objeto de estudio: Vibracional

Campo de acción: Automotriz

Límite espacial: Crucetas en trenes de potencia posterior.

Delimitación temporal: El presente estudio de vibraciones se realiza en el año 2019.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación teórica

La presente investigación se justifica completamente a la formación del Ingeniero Automotriz, debido a que cuenta con el conocimiento necesario para la realización del desarrollo de un procedimiento para el diagnóstico de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al mantenimiento predictivo, con la utilización de la tecnología de los equipos de la ESPOCH, equilibrando los aspectos teóricos para la implementación y potenciando la aplicación con el desarrollo del sistema de transmisión.

1.4.2 Justificación metodológica

Una de las herramientas con las que se cuenta en la actualidad es el mantenimiento predictivo, este aplica técnicas no destructivas en las máquinas para predecir cuándo requiere operaciones de reparación o sustitución de piezas. Una de ellas, y quizás la más utilizada es el análisis de vibraciones, que sirve para determinar el estado de cada uno de los componentes de los equipos con el fin de programar las actividades de mantenimiento respectivas sin afectar al desarrollo y funcionamiento de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al mantenimiento predictivo

Como herramientas metodológicas se utiliza la guía de observación, registro fotográfico, videos, grabaciones de las simulaciones y pruebas del equipo.

1.4.3 Justificación práctica

El trabajo de titulación se justifica en la práctica ya que el conjunto de eventos vibratorios que se manifiestan en el tiempo y que son expresados en un formato amplitud-frecuencia. Este será la base de información del sistema vibratorio en el enfoque de diagnóstico. El análisis de vibraciones está basado en la interpretación de las señales de vibración tomando en cuenta como referencia los niveles de tolerancia indicados por el fabricante o por las normas técnicas.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar un procedimiento para el diagnóstico de crucetas mediante el análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al establecimiento de mantenimiento predictivo.

1.5.2 Objetivos específicos:

- Compilar información mediante la aplicación del análisis de vibraciones a base de pruebas de crucetas en trenes de potencia para determinar el desgaste de sus elementos.
- Realizar el estudio de vibraciones en crucetas, mediante la recopilación de datos y simulación de fallas para determinar el punto de desempeño óptimo de trenes de potencia posterior.
- Determinar el procedimiento para el diagnóstico a través de un estudio de vibraciones confiable para la predicción de fallas.
- Analizar comparativamente los valores del estudio vibracional obtenidos en vehículos de distintos kilometrajes fundamentados en el procedimiento para el diagnóstico de los modos de falla.

1.5.3 Hipótesis

El estudio de vibraciones de crucetas en trenes de potencia de vehículos permite el diagnóstico de fallas referentes a la transmisión de potencia.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Procedimientos

Melinkoff, R (1990), citado por (Ochoa, 2018), señala que los procedimientos consisten en describir detalladamente cada una de las actividades a seguir en un proceso laboral a través del cual se garantiza la disminución de errores". (p. 28). Por otro lado, Gómez, F., (1883), citado por (Ochoa, 2018), señala que el objetivo primordial de un procedimiento es el de obtener la mejor forma de llevar a cabo una actividad, tomando en cuenta factores tanto de tiempo, como de esfuerzo y dinero.



Figura 1-2. Procedimientos

Fuente: (Ochoa, 2018)

De acuerdo a los autores anteriormente citados se puede concluir que un procedimiento es una serie de pasos llevados a cabo para lograr una actividad correctamente.

2.1.1 Crucetas

Las crucetas según (General-Mongl Motoparts, 2015), generalmente conocidas también como uniones universales son uno de los componentes que se ve sometido a un soporte mayor en el sistema de transmisión de fuerza en un vehículo. Dicho de otra manera, este se dobla, estira, tuerce y se somete a toda clase de tensiones dura la operación.



Figura 2-2 Crucetas
Fuente: (General-Mongl Motoparts, 2015)

En este sentido, (General-Mongl Motoparts, 2015) indica que para el trabajo de las crucetas, es esencial tener conocimiento general de los tipos de sistemas de transmisión en que se utilizan adicional a eso su funcionamiento. En este modo, el sistema de transmisión tiene como función principal transmitir la torsión del motor hasta el eje diferencial, mientras transmite una fuerza bajo constantes cambios de ángulos y longitudes de barreras de transmisión. Es decir, la cruceta permite a la barra de transmisión maniobra a distintos ángulos mientras que el acople deslizante reconoce las variaciones en la longitud de la barra.

Dicho de otra manera, el sistema de transmisión común está formado por: una toma de acople, una transmisión, un acople deslizante, un ensamblaje de eje o barra propulsora, además, los cojinetes centrales son utilizados para sostener dos barras de transmisión cuando es necesario conectar a mayores distancias.

De acuerdo a lo que establece (Ochoa, 2018), existen cuatro tipos diferentes de sistemas de transmisión para ello se detalla a continuación:

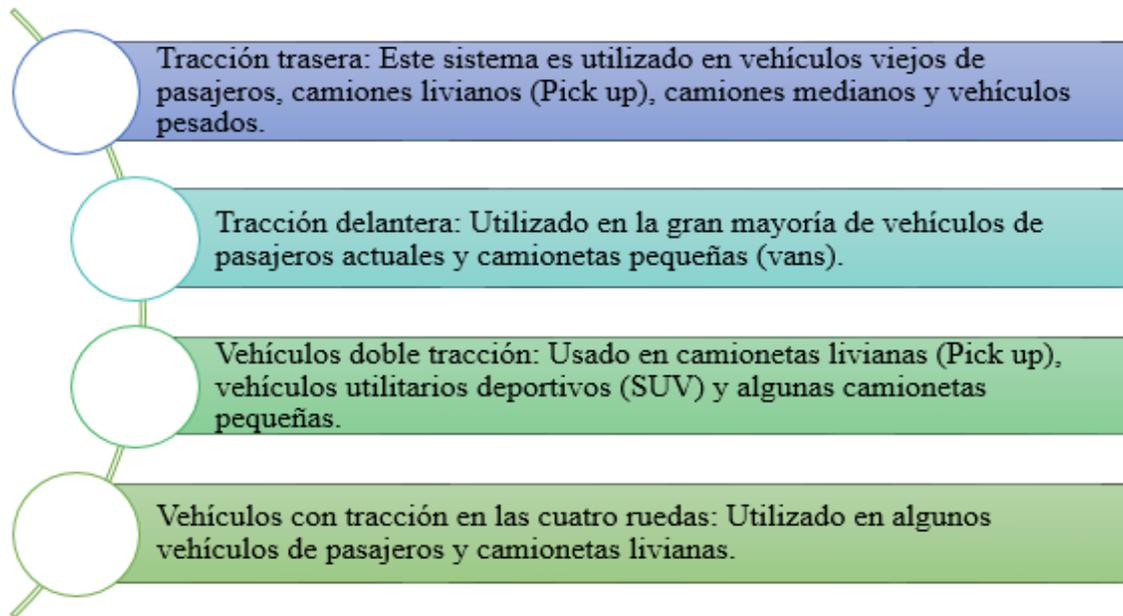


Figura 3-2. Tipos de sistemas de transmisión

Fuente: (General-Mongl Motoparts, 2015)

2.1.2 Características de las crucetas

De acuerdo a lo que establece (General-Mongl Motoparts, 2015), las características de las crucetas se detallan a continuación:

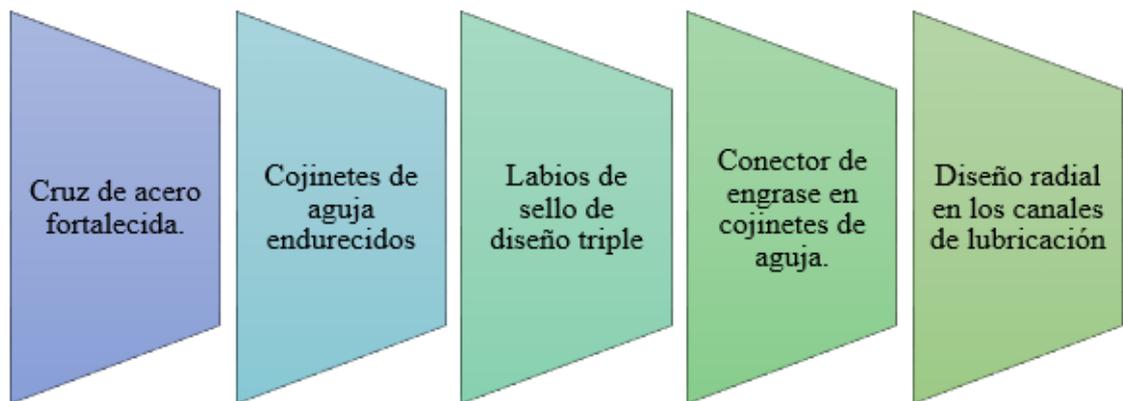


Figura 4-2: Tipos de sistemas de transmisión

Fuente: (General-Mongl Motoparts, 2015)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2 Vibraciones mecánicas

Rao, (2013), indica que todo movimiento repetido después de un intervalo de tiempo se le conoce como vibración u oscilación. Además, vibración, se considera a un cambio de energía cinética en cuerpos con masa finitas y rigidez, los mismos que proporcionan una entrada de energía dependiente del tiempo. Como ejemplos de vibraciones se puede considerar la tendencia de una

cuerda pulsada y el vaivén de un péndulo. En este sentido, la teoría de las vibraciones hace referencia al estudio de los movimientos oscilatorios de los cuerpos y las fuerzas asociadas con ellos.

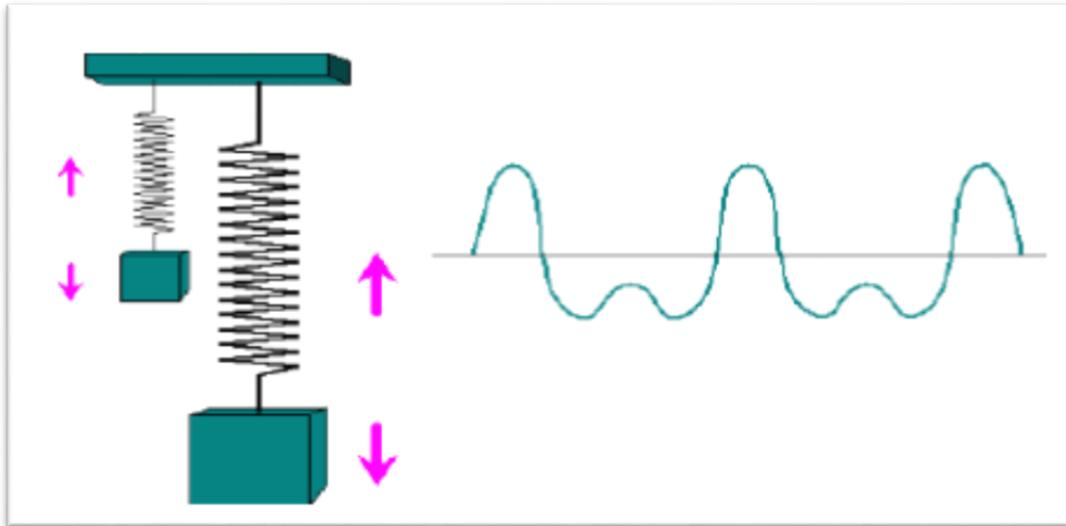


Figura 5-2. Vibraciones mecánicas

Fuente: (Educarex, 2016)

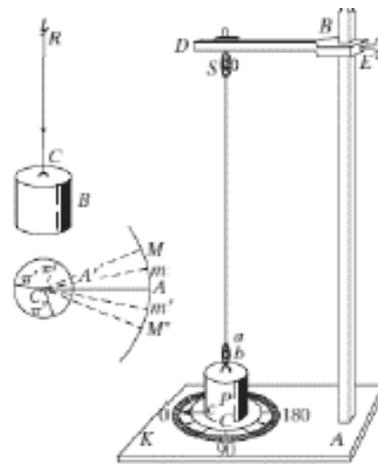


Figura 6-2. Dispositivo para pruebas de vibraciones

Fuente: (Rao, 2013)

En la figura que antecede, se puede identificar el dispositivo de Coulomb para realizar pruebas de vibraciones torsionales.

Por otro lado, (Educarex, 2016), menciona que una vibración mecánica se considera un movimiento de un cuerpo sólido en torno a una posición de equilibrio, sin que se realice desplazamiento del mismo. En este sentido, si el objeto entra en relación con alguna parte del

cuerpo humano y vibra, le transfiere la energía generada por la vibración. Del mismo modo (Griffli, 2017), establece que la vibración es un movimiento oscilatorio.

En conclusión, se puede decir que las vibraciones son movimientos repetitivos en cierto intervalo de tiempo, donde el sólido no tiene ningún desplazamiento y este se mantiene en equilibrio, además la energía puede ser transferida directamente al cuerpo humano si esta tiene contacto alguno.

2.2.1 Importancia de las vibraciones

Las vibraciones son importantes considerados desde el punto de vista ergonómico, está proporcionada por magnitudes, intensidad y frecuencia, en este sentido, las vibraciones necesariamente deben ser analizadas para la determinación de la fuerza del movimiento u oscilación en cierto tiempo.

2.2.2 Partes principales de un Sistema Vibratorio

(Rao, 2013), menciona que generalmente el sistema vibratorio engloba un medio para almacenar energía potencial es decir resorte o elasticidad, un medio para conservar energía cinética por medio del cual la energía se pierde gradualmente se considera el amortiguador. Estas partes son fundamentales dentro de un sistema vibratorio que permite la transformación mutua de la energía, en este sentido se demuestra en la siguiente figura:

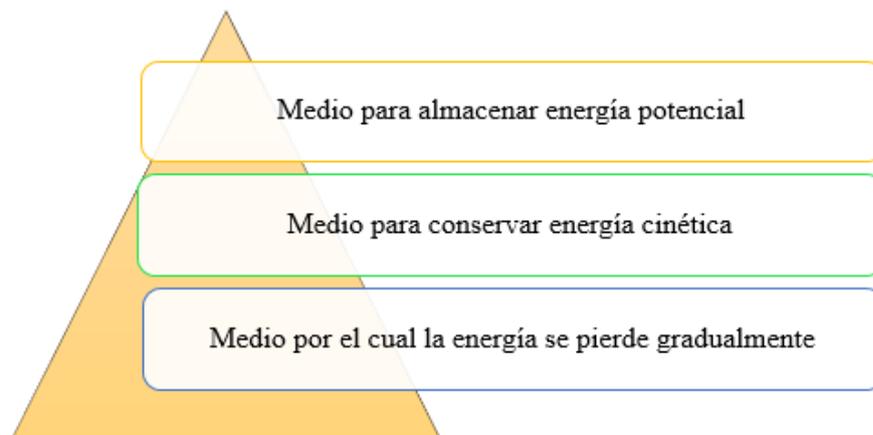


Figura 7-2. Partes del Sistema de vibración

Fuente: (Rao, 2013)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

Además, la vibración de un sistema es un círculo de actividades conlleva la transformación desde la energía potencial a energía cinética y viceversa de ésta a energía potencial alternamente.

Seguidamente, la energía se dispersa en cada ciclo de vibración si el sistema se amortigua, y se debe reemplazar por una fuente exterior para de esta manera se mantenga un estado estable de vibración.

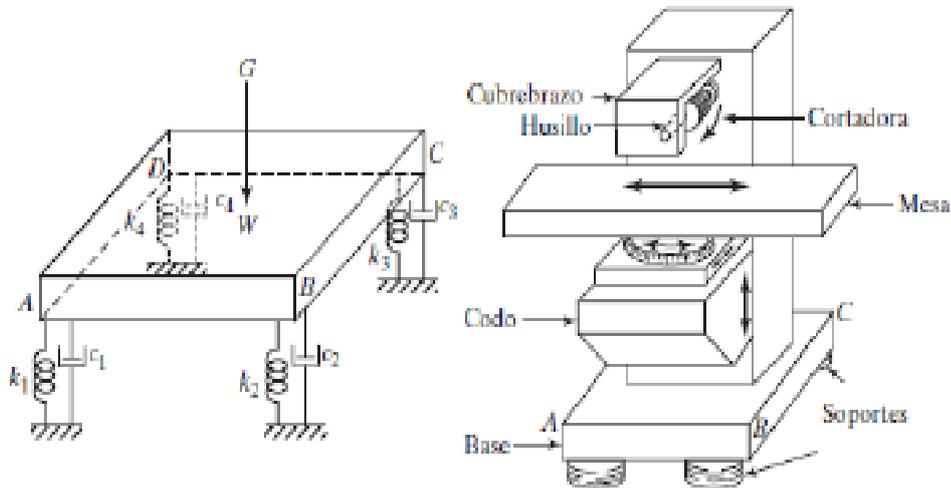


Figura 8-2. Sistema de transformación de vibraciones

Fuente: (Rao, 2013)

2.2.3 Características de las vibraciones

(Griffli, 2017), menciona que las vibraciones mecánicas producen varios efectos en el cuerpo humano, y esto depende básicamente de las siguientes características:



Figura 9-2. Características de las vibraciones

Fuente: (Educarex, 2016)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.4 Magnitud de la vibración

De acuerdo a lo que establece la guía (CEP, 2013), en función del desplazamiento producido por dicha vibración se puede medir la magnitud de una vibración. En este sentido, al mencionar el

movimiento de un cuerpo, se puede considerar la vibración en función de la aceleración y velocidad.

Del mismo modo, se considera la facilidad de medición, habitualmente se determina en términos de aceleración siendo las unidades utilizadas los $\frac{m}{s^2}$. Dicho de otra manera, la aceleración llega a cero su extremo y pasa por el punto de equilibrio esta es máxima.

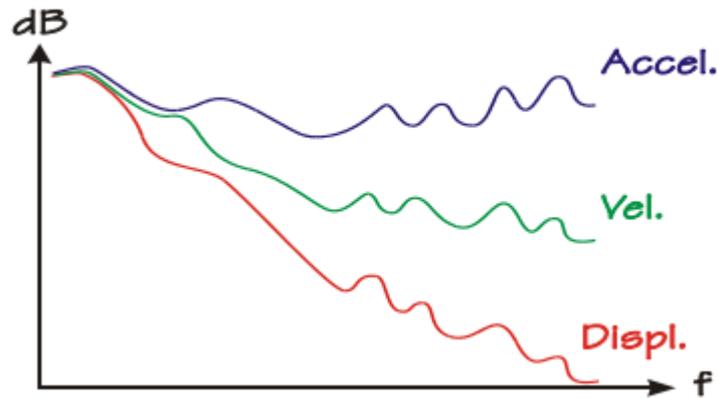


Figura 10-2. Magnitud de las vibraciones

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

En la figura anterior, se puede observar las características de las magnitudes de las vibraciones en términos de aceleración, velocidad y desplazamiento. Consecuentemente, para la determinación de la magnitud de las vibraciones se debe considerar la amplitud cuyo enfoque está establecido de acuerdo a las vibraciones.

De acuerdo a lo que establece (SINAIS, 2014), la amplitud consideradas desde el punto de vista de las vibraciones es la cantidad de movimiento puede tener una masa tomada en cuenta desde una posición neutral. Así mismo, la amplitud se considera, la intensidad de la vibración, siendo indicativa en cuanto a la severidad de la misma.

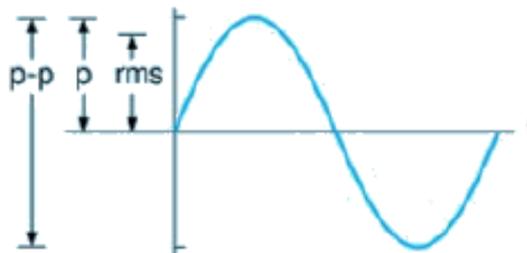


Figura 11-2. Amplitud de las vibraciones

Fuente: (SINAIS, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

En la figura anterior se puede evidenciar, la amplitud de las vibraciones de una onda cuyo contenido se enfoca en la determinación de la intensidad de la vibración.

En la siguiente figura se detalla un cuerpo que muestra una onda sinusoidal en un desplazamiento que corresponde a un movimiento armónico simple.

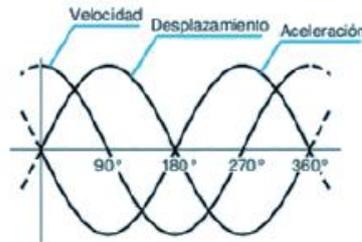


Figura 12-2. Desfase entre magnitudes

Fuente: (SINAIS, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

Además, dentro de los factores que influyen en la determinación de la magnitud de las vibraciones están los que se detallan a continuación:

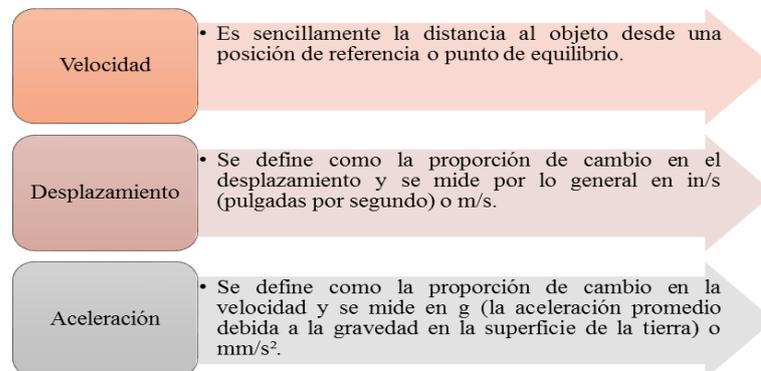


Figura 13-2. Factores de magnitud de las vibraciones

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.5 Frecuencia

(Soto, 2014) Indica que la frecuencia se refiere al número de veces que el objeto vibra por segundo y se mide en hercios (Hz).

Consiguientemente, las vibraciones producidas por las máquinas regularmente no tienen una frecuencia determinada, sino más bien son una mezcla de vibraciones de diferentes frecuencias.

Además, las vibraciones se clasifican en función de su frecuencia, de la siguiente manera:

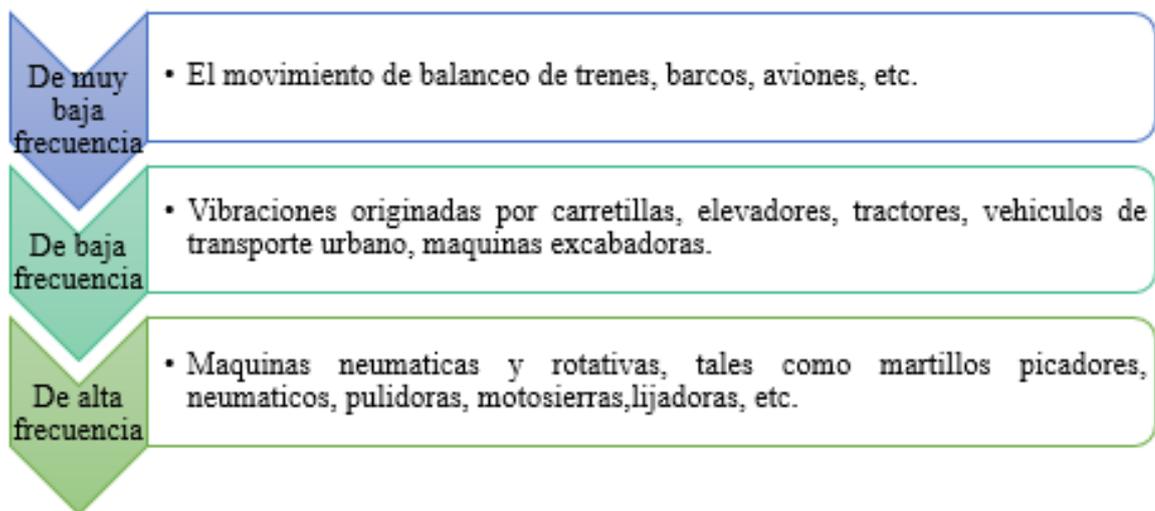


Figura 14-2. Clasificación de la frecuencia

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.6 Dirección

De acuerdo a lo que establece (Soto, 2014), la vibración conlleva varios efectos sobre el cuerpo humano, los mismos dependen de la dirección de ocurrencia de la misma.

2.2.7 Tiempo de exposición

De acuerdo a lo que establece (CEP, 2013) el tiempo de exposición se refiere a la instancia comprometida entre un cuerpo u objeto que se está sometido a la vibración durante un determinado periodo de tiempo. Adicionalmente, se considera un parámetro cuya determinación ocasionalmente no coincide con el tiempo que se utilizan las máquinas. Básicamente la diferencia se da debido a que una maquina puede ser utilizada para diferentes actividades que son consecuentes a soportar niveles de vibraciones disímiles con una máquina semejante se realiza varias operaciones que suponen un nivel distinto de vibraciones.

2.2.8 Tipos de vibraciones

(A-AMAQ, 2014), menciona que la vibración de acuerdo a los criterios de evaluación se puede clasificar de diversas formas, dada esta circunstancia las vibraciones se clasifican de la siguiente manera:

2.2.8.1 Vibración libre

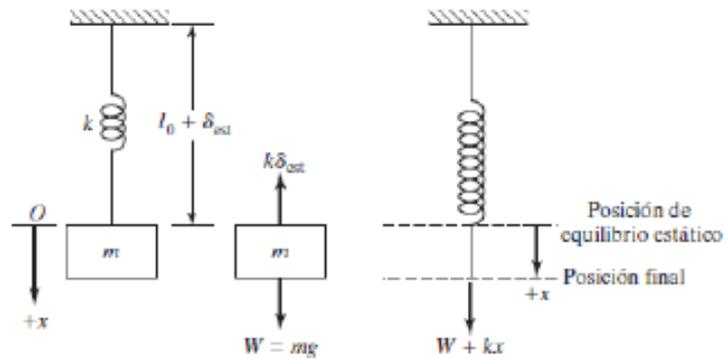


Figura 15-2. Vibración libre

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

De acuerdo a lo que establece (Pintor, 2016), la vibración libre es la vibración resultante luego de una perturbación inicial que deja que un sistema vibre por sí mismo.

En este sentido, la vibración libre determina que una perturbación inicial sin ninguna fuerza externamente grande se pone en movimiento la masa por la fuerza del resorte, la fuerza del amortiguador o la fuerza de la gravedad.

- **Vibración forzada**

(A-AMAQ, 2014), Menciona que la vibración forzada es la vibración resultante cuando un sistema se somete a una fuerza externa, en este sentido, un sistema mecánico experimenta vibración forzada siempre y cuando durante la vibración se suministra energía externa al sistema. La misma energía se puede suministrar ya sea mediante la excitación de desplazamiento o una fuerza aplicada directamente. De tal manera, la fuerza aplicada directamente al desplazamiento puede ser no armónica o armónica, no periódica o periódica, o de ser el caso esta puede ser aleatoria.

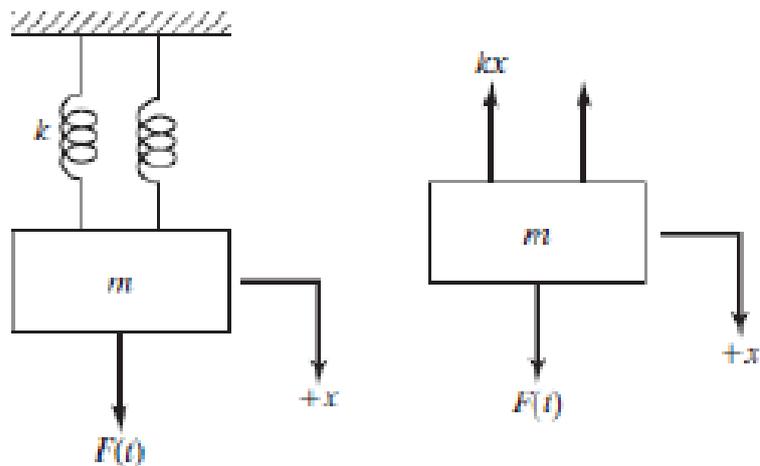


Figura 16-2. Vibración forzada

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.8.2 Vibración amortiguada

De acuerdo a lo que establece (A-AMAQ, 2014) la vibración amortiguada es la vibración que da como resultado cuando se disipa energía o se pierde por fricción, como puede ser también por otra resistencia durante la oscilación transcurrida. Adicionalmente, en varios sistemas físicos, es tan pequeña la cantidad de amortiguamiento que en la mayoría de las aplicaciones de ingeniería puede llegar a ser ignorada.

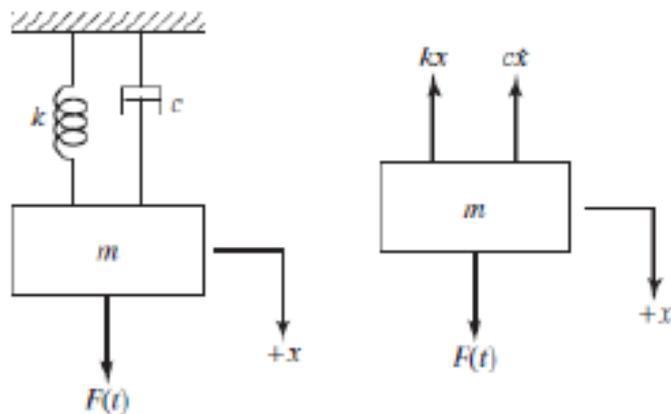


Figura 17-2. Vibración amortiguada

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.8.3 *Vibración determinística o periódica*

De acuerdo a lo que establece (A-AMAQ, 2014), la vibración es determinística, cuando la vibración resultante se da cuando la magnitud de la fuerza del movimiento generado el conocimiento que actúa en un sistema vibratorio en cualquier tiempo. En el gráfico siguiente se evidencia la vibración periódica:

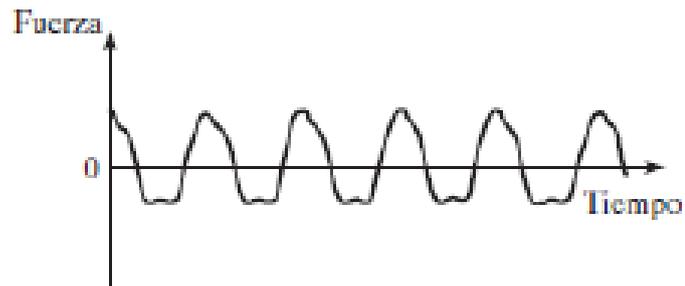


Figura 18-2. Vibración periódica

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.8.4 *Vibración aleatoria*

Según (A-AMAQ, 2014), la vibración aleatoria es también conocida como no determinística; en este sentido, la comparación peculiar del valor del movimiento se compara con un dado debido a que en un momento cualquiera no se puede pronosticar. Consecuentemente, los registros se recopilan de los movimientos y se puede presentar cierta regularidad estadística para analizar los datos.

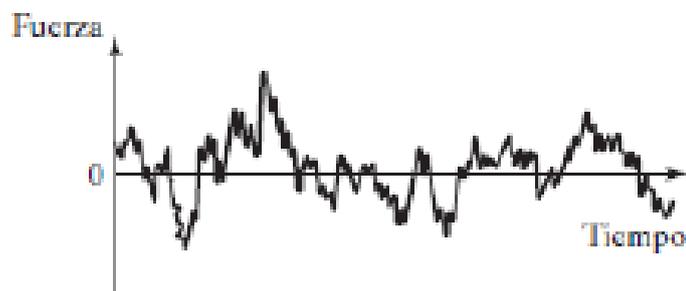


Figura 19-2. Vibración aleatoria

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.2.9 Medición de vibración y aplicaciones

De acuerdo a (Pintor, 2016), menciona que en la práctica resulta difícil desarrollar, un sistema o modelo basado en la matemática y de esta manera predecir sus características de vibración por medio de un estudio estadístico o analítico. En los mencionados casos, se puede utilizar métodos estadísticos avanzados o experimentación para medir la respuesta de una situación conocida de una vibración.

Las vibraciones mecánicas pueden ser usadas para aplicaciones industriales y comerciales. En este sentido, las vibraciones además pueden mejorar la eficiencia de ciertos procesos como la soldadura

2.3 Esquema de medición de vibraciones

Dicho de otra manera, a continuación, se da a conocer el detalle de cada fase del esquema de medición de vibración:

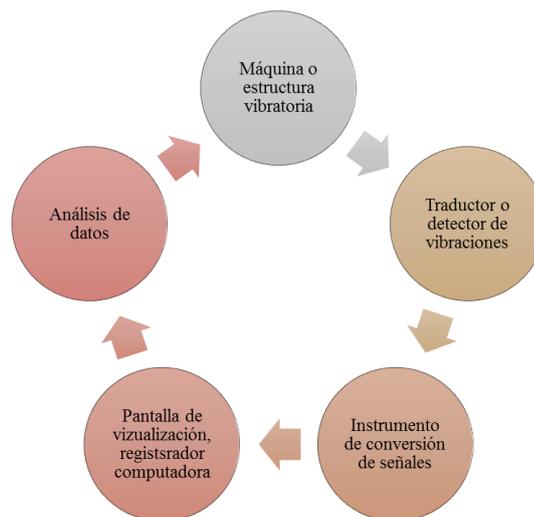


Figura 20-2. Esquema de medición de vibraciones

Fuente: (A-AMAQ, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

En la figura que antecede se demuestra las características fundamentales que contiene un esquema de medición de vibración.

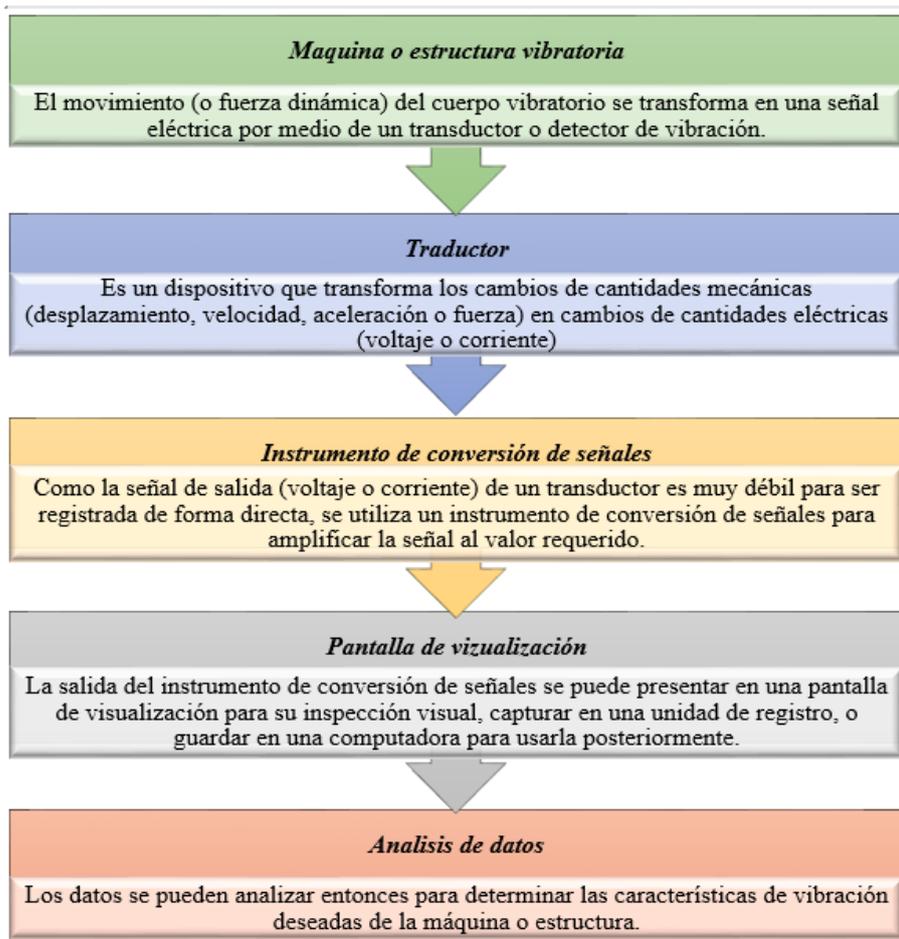


Figura 21-2. fases del esquema de medición de vibraciones

Fuente: (A-AMAQ, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

2.4 Ventajas de la medición de vibraciones en la práctica

Según (IDEARA, 2014), la medición de vibración es considerada por las siguientes razones:

- Las crecientes demandas de una mayor productividad y diseño económico conducen a velocidades de operación más altas de la maquinaria y al uso eficiente de materiales mediante estructuras ligeras.
- La medición de las frecuencias naturales de una estructura o máquina es útil al seleccionar las velocidades de operación de maquinaria cercana para evitar condiciones de resonancia.
- Las características de vibración teóricamente calculadas de una máquina o estructura pueden ser diferentes de los valores reales debido a las suposiciones hechas en el análisis.
- La medición de frecuencias de vibración y las fuerzas desarrolladas es necesaria en el diseño y operación de sistemas de aislamiento de vibración activos.
- La medición de las características de vibración de entrada y de salida resultantes de un sistema ayuda a identificar el sistema en función de su masa, rigidez y amortiguamiento.

Figura 22-2.: Medición de vibración, razones.

Fuente: (IDEARA, 2014)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

Por motivos de sencillez, los sistemas continuos se suelen representar de forma aproximada como sistemas de varios grados de libertad. Si la estructura o máquina es capaz de realizar la tarea esperada incluso después de completar una prueba en el entorno de vibración especificado, se espera que sobreviva a las condiciones especificadas.

En muchas aplicaciones se tiene que determinar la supervivencia de una estructura o máquina en un entorno de vibración especificado.

Si las frecuencias naturales medidas y modos de un sistema continuo son comparables a las frecuencias naturales medidas y modos del modelo de varios grados de libertad, entonces la aproximación demostrara ser válida.

2.4.1 Criterios de severidad de vibraciones

Según (Pintor, 2016), generalmente los niveles de vibración pueden ser determinados de acuerdo a la intensidad de la misma, en este sentido da la posibilidad de comparar datos identificados cuando se monitorea, esto de determina al momento de medir y se determina un criterio de cómo se encuentran.

2.4.2 Normas para la evaluación y medición de niveles de vibraciones

En lo que se refiere a vibraciones se pueden encontrar algunas normativas relevantes que proporcionan lineamientos, parámetros, propiedades y características de medición de las vibraciones, posteriormente se establece un proceso efectivo para controlar y finalmente diagnosticar.

De esta manera, se considera la tabla Charlotte y la Norma ISO 10816-3, cuyos literales se analizarán posteriormente.

2.4.3 Tabla de Charlotte

Según (Soto, 2014), la tabla de Charlotte fue elaborada por la Asociación Técnica Charlotte, la misma que sirve para realizar la comparación o relación del estado actual de los equipos estudiados por medio del análisis de vibraciones.

Adicionalmente, se consideran aspectos fundamentales de medición de magnitud de vibraciones como: la velocidad de rotación comprendida entre 600 a 60000 rpm, donde los instrumentos de medición considerados están los acelerómetros o sensores de velocidad.

Tabla 1-2. Tabla de especificaciones Charlotte

Tipo de maquina especifica	Bueno	Regular	Alarma 1	Alarma 2
TRANSMISIONES DE TORRE DE ENFRIAMIENTO				
Flecha larga y hueca	0-6.75	6.75-10.8	10.8	16.20
Acoplamiento de bandas	0-4.95	4.95-7.65	7.65	11.70
Acopladas directamente	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
COMPRESORES				
Reciprocantes	0-5.85	5.85-9	9	13.5
Tipo tornillo	0-5.40	5.40-8.10	8.10	11.70
Centrifuga con o sin caja de engranaje externa	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Centrifuga engranaje integral axial	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Centrifuga engranaje integral radial	0-2.70	2.70-4.50	4.50	6.75
SOPLADORES (VENTILADORES)				
Giratorio	0-5.40	5.40-8.10	8.10	12.15
Accionado por bandas	0-4.95	4.95-7.65	7.65	11.70
Ventiladores generales de transmisión directa	0-4.50	4.50-6.75	6.75	9.90
Ventiladores de aire primario	0-4.50	4.50-6.75	6.75	9.90
Ventiladores de tiro forzado grandes	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Ventiladores de tiro inducido, grandes	0-3.15	3.15-4.95	4.95	7.20
Ventilador integral montado en el eje	0-3.15	3.15-4.95	4.95	7.20
Ventilador axial con aletas guías	0-2.70	2.70-4.50	4.50	6.75
GRUPO MOTOR GENERADOR				
Impulsados por bandas	0-4.95	4.95-7.65	7.65	12.15
De acoplamiento directo	0-4.95	3.60-5.40	5.40	8.10
ENFRIADORES (CHILLERS)				
Reciprocantes (movimiento alternativo)	0-4.50	4.50-7.20	7.20	10.80
Centrifugo abierto (al aire libre)	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Centrifugo cerrado (hermético)	0-2.70	2.70-4.05	4.05	6.30
TURBOGENERADORES GRANDES				
Turbogenerador de 3600 rpm	0-3.15	3.15-4.95	4.95	7.20
Turbogenerador de 1800 rpm	0-2.70	2.70-4.05	4.05	6.30

BOMBAS CENTRIFUGAS				
Bombas verticales (300 mm-500mm de altura)	0-5.85	5.85-9	9.00	13.50
Bombas verticales (200 mm-300mm de altura)	0-4.95	4.95-7.65	7.65	11.70
Bombas verticales (130 mm-200mm de altura)	0-4.05	4.05-6.30	6.30	9.45
Bombas verticales (0 mm-130mm de altura)	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Bomba Horizontal de uso General de acop. Directo	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Bomba de alimentación para calderas	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Bombas hidráulicas	0-2.25	2.25-3.60	3.60	5.40
MAQUINAS HERRAMIENTAS				
Motor	0-1.17	1.17-1.80	1.80	2.70
Entrada de la caja de engranaje	0-1.80	1.80-2.70	2.70	4.05
Salida de la caja de engranaje	0-1.17	1.17-1.80	1.80	2.70
Husillos- operaciones de desbastamiento	0-0.72	0.72-1.17	1.17	1.80
Husillos- acabado	0-0.45	0.45-0.72	0.72	1.17
Husillos- maquinado critico	0-0.27	0.27-0.45	0.45	0.72

Fuente: Asociación Técnica Charlotte

En referencia a la tabla anterior, dichos rangos serán aplicados en máquinas que no estén montadas en aisladores de vibración. Consecuentemente, en los niveles globales, las alarmas uno y dos se aplican en máquinas de servicio exclusivamente, estas son operadas desde algún tiempo posterior a su instalación inicial o reparación. Adicionalmente, no se aplican en máquinas reconstruidas.

2.5 Normativa para análisis de espectros

La siguiente normativa se toma como referencia para el presente trabajo de titulación siendo las principales que relacionan al análisis de vibraciones, en el cual se dictan las directrices para un estudio en elementos móviles.

Tabla rathbone

Se representa en la tabla Rathbone, que fe creada por el autor con el mismo nombre en el año 1939, en el cual contrasta la velocidad general de vibración con varios grados de suavidad de la máquina y las frecuencias respectivamente.

Tabla 2-2. Tabla: Norma Rathbone

Condición de operación de la Máquina	Velocidad de Vibración General
Muy Ruda	0.628 pps pico
Ruda	0.314 pps pico
Ligeramente ruda	0.157 pps pico
Regular	0.0785 pps pico
Buena	0.0392 pps pico
Muy buena	0.0196 pps pico
Suave	0.0098 pps pico
Muy suave	0.0049 pps pico

Fuente: (Avila, y otros, 2004)

Según la Norma ISO 10816-3, esta norma es la fuente que proporciona lineamientos para la evaluación de vibraciones en una máquina a través de medidas en partes no rotativas, con la aplicación de procedimientos y condiciones que pueden ser la monitorización operacional y las pruebas para que de alguna manera se pueda garantizar el funcionamiento correcto de una máquina.

2.5.1 Norma ISO 2372

La norma ISO 2372 es la cual facilita guías para aceptación de la holgura de vibración, para maquinaria rotativa que opera en un rango de 600 hasta 12000 RPM. En esta norma se encuentra los niveles de velocidad adecuados de vibración en lugar de niveles espectrales. La norma ISO 2372 delimitada los límites de la velocidad en la cual oscila los niveles de vibración su base principal se encuentra en los caballos vapor de la máquina y cubre un rango de frecuencias desde 10 Hz hasta 1000 Hz.

2.5.2 Partes de la norma ISO 10816-3

La Norma está dada en 5 partes;

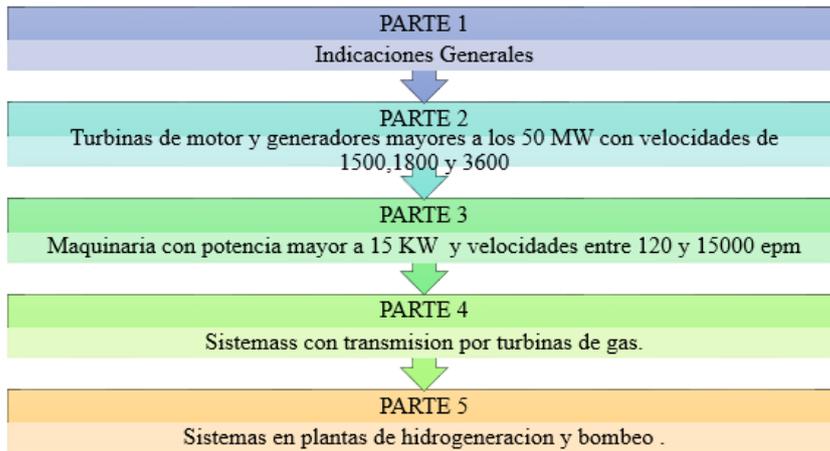


Figura 23-2. Partes de la Norma ISO 10816-3

Fuente: (Avila, y otros, 2004)

La Norma ISO 10816-3 indica que las mediciones necesariamente deben ejecutarse en temperaturas de trabajo, cuya consideración principal es la condición normal en lo que se refiere a velocidad, flujo, precisión y voltaje. Por lo tanto, se debe considerar si las vibraciones exceden a los criterios permitidos, la medición se realiza con la maquina en estado de reposo para determinar la influencia de mediciones externas, por tanto, si la maquina pasa del veinte y cinco por ciento de vibración en la máquina de operación la maquina se somete a correcciones inmediatas.

Clasificación de la severidad:

La severidad se clasifica en base a diferentes factores, estos pueden ser: considerado el tipo de máquina, flexibilidad del soporte y potencia o altura del eje.

o Tipo de máquina, potencia o altura del eje

Básicamente, en esta clasificación se considera varios diseños de máquinas, por consiguiente, es necesario que se divida en los siguientes Grupos

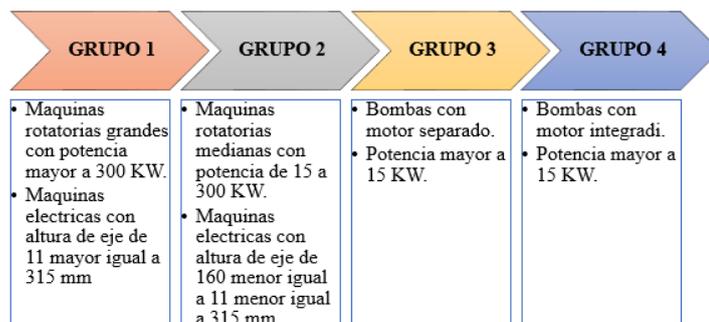


Figura 24-2. Clasificación de severidad por tipo de máquina, potencia o altura del eje

Fuente: (Avila, y otros, 2004)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

o Flexibilidad del soporte

Un factor preponderante es la identificación de la flexibilidad del soporte puede definirse en 4 zonas, en cada una de estas pueden operar las máquinas y sus líneas de acción, así como a continuación se detalla:

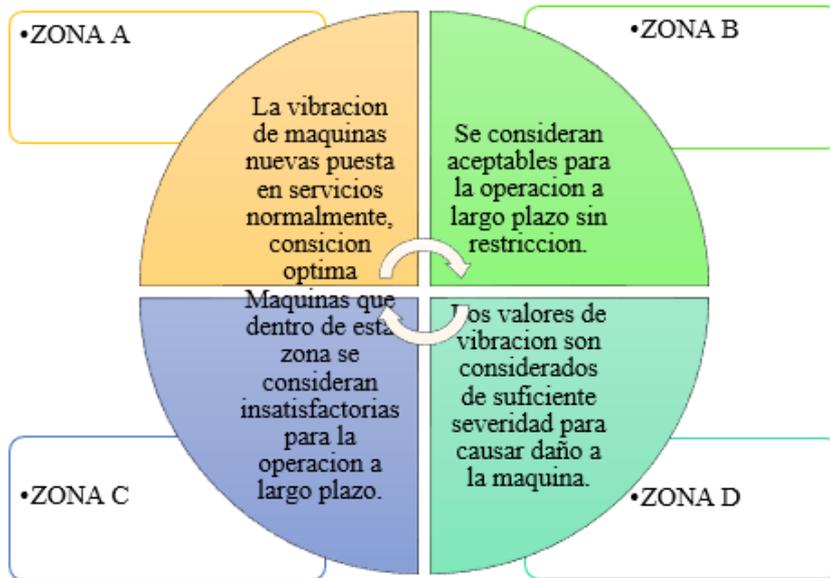


Figura 25-2. Flexibilidad del soporte (clasificación de las maquinas)

Fuente: (Avila, y otros, 2004)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

La norma ISO 10816-3 establece que particularmente se debe identificar dos tipos de máquinas, para esta clasificación como sigue a continuación:

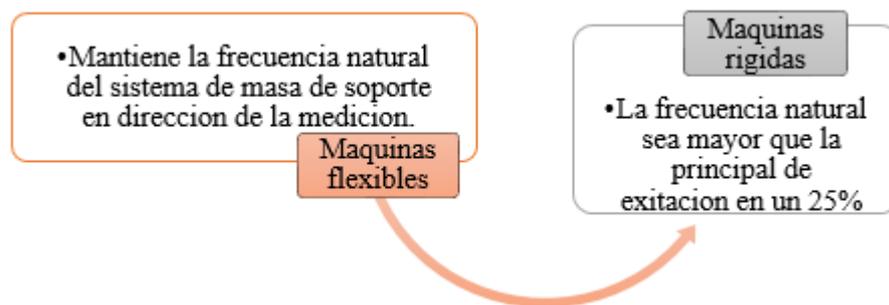


Figura 26-2. Flexibilidad del soporte (clasificación de las maquinas)

Fuente: (Avila, y otros, 2004)

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

Además, la Norma 10 816.3 proporciona la tabla para vibraciones de desplazamiento, misma menciona parámetros de medición, para ello, se detalla a continuación:

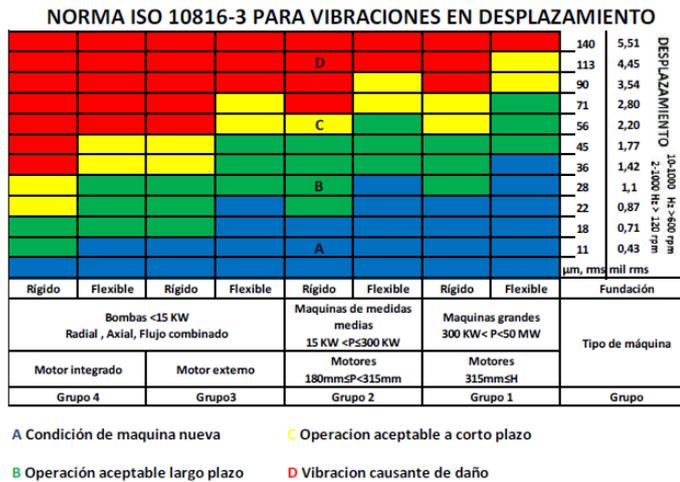


Figura 27-2. Vibraciones de desplazamiento
Fuente: Norma ISO 10816-3- Vibraciones mecánicas

De la misma manera la Norma 10 816.3 indica las vibraciones de velocidad, considerando diversos parámetros como por ejemplo el tipo de máquina, sus grupos.

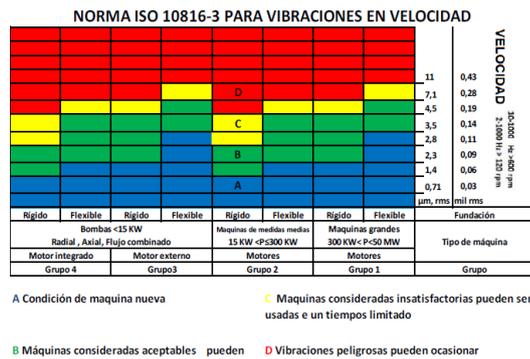


Figura 28-2. Vibraciones de velocidad
Fuente: Norma ISO 10816-3- Vibraciones mecánicas

2.6 Trenes de potencia posterior

Los trenes de potencia es el que se encarga de transmitir la potencia generada por el motor hacia los mandos finales y las ruedas para que las diferentes maquinas se puedan desplazar.

En este sentido, la potencia que parte desde el motor a diésel es enviada por el volante al Convertidor de Torque, el eje de salida del convertidor de torque que está unido al eje de entrada de la transmisión, el eje de salida de la transmisión está conectado a los engranajes de transferencia. La caja de engranajes de transferencia transmite la potencia a los ejes delantero y posterior, terminando en los mandos finales.

2.6.1 Funciones del tren de fuerza

Actualmente, el tren de potencia transfiere potencia desde el volante de un motor hacia las ruedas para de esta manera propulsar la máquina. Sin embargo, el tren de potencia hace más que eso. En otras palabras, en el caso de que un motor es acoplado directamente a las ruedas del vehículo, el vehículo funcionaría constantemente a la velocidad del motor.

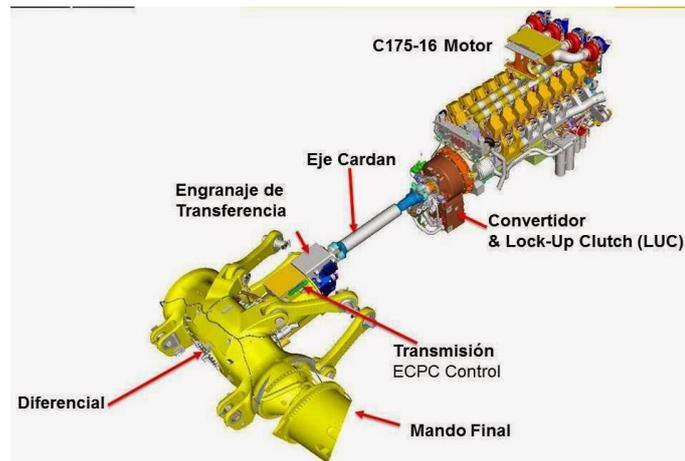


Figura 29-2. Estructura Tren de potencia

Fuente: (García, 2015)

En la figura que antecede se da a conocer los componentes de un tren de potencia.

2.7 Mantenimiento preventivo.

(Rao, 2013), menciona que el mantenimiento tiene alguna consideración, primero se ejecuta a intervalos fijos como por ejemplo cada 5000 horas de trabajo, o una vez al año. Generalmente, los intervalos de mantenimiento con la ayuda de la estadística se determinan por la experiencia pasada.

Sin embargo, el método planteado reduce la probabilidad de descomposturas o daños inesperados, en este sentido se ha determinado que no es económico. Por tanto, la detención para mantenimiento implica a más del tiempo improductivo, también un alto riesgo de introducir imperfecciones ocasionados por el factor más importante como son errores humanos. Consecuentemente, la probabilidad de falla del componente de una máquina no puede minimizarse así se haya desgastado de manera normal y se ha reemplazado con uno nuevo.

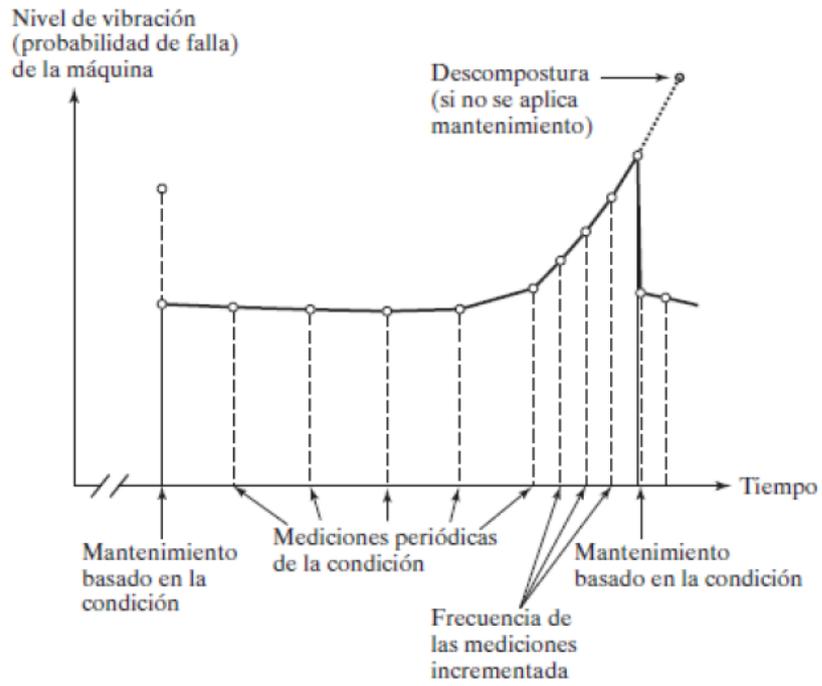


Figura 30-2.: Mantenimiento preventivo

Fuente: (García, 2015)

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque

El presente trabajo de investigación se encuentra guiado por un enfoque mixto, el cual de acuerdo con (Hernández, y otros, 2006) es un proceso que recolecta analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema.

En efecto, y por ideologías de autores la presente investigación emplea un enfoque predominantemente cualitativo por tal razón su propósito principal consiste en analizar la problemática tal y como la reflejan en los actores implicados en su contexto mediante la utilización de instrumentos cuantitativos de medición y evaluación de vibraciones de las crucetas de trenes posteriores.

3.2 Modalidad de la Investigación

De acuerdo con Álvarez, (2012) la investigación de campo se presenta mediante la manipulación de una variable externa no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causas se produce una situación o acontecimiento particular; en otras palabras, es aquella que implica el contacto directo del investigador con los sujetos involucrados a fin de obtener información relevante sobre la problemática.

En este caso, de investigación se procede a realizar evaluaciones de vibraciones en el sistema de crucetas en trenes posteriores y sus datos serán interpretados y estudiados de manera particular.

En este sentido para la ejecución de la presente investigación utilizó las siguientes modalidades:

- **Investigación Bibliográfica o Documental**

Según los autores Herrera, Medina, & Naranjo, (2010) la investigación documental emplea registros gráficos y sonoros como fuentes de información. Indudablemente, el objetivo de este tipo de investigación está centrado fundamentalmente en la recopilación de las fuentes de información que puedan aportar información sobre la realidad estudiada.

Para el caso del presente proyecto, la investigación bibliográfica se ha desarrollado mediante la revisión de toda la información secundaria que pueda aportar de manera explícita a la problemática, es decir, la lectura de libros, folletos, revistas, investigación e internet, referente al diagnóstico de crucetas a través del análisis de vibraciones en trenes de potencia posterior y su contribución al mantenimiento predictivo; las cuales permitirán obtener mayor conocimiento acerca del problema objeto de estudio.

Por tanto, la investigación se ha ejecutado principalmente mediante la revisión de documentos de tipo escrito tales como leyes, reglamentos, libros, periódicos, revistas, estudios y proyectos relacionados con las variables del problema.

3.2 Tipos de investigación

En el desarrollo de la presente investigación se aplicarán los siguientes tipos:

- **Investigación Exploratoria.**

Es importante mencionar que se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes (Namakforoosh, 2005). Es por ello que, dentro de este nivel se ha procedido a examinar el problema mediante el análisis de la bibliografía existente.

- **Investigación Descriptiva.**

Una vez concluido el aspecto exploratorio, se ha continuado con una investigación de tipo descriptiva, la cual de acuerdo con (Hernández, y otros, 2006) busca especificar las propiedades más imprescindibles de las personas, comunidades, grupos, sociedades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Es decir, en este nivel investigativo se ha buscado describir las propiedades, características, y aspectos más sobresalientes relacionados a la problemática en estudio.

- **Investigación Correlacional.**

En este tipo de investigación se persigue fundamentalmente determinar el grado en el cual las variaciones en uno o varios factores son concomitantes con la variación en otro u otros factores (Avila, y otros, 2004). Es este el caso de estudio que presenta el mantenimiento predictivo y el análisis de vibraciones en crucetas.

En este sentido la utilidad de este tipo de investigación es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas.

3.3 Identificación de variables

3.3.1 Variable independiente

Mantenimiento Predictivo.

3.3.2 Variable dependiente

Análisis de vibraciones en crucetas.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 1-3. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Variables	Conceptualización	Indicadores	Índices	Técnicas	Instrumentos
¿La presente investigación permitirá realizar un estudio de vibraciones de crucetas en trenes de potencia de vehículos facilitando así el proceso de diagnóstico a ejecutar en fallas referentes a la transmisión de potencia.?	Variable Independiente Análisis de vibraciones en crucetas	Componentes que se ve sometido a un soporte mayor en el sistema de transmisión de fuerza en un vehículo.	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de análisis • Espectros • Simulador de fallas 	<ul style="list-style-type: none"> • Características de servicios • Acelerómetros • Sintomatología 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Investigación • Investigación 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de observación • Cuadros comparativos
	Variable Dependiente Mantenimiento predictivo	Probabilidad de falla del componente de la cruceta y no puede reducir así se haya reemplazado con uno nuevo durante el periodo de desgaste normal.	<ul style="list-style-type: none"> • Modo de falla • Rendimiento • Desgaste 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad en el sistema • Cantidad de fallas/sistema • Unidades afectadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Investigación • Investigación 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de observación • Cuadros comparativos

Elaborado por: Peralta Gabriel, 2019

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

4.1 Características del Equipo de medición VIBRACHEK



Figura 1-4. vibrachek

Fuente: Manual de usuario VIBRACHECK ABG-200, Idear, 2004

En cuanto a la licencias de VIBRACHECK ABG-200. Tres softwares que se complementan recíprocamente para así brindar múltiples aplicaciones para complementar el funcionamiento del equipo tiene incorporado la licencia lo que permite a sus usuarios incrementar el alcance de las aplicaciones en el campo industrial y principalmente en el campo automotriz.

MAINTraqPredictive. Para mantenimiento predictivo desde donde se pueden cargar las rutas, ver las tendencias, el estado de máquinas y realizar análisis de vibraciones.

MAINTraqAnalyzer. Para análisis de arranques y paradas de máquinas, grabaciones de hasta 12 horas de las vibraciones, Bump test, Mediciones de desde todo tipo de sensores dinámicos ofreciendo (Espectros, Formas de onda, Orbitas, Espectros cruzados, Coherencia, Diagrama polar, Diagrama de Bode, Análisis de fase, Cascada de espectros en función de RPM.

MAINTraq Balance. Permite balancear en línea. Con sensores de VIBRACHECK ABG200, acelerómetros de 100 mV/g o 500 mV/g, sensores de proximidad de no contacto, sensores de velocidad, y otros sensores con unidades configurables y racks de monitoreo continuo.

Figura 2-4. Beneficios de MAINTraq

Fuente: (Educarex, 2016)

Entre los principales beneficios de VIBRACHECK ABG200 se tiene que es un equipo con

múltiples funciones aplicativas por ende es muy completo y sus aplicaciones para contribuir al mantenimiento predictivo en máquinas rotativas por lo que a continuación se menciona los principales.

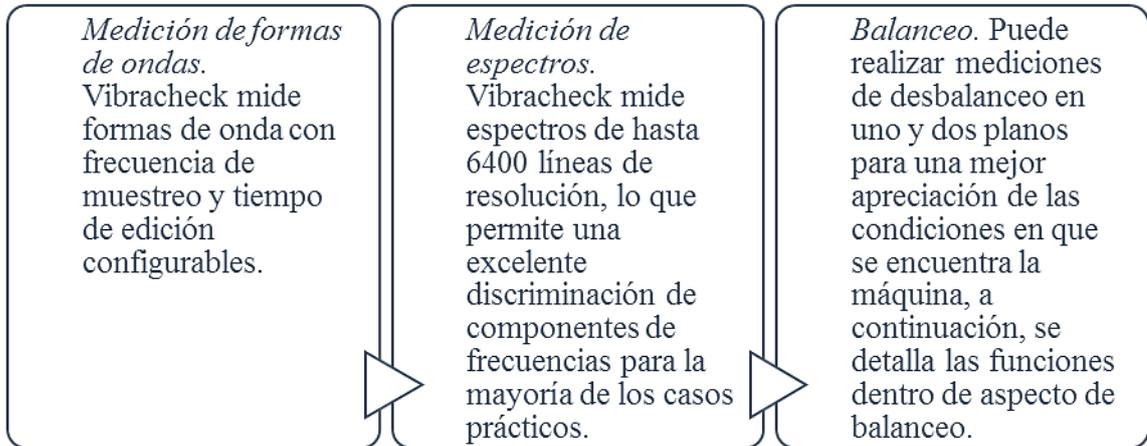


Figura 3-4. Aplicación VIBRACHECK ABG200

Fuente: (Educarex, 2016)

Verificador de rodamientos. Vibracheck evalúa el estado de rodamientos a partir de las RPM, diámetro del eje y del nivel de aceleración envolvente medido, Vibracheck indica si un rodamiento está funcionando bien, regular o mal.

Determinación del estado vibratorio. Vibracheck evalúa el nivel de vibraciones medidas e indica el estado resultante de acuerdo a las recomendaciones de la norma ISO 10816-3. Todo lo que se requiere para conocer el estado vibratorio es ingresar la potencia de la máquina, el tipo de base rígida o flexible y las RPM para que Vibracheck indique si el nivel de vibraciones es aceptable, regular o inaceptable.

Comunicación. Vibracheck permite descargar los datos rápidamente por USB. Estos equipos aplican el análisis de la transformada rápida de Fourier para descomponer la señal periódica en sus componentes a diferentes frecuencias, generando lo que se llama un espectro de vibración.

Evaluación. Pueden evaluar el espectro “en tiempo real” (como una foto) o “en estado estable” (en un lapso). Actualmente tienen colectores de la señal vibratoria que luego alimentan la información al equipo, generan figuras en displays de cristal líquido o impresos.

Sincronización. Pueden trabajar intercomunicados a una computadora, hacer comparaciones de tendencias (de niveles off y componentes armónicas). Fijar alarmas y hacer proyecciones que reporten daños futuros según las tendencias.

Informes. *Entregan reportes sobre las posibles causas del problema vibratorio, tienen posibilidad de guardar en memoria las mediciones y algunos trabajan con una base de datos que provee información sobre frecuencias de fallas de rodamientos. Generan la estructura de las rutas de medición.*

4.2 Análisis de vibraciones en el sistema de transmisión posterior

En la normativa ISO 10816-3 Mechanical vibration, Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts, se encuentran los parámetros para la evaluación de acuerdo a estos se realiza e análisis de vibraciones mecánicas: evaluación de la vibración de la maquina mediante medidores en piezas no giratorias.

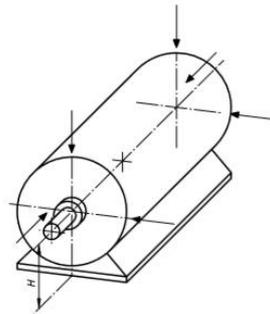


Figura 4-4: Puntos de aplicación para la toma de mediciones de un análisis de vibraciones

Fuente: ISO 10816-3 Mechanical vibration.

Para esto es necesario precisar que el Sistema de transmisión emita una cierta vibración de manera natural para saber el estado, sea este bueno o malo, las vibraciones estudiadas se alteran conforme a una o varias fallas que aparecen en cierto periodo de tiempo, ya sea por su desuso o uso de estos, los cuales generan un desgaste en sus elementos internos producto de esto aparecen problemas en varios puntos del sistema de transmisión cardan.



Figura 5-4. Sistema de transmisión posterior Cardan

Fuente: Peralta Gabriel, 2019

4.2.1 Condiciones iniciales de la prueba.

Para empezar con la toma de datos para el análisis es necesario determinar el estado del sistema de transmisión del cardan realizando una inspección del estado de sus crucetas las cuales posteriormente se las ara trabajar en funcionamiento estable. Se verifica que no existan ruidos y se toma las mediciones.

4.2.2 Análisis de la situación en condiciones normales.

Es necesario realizar una pesa de metal cubicas de 1 plg x 1 plg. Ya que en la parte media del cardan no existe el espacio necesario para colocar el acelerómetro y tomar los datos con el vibrachek.

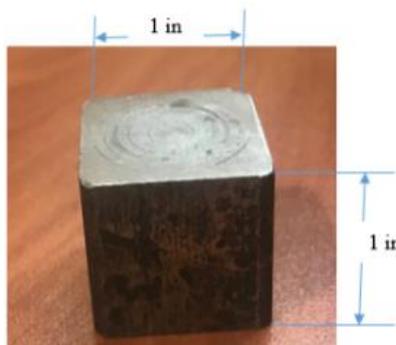


Figura 6-4. Pesa de metal cubica

Fuente: Peralta Gabriel, 2019

a) Medidas de la pesa cubica

1pulgada x 1 pulgada

b) Procedimiento para realizar la masa

Con ayuda de una pega epóxica procedo a unir la pesa cubica en el puente de anclaje medio en el cardan. Con el acople de esta pesa en el punto medio me facilita la toma de datos en el punto 2 del sistema, garantizándome obtener una medición correcta y más exacta.



Figura 7-4.: Junta de la pesa cubica en el puente de anclaje medio del cardan

Fuente: Peralta Gabriel, 2019

4.2.3 Fallas.

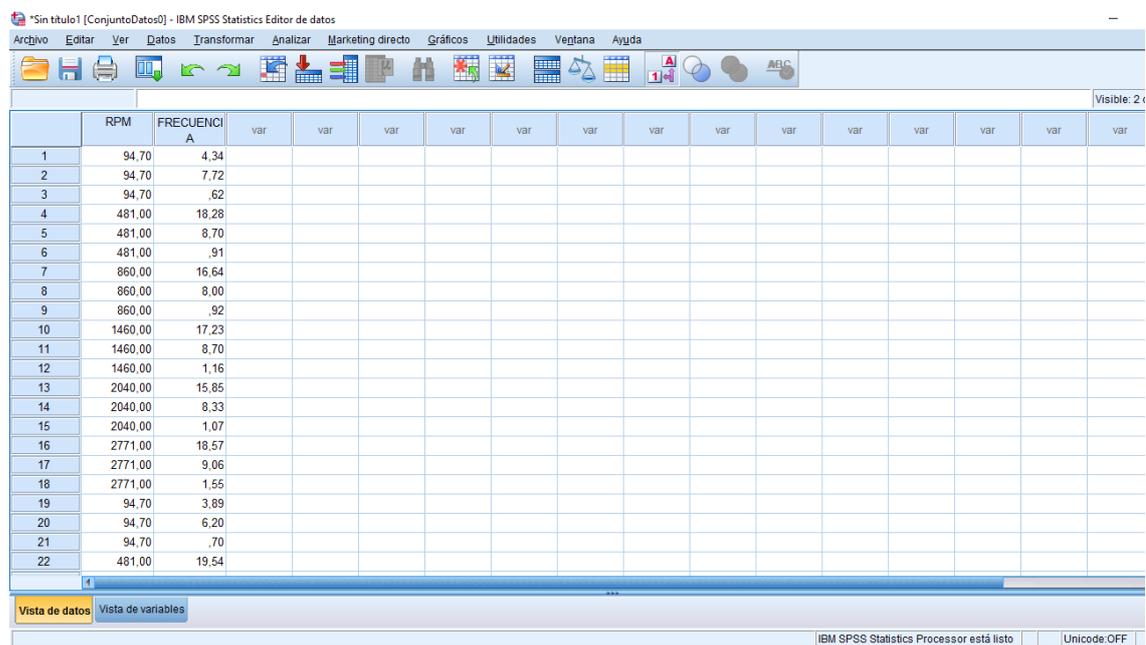
Las crucetas de cardan son pieza indispensable para un correcto desempeño ante los cambios de altura a los que se desplaza el automóvil. Estos acoples se encuentran dispuestos al final de la barra de transmisión y permite que los cambios de altura que ocurren en el vehículo brinden una suave transmisión de la potencia hacia el diferencial.

Este gran trabajo al que es sometido las crucetas con el abuso de tiempo de trabajo provoca en desgaste en las mismas, consecuencia de esto podemos llegar a tener desalineamientos, holguras mecánicas y descentramientos todo esto nos llevara a tener fuertes ruidos a nivel del este sistema acompañado de fuertes vibraciones en las barras que componen el sistema de transmisión.

4.3 Análisis de confiabilidad de datos

A continuación, se procede a la utilización del software SPSS para el análisis de confiabilidad de datos:

Análisis de fiabilidad de datos de las crucetas de cardan



The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos interface. The main window displays a data entry table with the following data:

	RPM	FRECUENCIA A	var													
1	94,70	4,34														
2	94,70	7,72														
3	94,70	,62														
4	481,00	18,28														
5	481,00	8,70														
6	481,00	,91														
7	860,00	16,64														
8	860,00	8,00														
9	860,00	,92														
10	1460,00	17,23														
11	1460,00	8,70														
12	1460,00	1,16														
13	2040,00	15,85														
14	2040,00	8,33														
15	2040,00	1,07														
16	2771,00	18,57														
17	2771,00	9,06														
18	2771,00	1,55														
19	94,70	3,89														
20	94,70	6,20														
21	94,70	,70														
22	481,00	19,54														

Figura 8-4. Inserción de Datos en SPSS

Fuente Peralta Gabriel, 2019

Los datos extraídos en la experimentación son utilizados en el estudio, lo cual determina el nivel de aceptación y de fiabilidad de los resultados y determinara su utilidad para el análisis. Para obtener la fiabilidad de los datos se estudian por medio de la consistencia interna es el método Alfa de Cronbach, para lo cual es determinante la aplicación del software estadístico SPSS.

Alfa de Cronbach es un coeficiente que ayuda a medir la fiabilidad de una escala media.

Alfa de Cronbach recomienda considerar los siguientes criterios para la evaluación de los coeficientes:

Excelente	Bueno	Aceptable	Cuestionable	Pobre	Inaceptable
• Coeficiente alfa >0.9	• Coeficiente alfa >0.8	• Coeficiente alfa >0.7	• Coeficiente alfa >0.6	• Coeficiente alfa >0.5	• Coeficiente alfa >0.4

Figura 9-4. Coeficientes alfa de Cronbach

Fuente: (Herrera, y otros, 2010)

El análisis de la confiabilidad de los datos se realiza en el Software SPSS, el listado de resultados de las pruebas realizadas se encuentra en el Anexo 1.

Tabla 1-4. Resumen de procesamiento de casos.

		N	%
Casos	Válido	126	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	126	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Tabla 2-4. Estadística de fiabilidad.

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
1,000	1,000	2

Fuente: Software SPSS

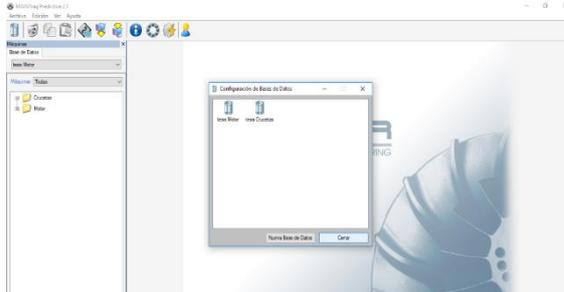
El estadístico de prueba alfa de Cronbach es mayor a 0,9 lo que demuestra que los datos analizados son excelentes.

4.4 Instrumento de medición

4.4.1 Configuración de la ruta de medición

Paso número 1

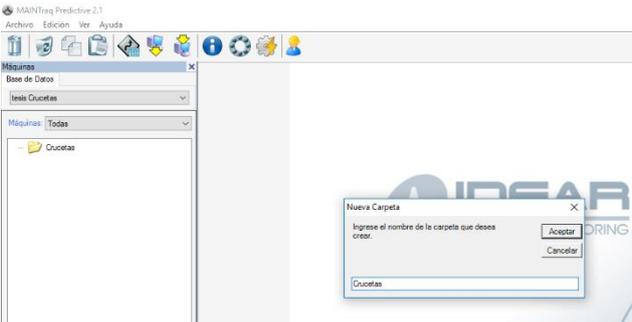
Tabla 3-4. Creación de la base de datos

<i>Paso 1.</i>	Descripción
<p>Se ejecuta el programa desde el escritorio, seleccionar el ícono CONFIGURACIÓN BASE DE DATOS, se desplaza una ventana donde se selecciona la opción de insertar un nombre cualquiera (nombre de rodamiento) con el cual se va a identificar la base de datos.</p>	

Fuente: Software MAINTraQPredictive

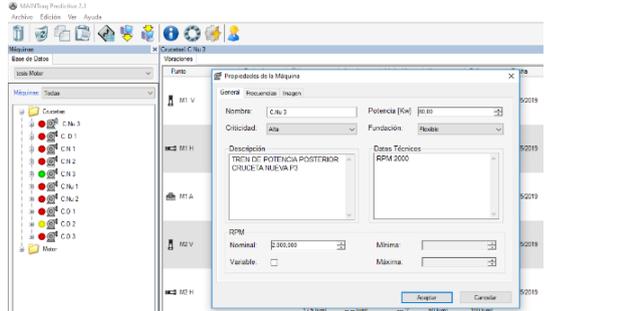
Paso número 2

Tabla 4-4. Configuración de la base de datos (paso 2).

<i>Paso 2.</i>	Descripción
<p>Una vez generado el nombre de la carpeta matriz aparece en la lista del software, luego se crea una carpeta dentro de la matriz al presionar clic derecho del mouse, seleccionar nueva carpeta y se desplazara la ventana de diálogo que se muestra en la imagen, con el fin de definir el proceso y áreas según la necesidad.</p>	

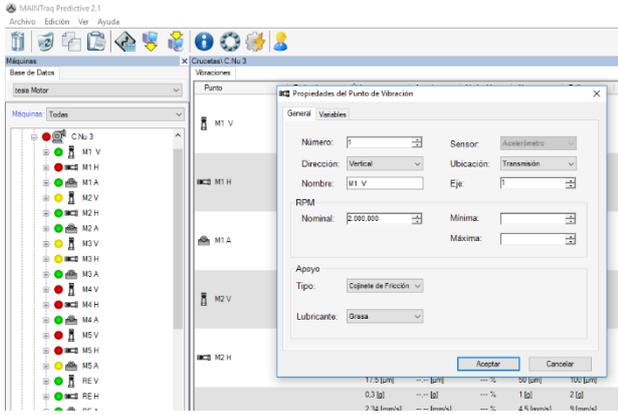
Fuente: Software MAINTraQPredictive

Tabla 5-4. Configuración de la base de datos (paso 3).

<i>Paso 3.</i>	Descripción
<p>Se ubica dentro de la carpeta deseada, en este caso cruceetas, se presiona clic derecho, opción nueva máquina donde se despliega una ventana mostrada en la imagen para llenar los datos e imagen de la máquina.</p>	

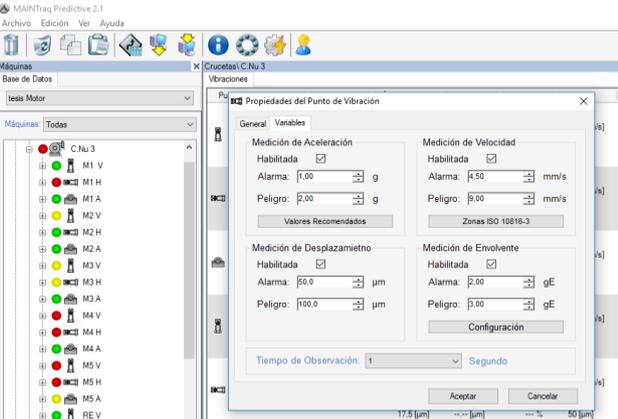
Fuente: Software MAINTraQPredictive

Tabla 6-4. Configuración de la base de datos (paso 4).

Paso 4.	Descripción
<p>Se procede a configurar los puntos de medición en las tres direcciones (2 radiales y 1 axial), para esto dar clic derecho en la máquina creada, se desplegará una ventana como la que se muestra en la imagen donde se ingresa los datos que requiere el software para crear el punto de medición y también permite configurar los niveles de alarma, peligro y demás variables que se desea obtener en la inspección.</p>	

Fuente: Software MAINTraQPredictive

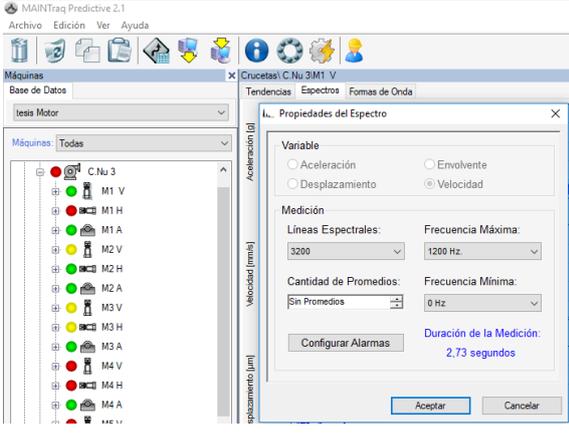
Tabla 7-4. Configuración de la base de datos (paso 5).

Paso 5.	Descripción
<p>Ahora en caso de tener el tipo de rodamiento es muy conveniente registrarlo, para ello se da clic en seleccionar, aquí se navega y se escoge por la designación y se muestra las opciones tanto en la marca FAG y SKF generalmente, finalmente se selecciona uno y se da clic en aceptar.</p>	

Fuente: Software MAINTraQPredictive

Una vez creado los puntos de medición se procede a configurar las variables que se quiere obtener y los parámetros necesarios para obtener un espectro definido y claro como son: frecuencia máxima, líneas espectrales y promedios.

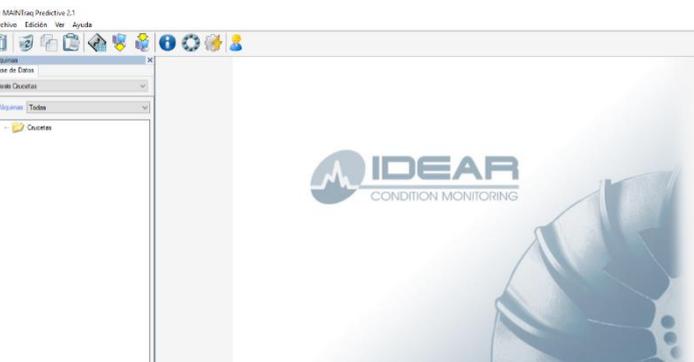
Tabla 8-4. Configuración de la base de datos (paso 6).

Paso 6.	Descripción
<p>Para insertar la variable se escoge entre aceleración, envolvente, desplazamiento o velocidad, ya sea en espectro o forma de onda que se requiera configurar. Luego dar clic derecho en el espectro o forma de onda creada, donde se desplegará una ventana para ingresar los parámetros inicialmente mencionados. Siendo éste el último paso para la configuración de la ruta de medición.</p>	

Fuente: Software MAINTraQPredictive

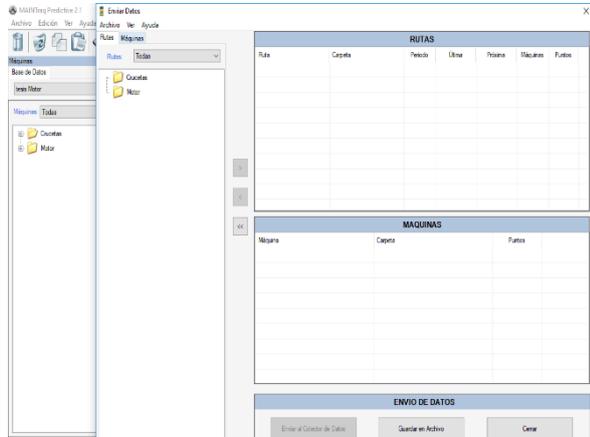
4.5 Recolección de datos

Tabla 9-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 1).

Paso 1.	Descripción
<p>Cargar la ruta hacia el colector de datos de la siguiente manera.</p>	

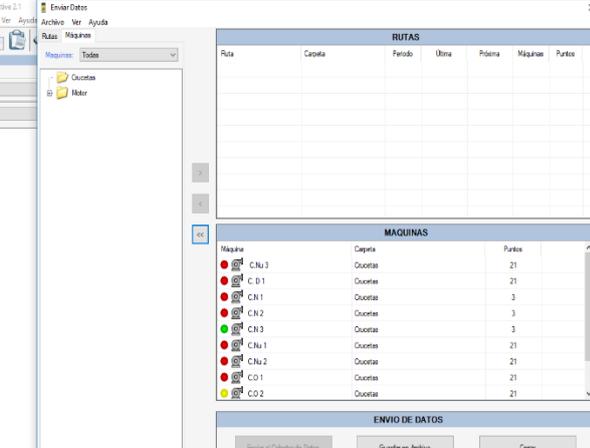
Fuente: Software MAINTraQPredictive.

Tabla 10-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 2).

Paso 2.	Descripción
<p>Se selecciona el ícono de envío de datos y aparece la siguiente ventana donde se selecciona la opción máquinas y luego se despliega las carpetas, que se creó en la base de datos, hasta encontrar las máquinas que se deben transferir al colector de datos.</p>	

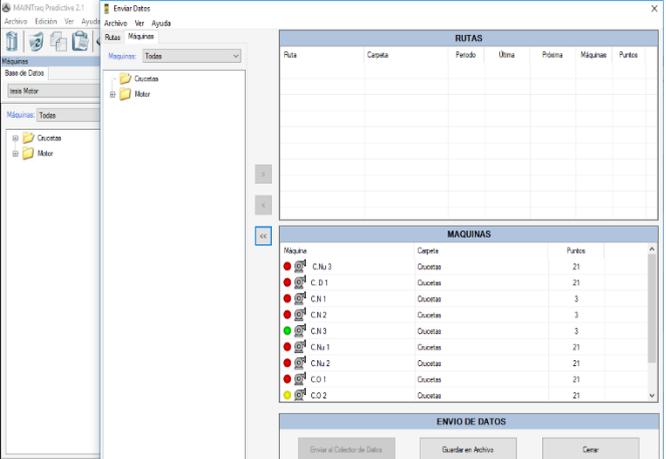
Fuente: Software MAINTraQ Predictive.

Tabla 11-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 3).

Paso 3.	Descripción																														
<p>Se arrastra las máquinas hacia la parte inferior de la ventana, una vez seleccionadas las máquinas se conecta el colector de datos vía USB y se ubica en el ícono comunicación que aparecerá en el display. Se procede a enviar la ruta dando clic en la opción enviar a colector de datos.</p>	 <table border="1" data-bbox="981 1310 1348 1489"> <thead> <tr> <th>Máquina</th> <th>Carpeta</th> <th>Puntos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>C Nu 3</td><td>Cucetas</td><td>21</td></tr> <tr><td>C D 1</td><td>Cucetas</td><td>21</td></tr> <tr><td>C N 1</td><td>Cucetas</td><td>3</td></tr> <tr><td>C N 2</td><td>Cucetas</td><td>3</td></tr> <tr><td>C N 3</td><td>Cucetas</td><td>3</td></tr> <tr><td>C Nu 1</td><td>Cucetas</td><td>21</td></tr> <tr><td>C Nu 2</td><td>Cucetas</td><td>21</td></tr> <tr><td>CO 1</td><td>Cucetas</td><td>21</td></tr> <tr><td>CO 2</td><td>Cucetas</td><td>21</td></tr> </tbody> </table>	Máquina	Carpeta	Puntos	C Nu 3	Cucetas	21	C D 1	Cucetas	21	C N 1	Cucetas	3	C N 2	Cucetas	3	C N 3	Cucetas	3	C Nu 1	Cucetas	21	C Nu 2	Cucetas	21	CO 1	Cucetas	21	CO 2	Cucetas	21
Máquina	Carpeta	Puntos																													
C Nu 3	Cucetas	21																													
C D 1	Cucetas	21																													
C N 1	Cucetas	3																													
C N 2	Cucetas	3																													
C N 3	Cucetas	3																													
C Nu 1	Cucetas	21																													
C Nu 2	Cucetas	21																													
CO 1	Cucetas	21																													
CO 2	Cucetas	21																													

Fuente: Software MAINTraQ Predictive

Tabla12-4. Configuración para transferencia de la base de datos (paso 4).

Paso 4.	Descripción
<p>Cargada la ruta se procede a tomar datos, una vez terminada la toma de datos se descarga en el software mediante el cable USB dando clic en la opción recibir datos. Finalizando transferencia de datos.</p>	

Fuente: Software MAINTraQPredictive

4.6 Modo de fallas Consistentes

Los modos de fallas más comunes que pueden aparecer en las crucetas son crucetas fundidas o quemadas, crucetas fracturadas, estriamientos y crucetas desgastadas en su mayor parte por falta de lubricación o por un deslizamiento inapropiado del yoke y la espiga.

También esos daños pueden darse por cargas excesivas o por un procedimiento inapropiado al momento de instalarlo.

Deficiencias del proceso:

- a) Excesiva acumulación de tierra en los puntos de las crucetas
- b) Excesivo apriete en pernos de sujeción

4.6 Pruebas de cada modo de falla

4.6.1 Condiciones Normales Cruceta N° 1

4.6.1.1 Espectros del punto 1 del sistema transmisión posterior CN V, CN H y CN A, en la variable velocidad usando cruceta usada.

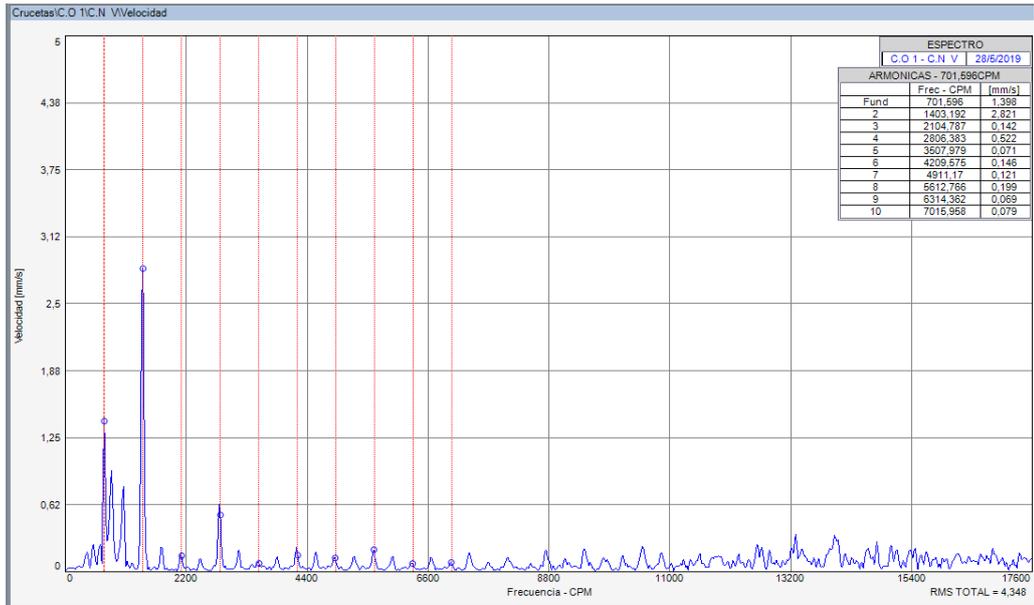


Figura 10-4. Espectro de velocidad variable CN V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

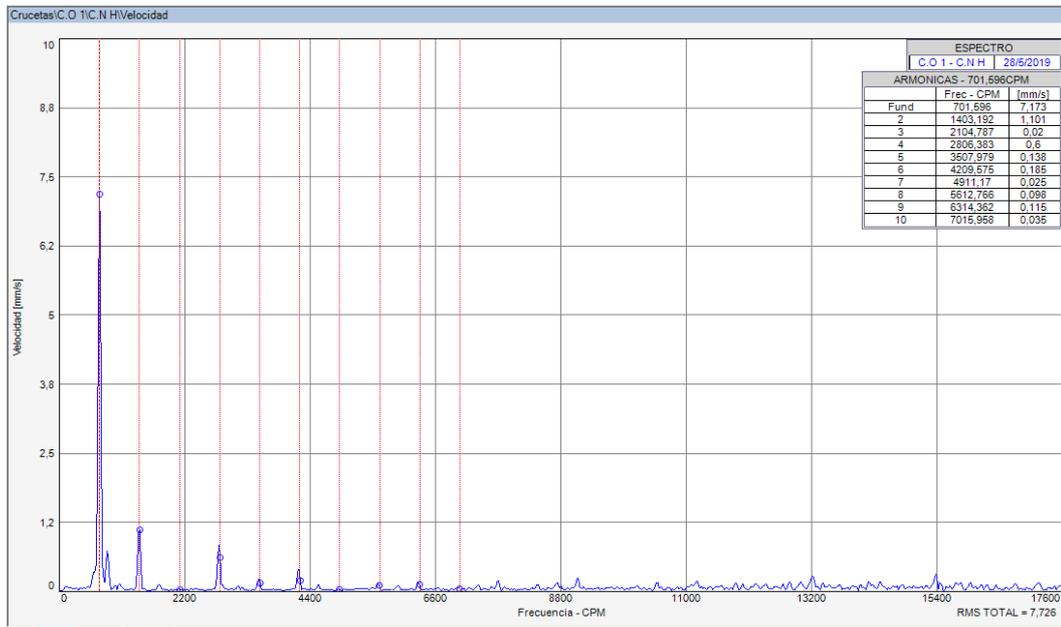


Figura 11-4. Espectro de velocidad variable CN H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

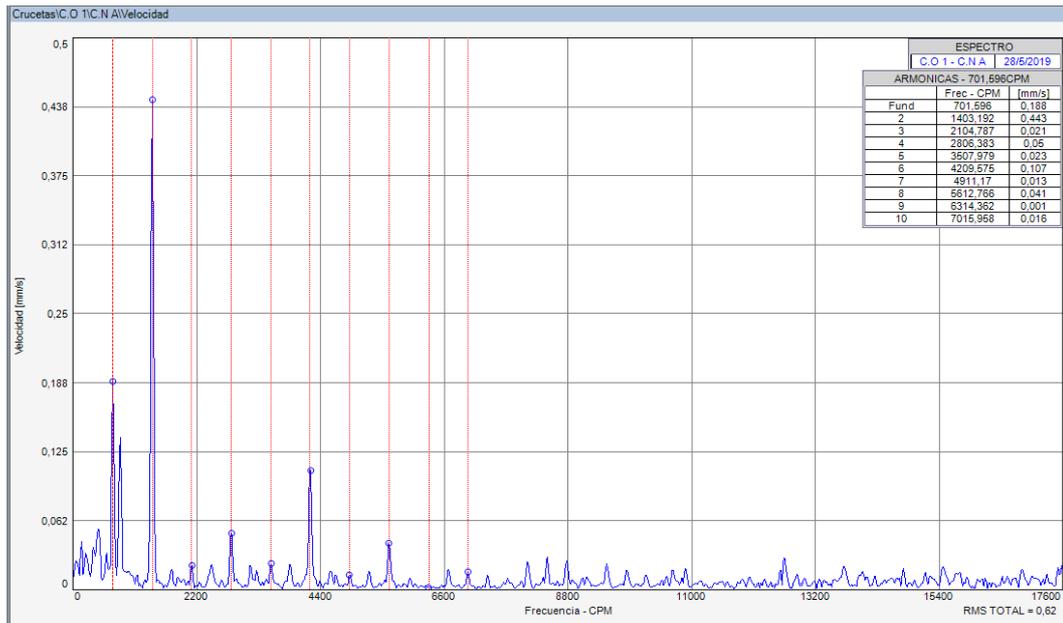


Figura 12-4. Espectro de velocidad variable CN A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 94.7 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CV H con un valor máximo en RMS de 7.7 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio del sistema de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos CN V, CN H y CN A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.1.2 Espectros del punto 1 del sistema transmisión posterior M5 V, M5 H y M5 A, en la variable velocidad usando cruceta usada.

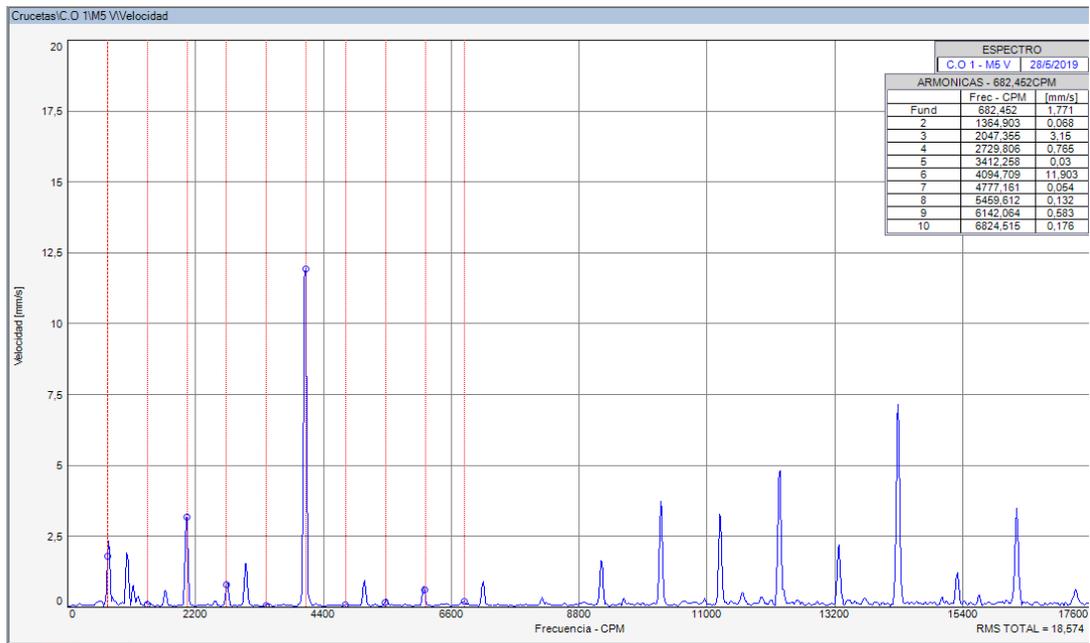


Figura 13-4. Espectro de velocidad variable M5 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

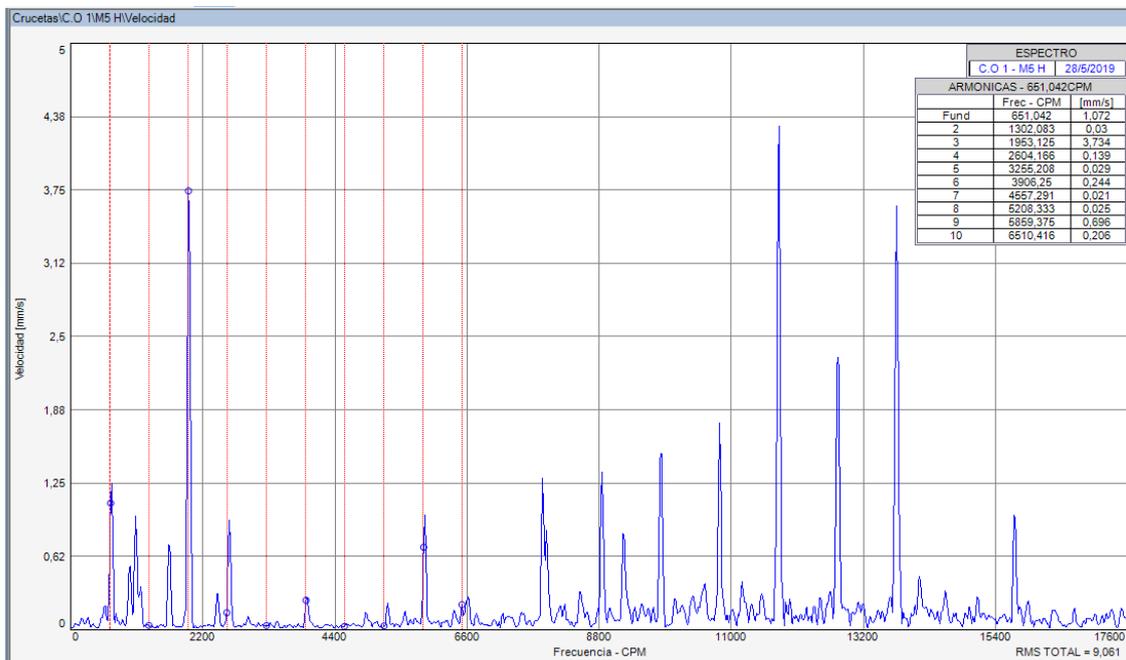


Figura 14-4. Espectro de velocidad variable M5 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

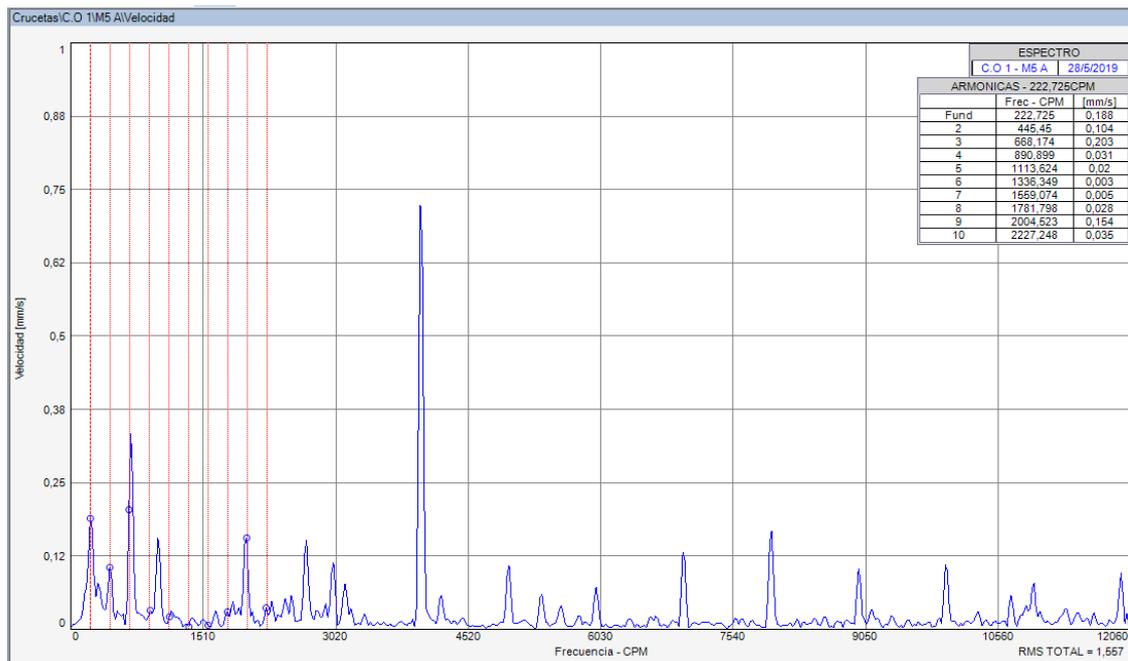


Figura 15-4. Espectro de velocidad variable M5 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M5 V, M5 H y M5 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los tres espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que se encuentra en 5ta marcha y la frecuencia de giro nominal del motor es de 2771 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CV V con un valor máximo en RMS de 18.554 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio del sistema de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos M5 V, M5 H y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.1.3 *Espectros del punto 1 del sistema transmisión posterior M4 V, M2 H y M1 A, en la variable velocidad usando cruceta usada.*

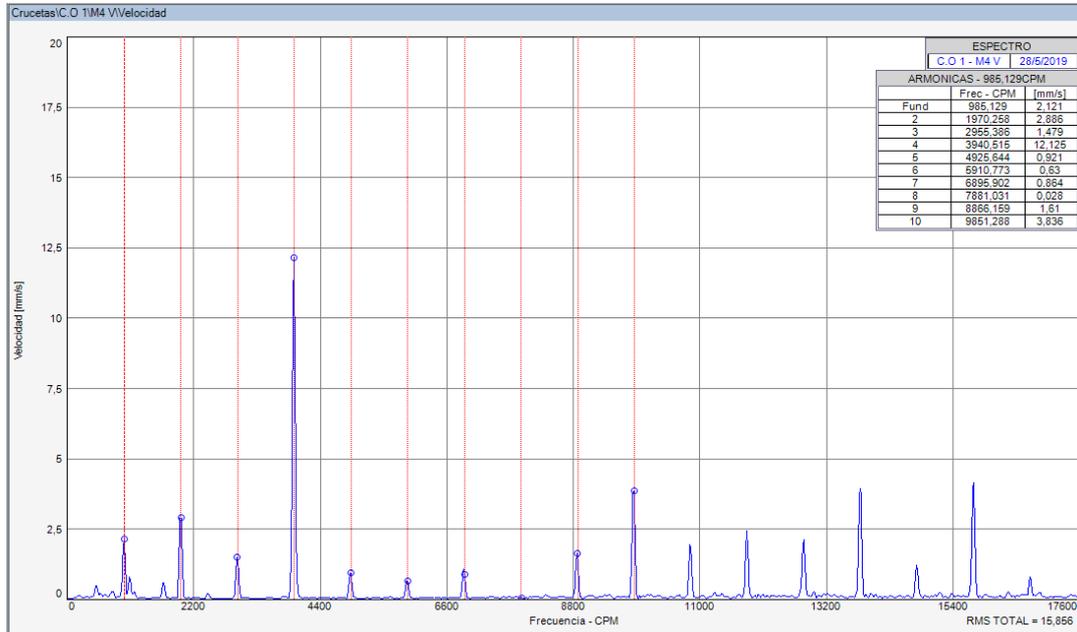


Figura 16-4. Espectro de velocidad variable M 4V
Fuente: Software MAINTraqPredictive

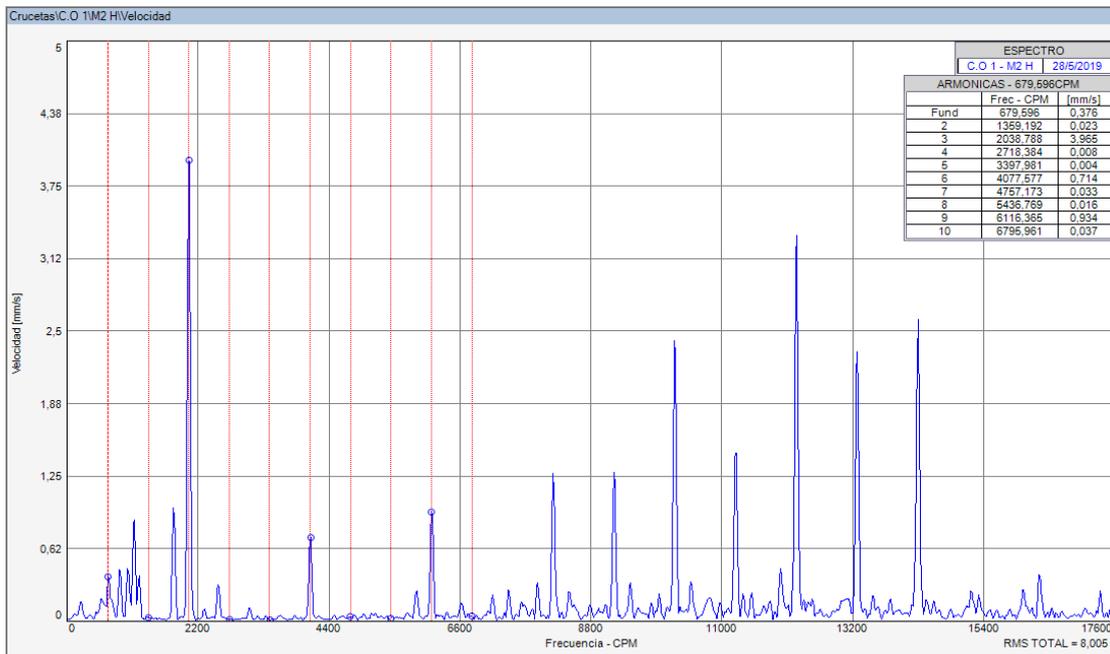


Figura 17-4. Espectro de velocidad variable M2 H
Fuente: Software MAINTraqPredictive

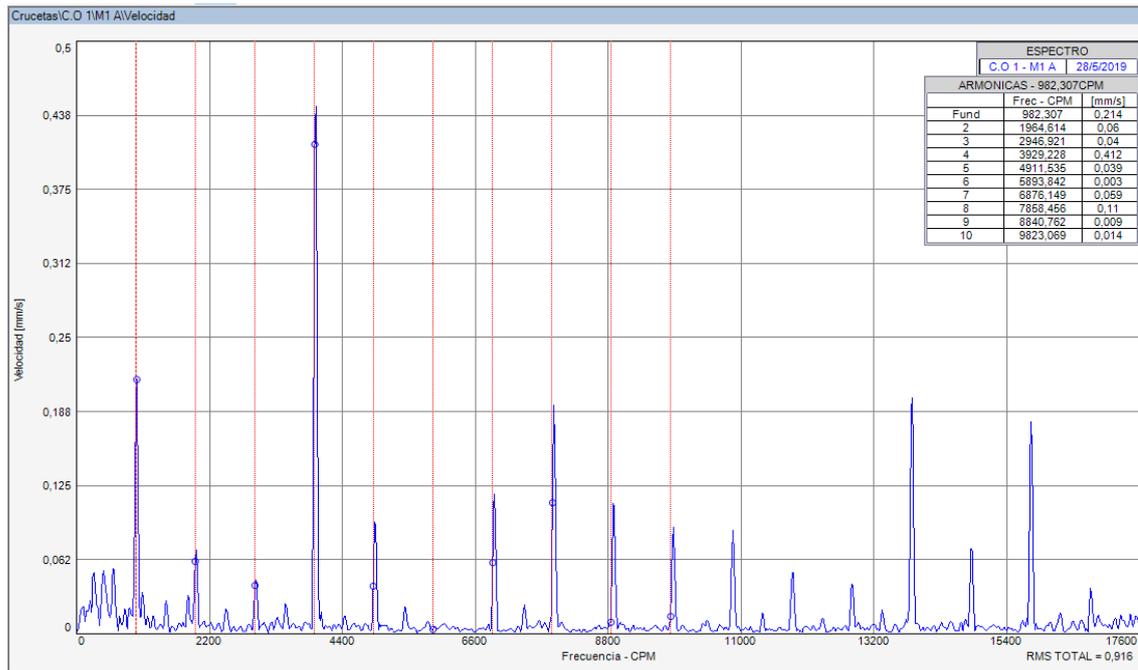


Figura 18-4. Espectro de velocidad variable M1A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M4 V, M2 H y M1 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M4 V, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2040 RPM, para M2 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 860 RPM y para M1 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 481 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M4 H con un valor máximo en RMS de 17.23 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio del sistema de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos M4 V, M2 H y M1 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.2 Condiciones normales punto 2

4.6.2.1 Espectros del punto 2 del sistema transmisión posterior CN V, CN H y CN A, en la variable velocidad usando cruceta usada.

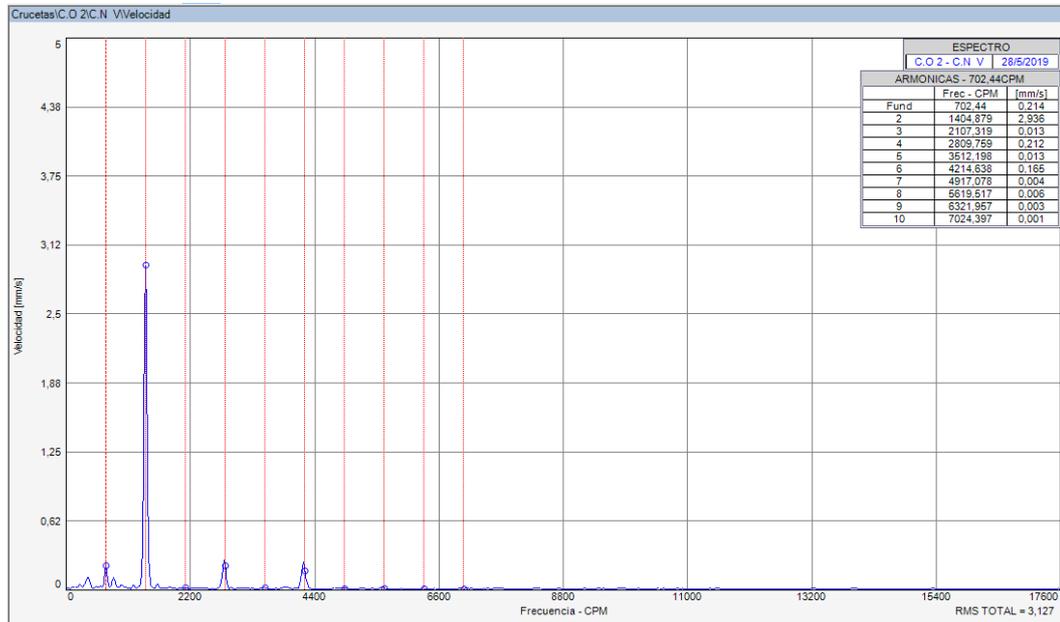


Figura 19-4. Espectro de velocidad variable CN V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

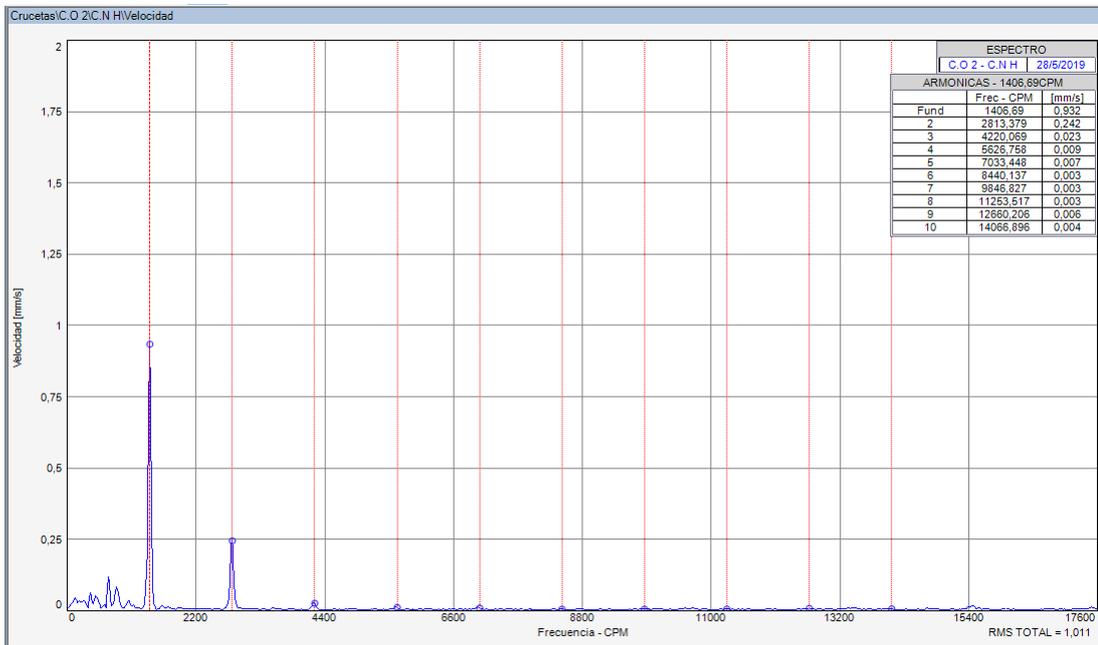


Figura 20-4. Espectro de velocidad variable CN H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

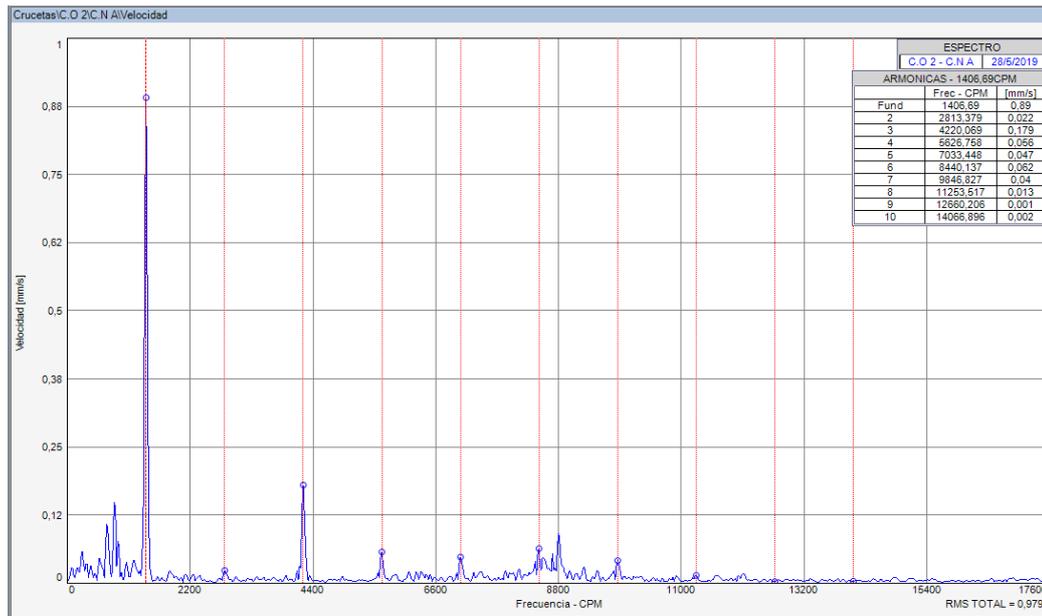


Figura 21-4. Espectro de velocidad variable CN A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 96.0 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CN V con un valor máximo en RMS de 3.12 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos CN V, CN H y CN A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan

4.6.2.2 Espectros del punto 2 del sistema transmisión posterior M1 V, M 1 H y M2 A, en la variable velocidad usando cruceta usada.

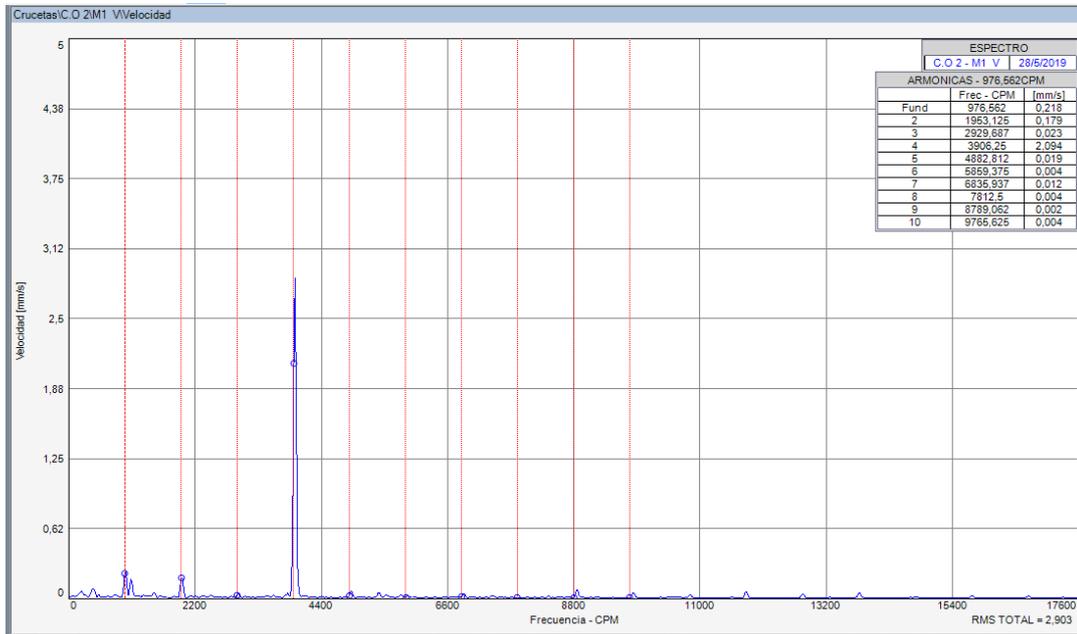


Figura 22-4. Espectro de velocidad variable M1 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

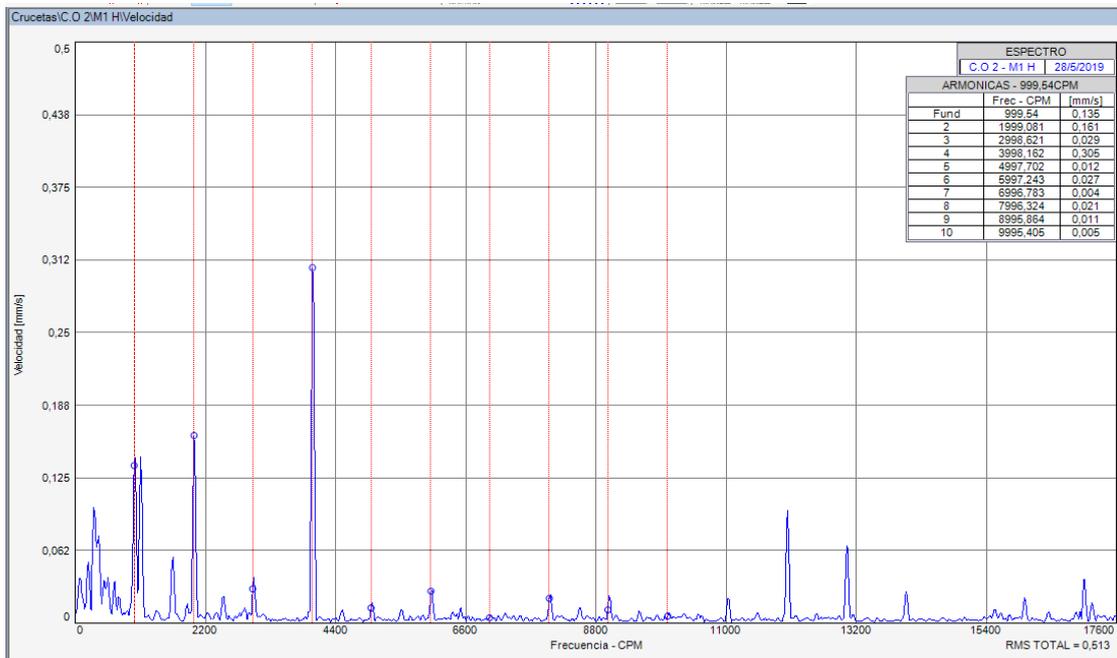


Figura 23-4. Espectro de velocidad variable M1 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

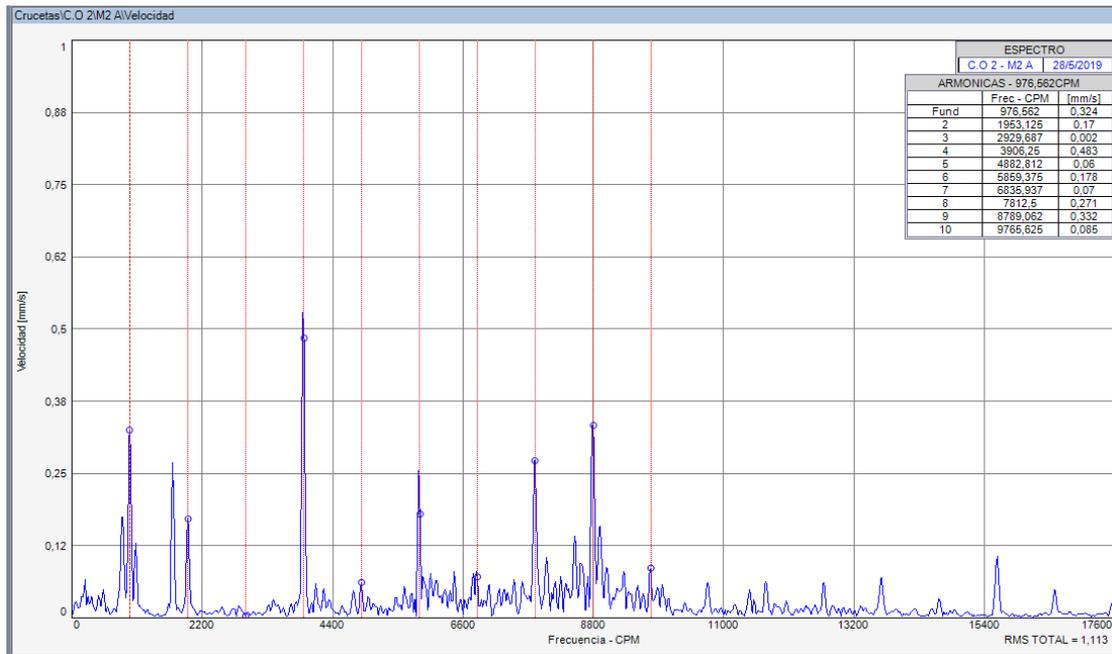


Figura 24-4. Espectro de velocidad variable M2A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M1 V, M1 H y M2 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M1 V, la frecuencia de giro nominal del motor es de 487.6 RPM, para M1 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 487.6 RPM y para M2 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 871 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M2 H con un valor máximo en RMS de 1.11 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos M5 V, M5 y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.7.3.3 Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; M5V, M5H y M5 A en la variable velocidad con cruceta usada.

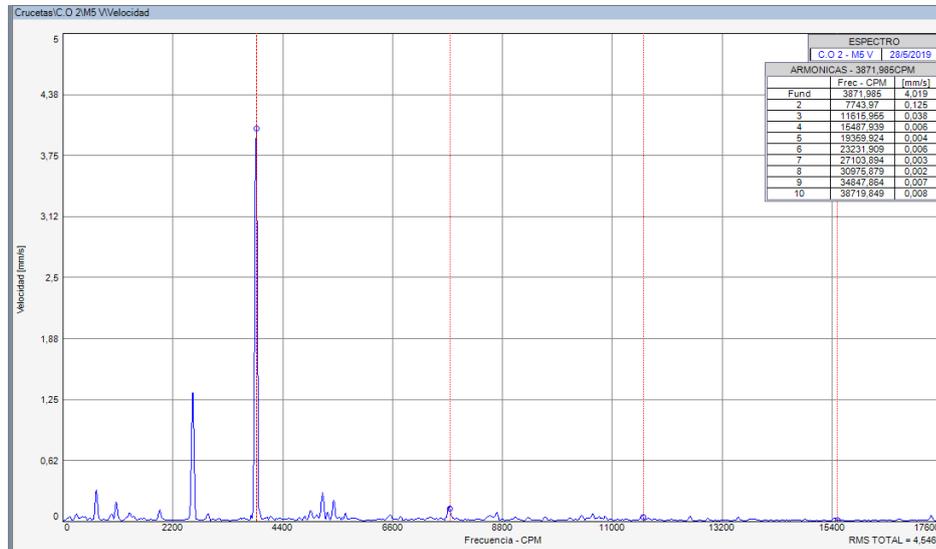


Figura 25-4. Espectro de velocidad variable M5 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

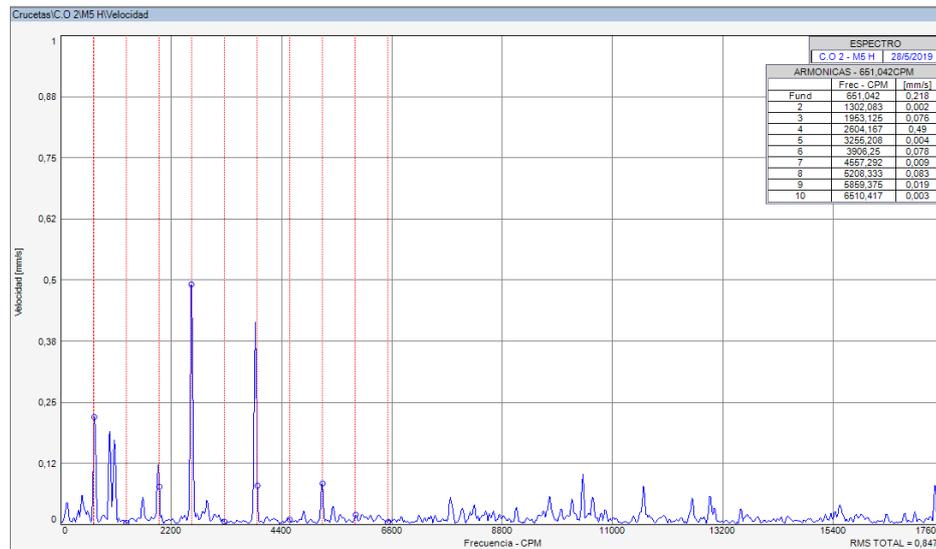


Figura 26-4. Espectro de velocidad variable M5 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

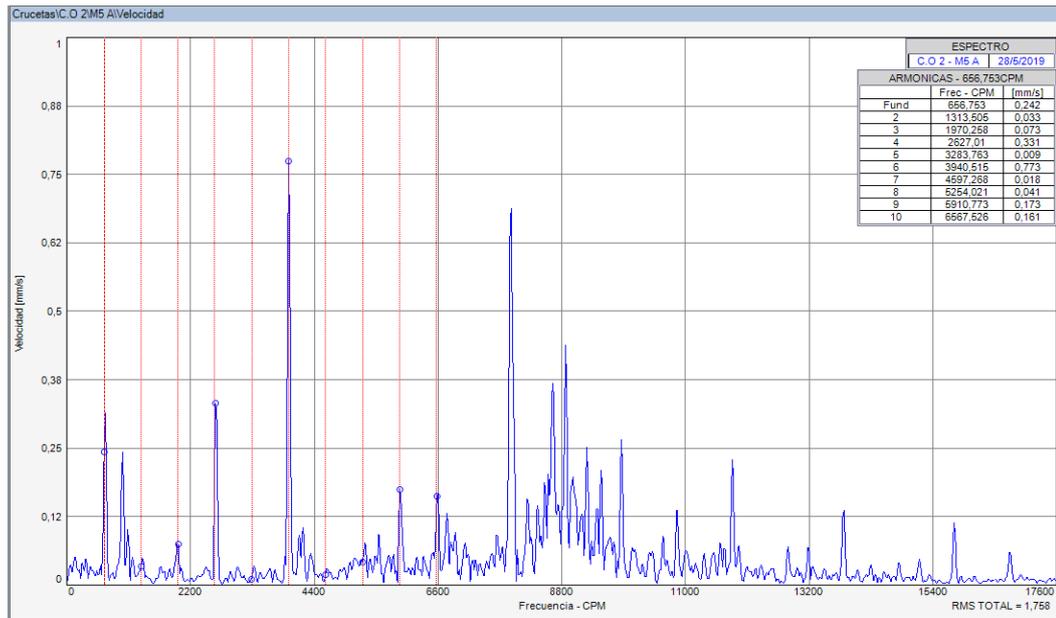


Figura 27-4. Espectro de velocidad variable M5 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M5 V, M5 H y M5 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los tres espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que se encuentra en 5ta marcha y la frecuencia de giro nominal del motor es de 2757 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el M5V V con un valor máximo en RMS de 4.54 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos M5 V, M5 y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan

4.6.3 Condiciones normales punto 3

4.6.3.1 Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta usada.

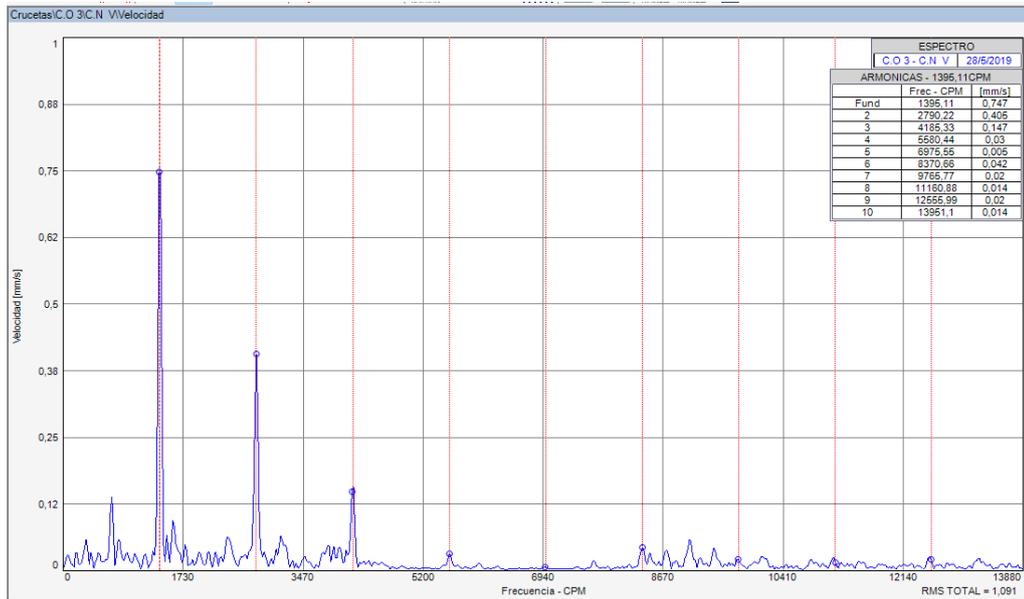


Figura 28-4. Espectro de velocidad variable CN V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

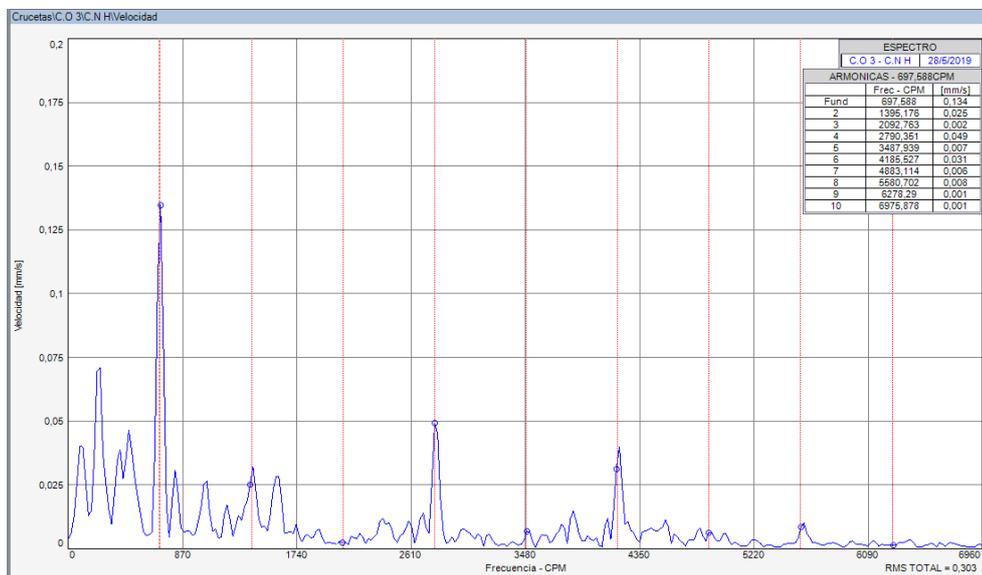


Figura 29-4. Espectro de velocidad variable CN H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

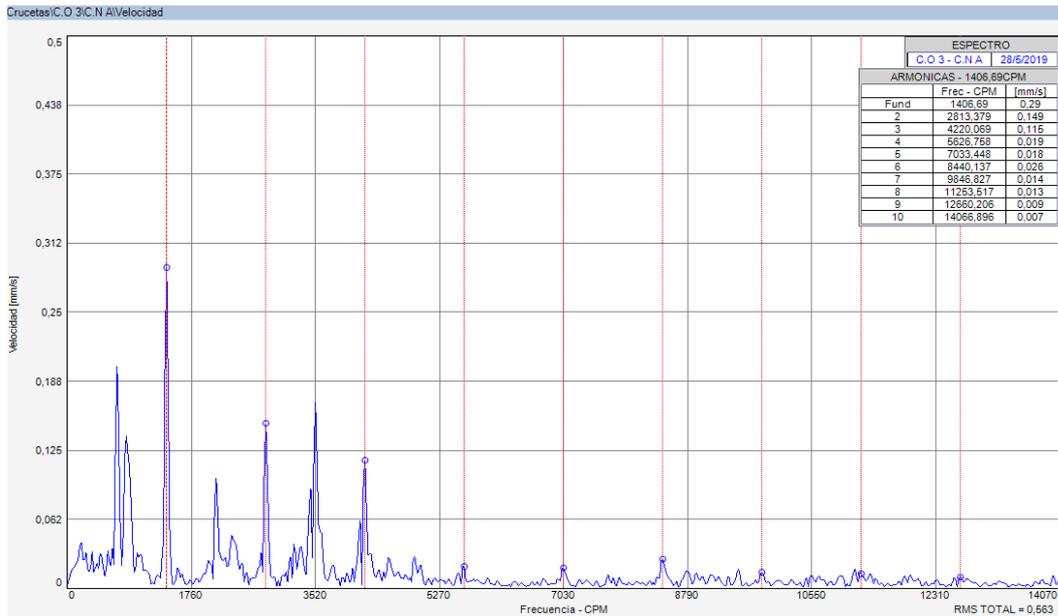


Figura 30-4. Espectro de velocidad variable CN A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 97.0 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CN V con un valor máximo en RMS de 1.09 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos CN V, CN H y CN A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.3.2 *Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M4 V, M3 H y M4 A en la variable velocidad con cruceta usada.*

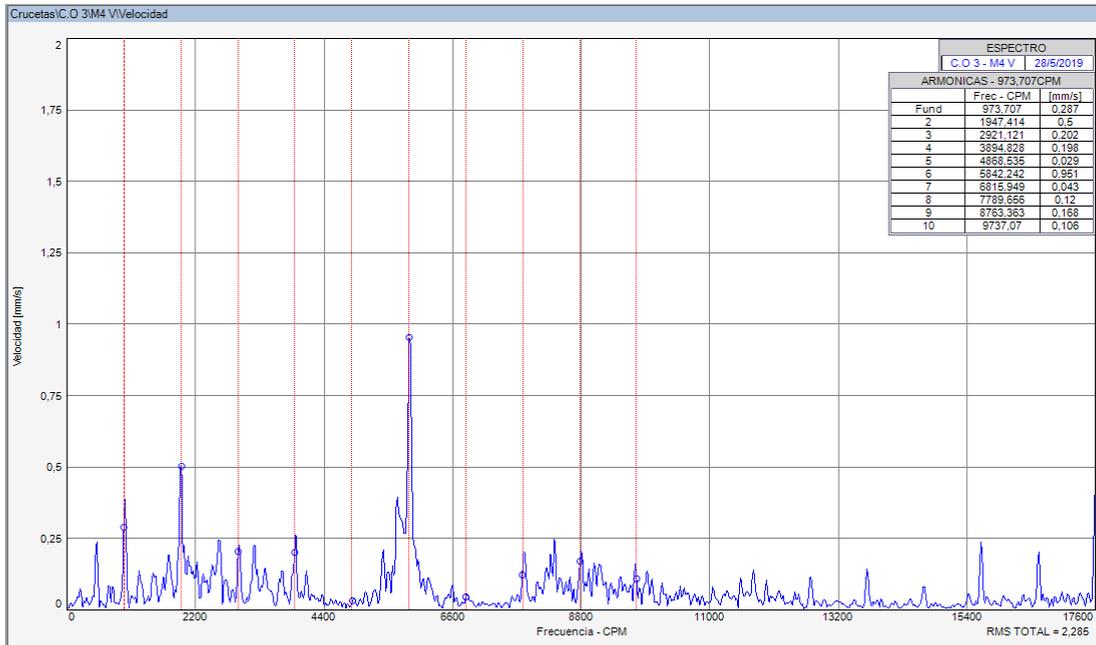


Figura 31-4. Espectro de velocidad variable M4 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

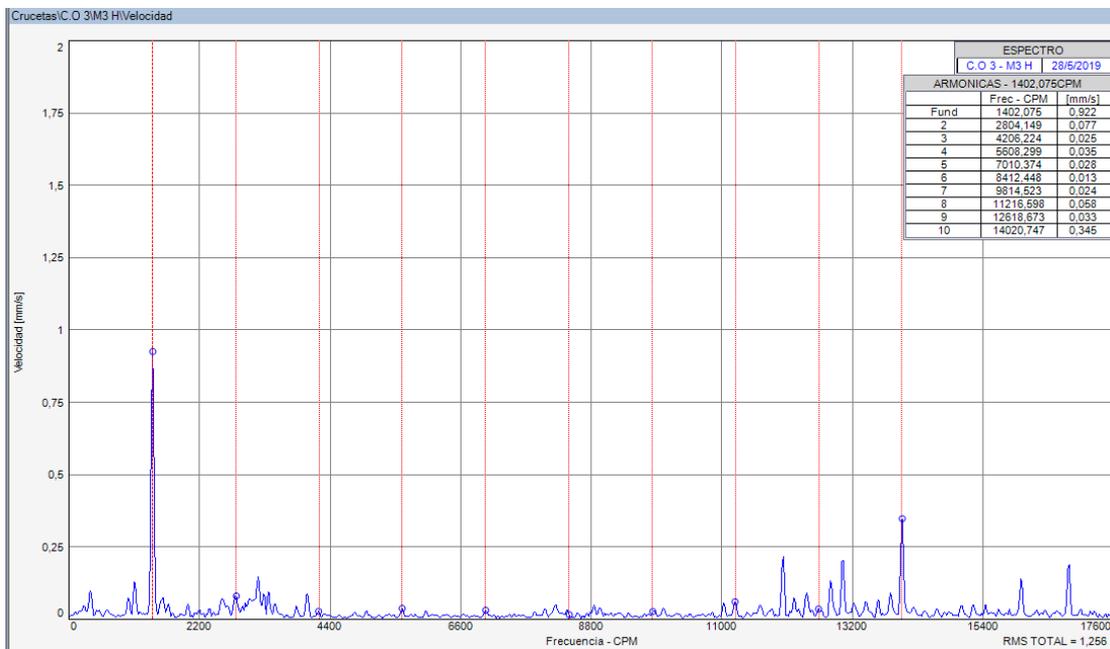


Figura 32-4. Espectro de velocidad variable M3H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

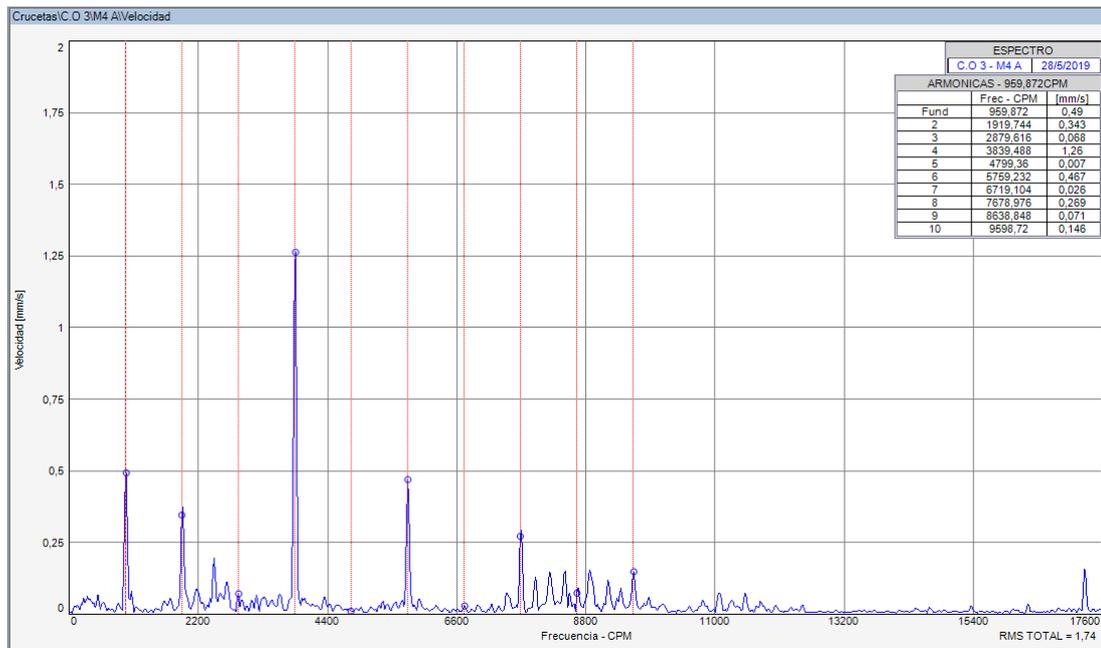


Figura 33-4. Espectro de velocidad variable M4A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M4 V, M3 H y M4 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M4 V y M4 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2066 RPM, para M3 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 1466 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M4 A con un valor máximo en RMS de 1.74 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos M4 V, M3 y M4 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.3.3 Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M5 V, M5 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta usada.

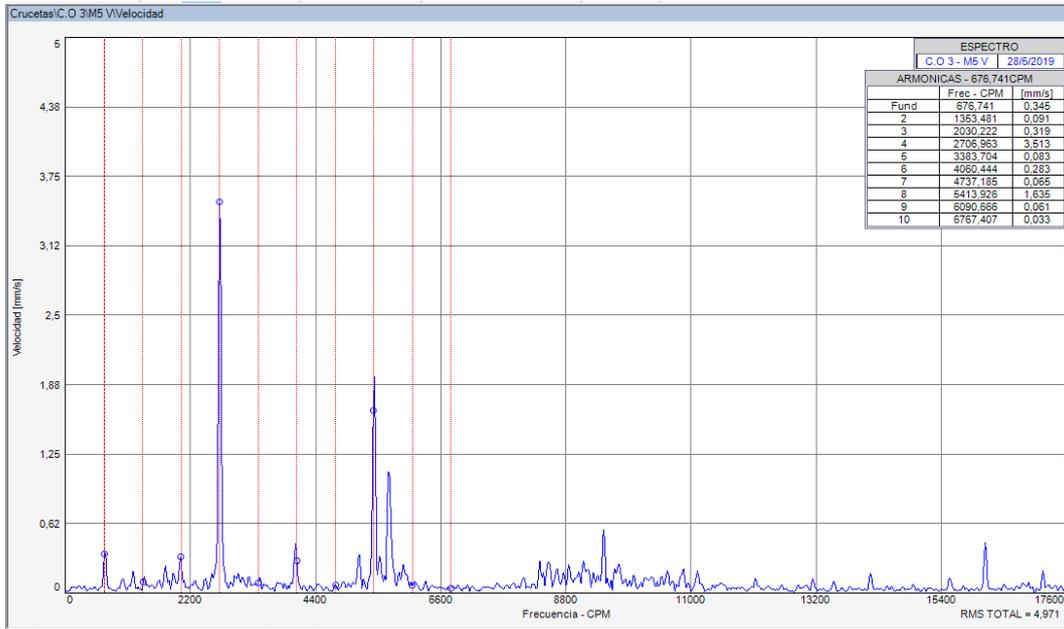


Figura 34-4. Espectro de velocidad variable M5 V
Fuente: Software MAINTraqPredictive

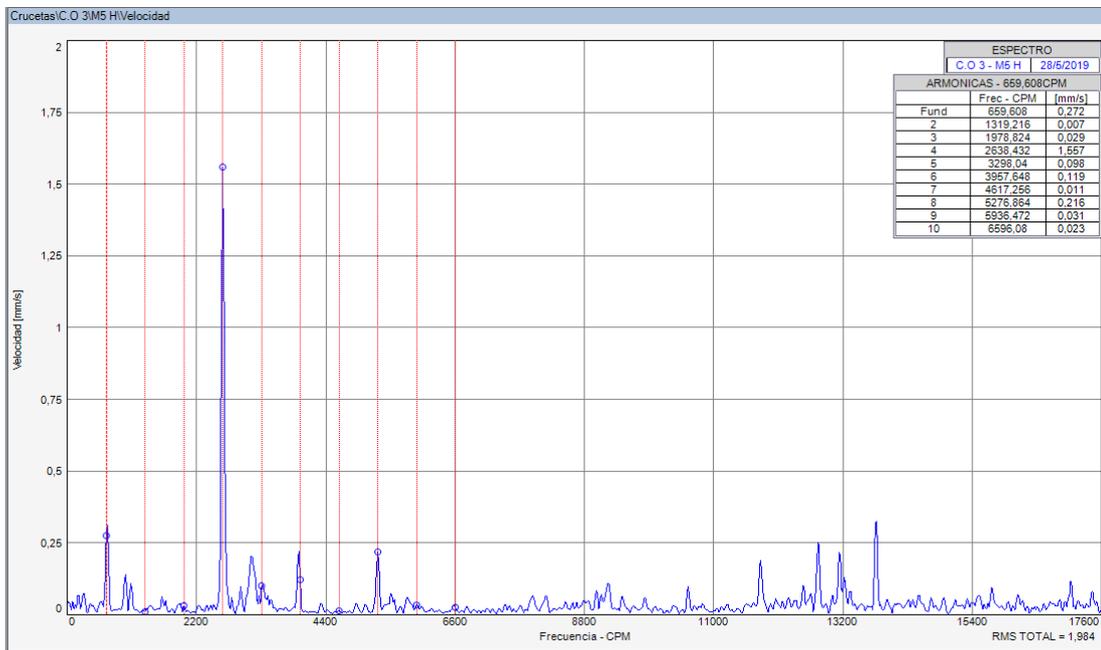


Figura 35-4. Espectro de velocidad variable M5 H
Fuente: Software MAINTraqPredictive

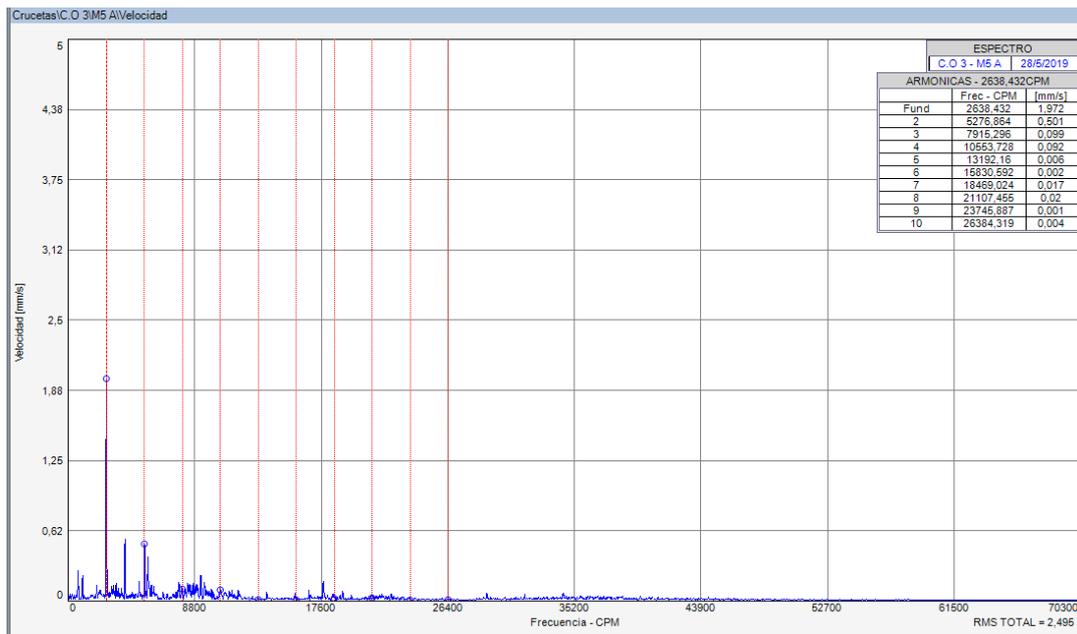


Figura 36-4. Espectro de velocidad variable M5 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M5 V, M5 H y M5 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los tres espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que se encuentra en 5ta marcha y la frecuencia de giro nominal del motor es de 2782 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el M5V V con un valor máximo en RMS de 4.97 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto del desgaste existente en la cruceta, existe desalineamiento, el mismo que provoca un modo de fallo que a más de ser propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento es producto del desgaste del lubricante y de la cruceta en sí, esto se denota en los puntos M5 V, M5 y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una etapa 1 del daño del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.4 Condiciones normales punto 1

4.6.4.1 Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta nueva.

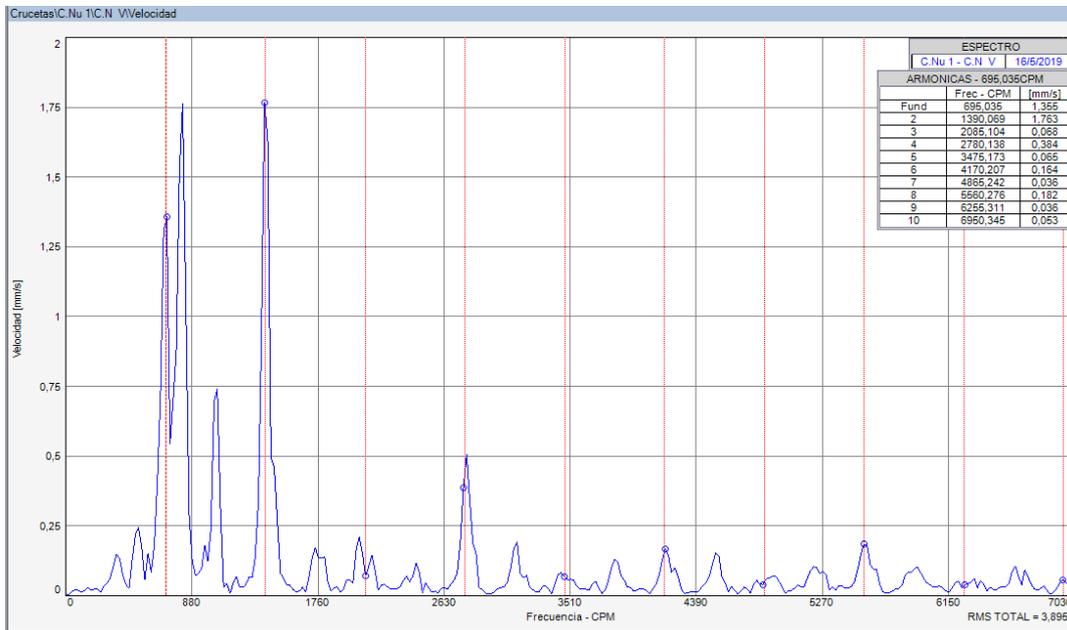


Figura 37-4. Espectro de velocidad variable CN V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

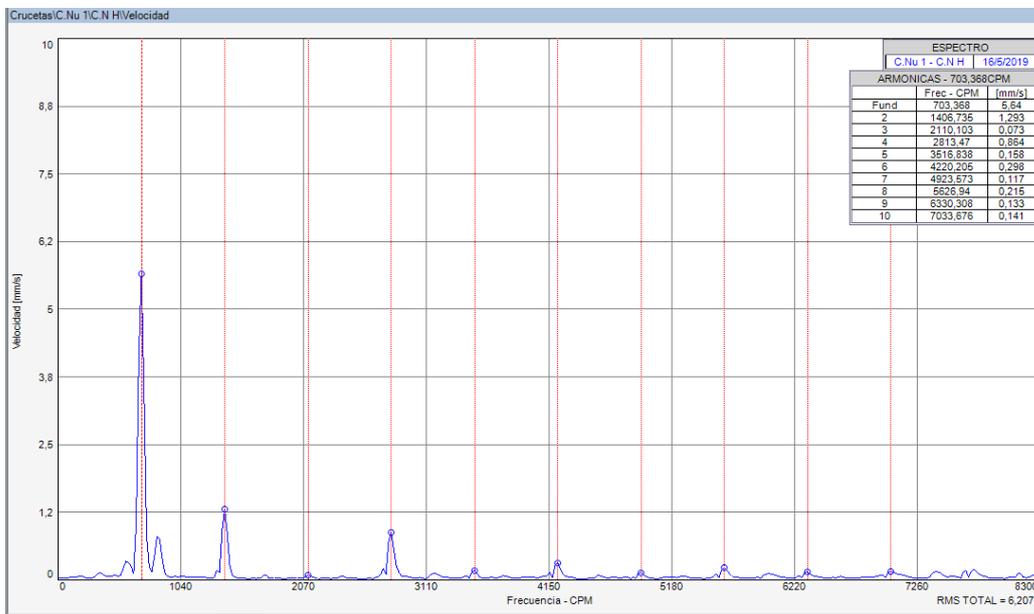


Figura 38-4. Espectro de velocidad variable CN H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

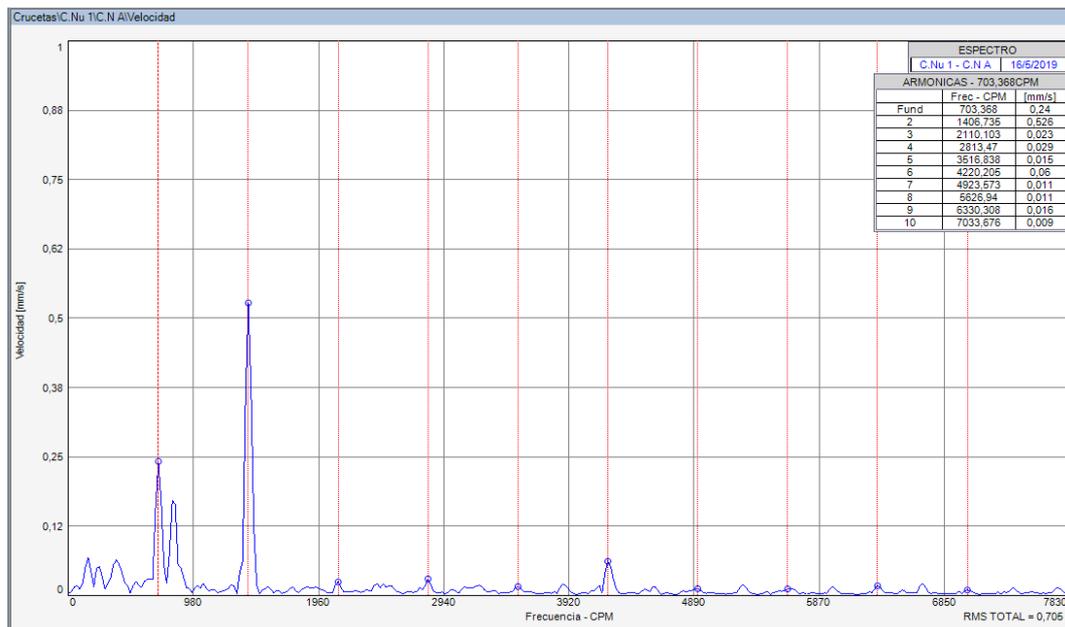


Figura 39-4. Espectro de velocidad variable CN A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 94.7 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CN V con un valor máximo en RMS de 6.20 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos CN V, CN y CN A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.4.2 Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M1 V, M2 H y M3 A en la variable velocidad con cruceta nueva.

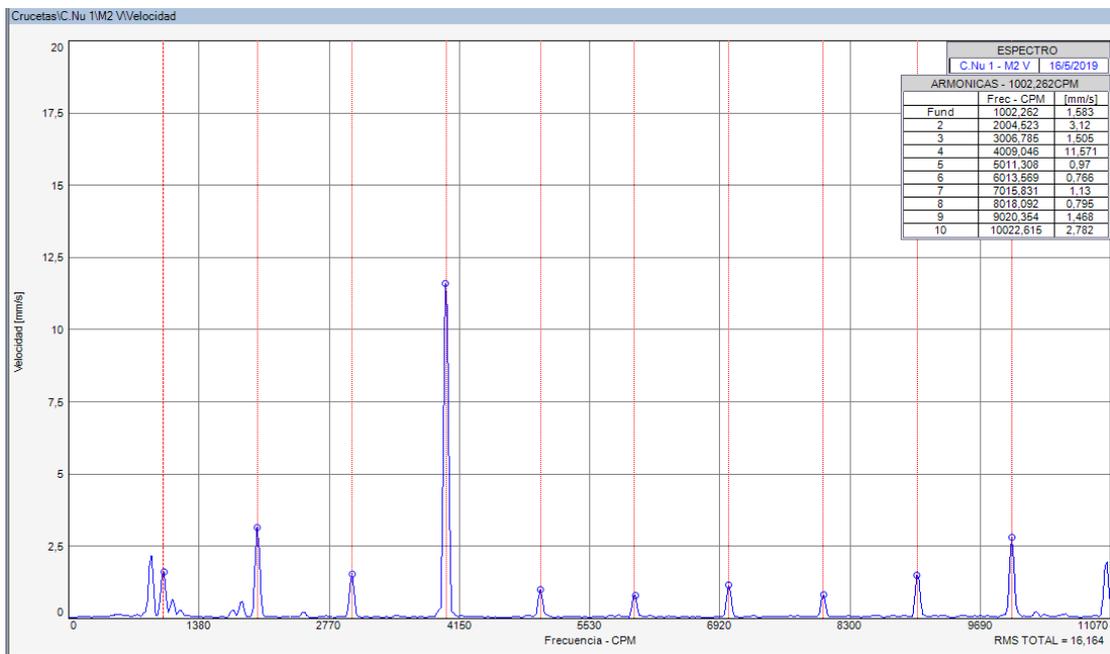


Figura 40-4. Espectro de velocidad variable M1 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

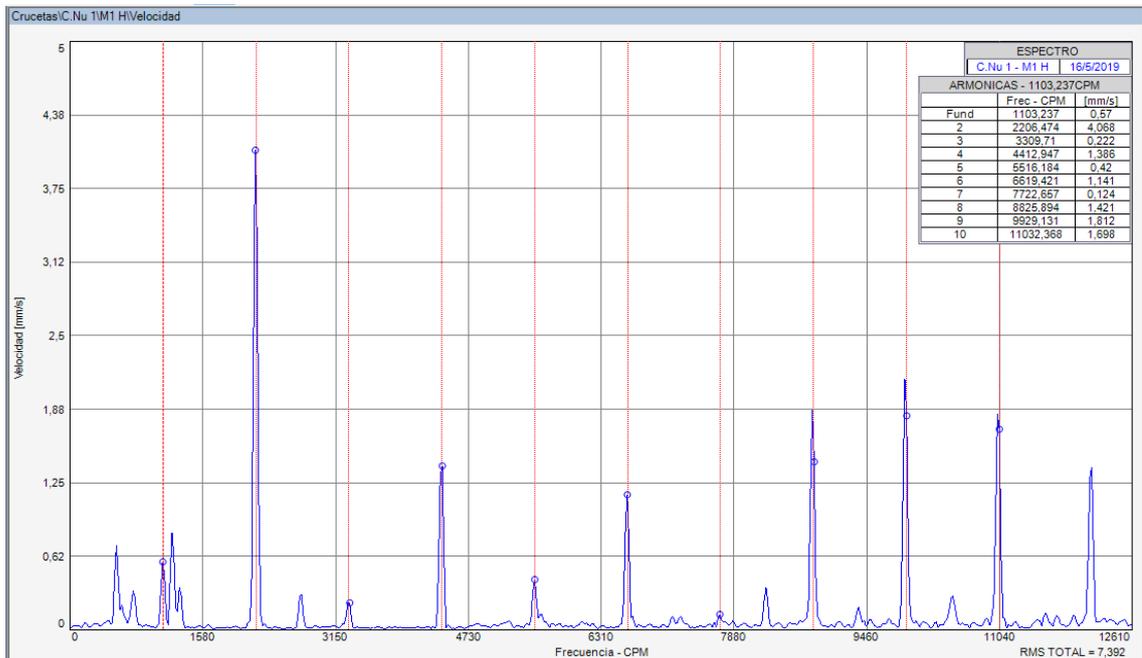


Figura 41-4. Espectro de velocidad variable M2 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

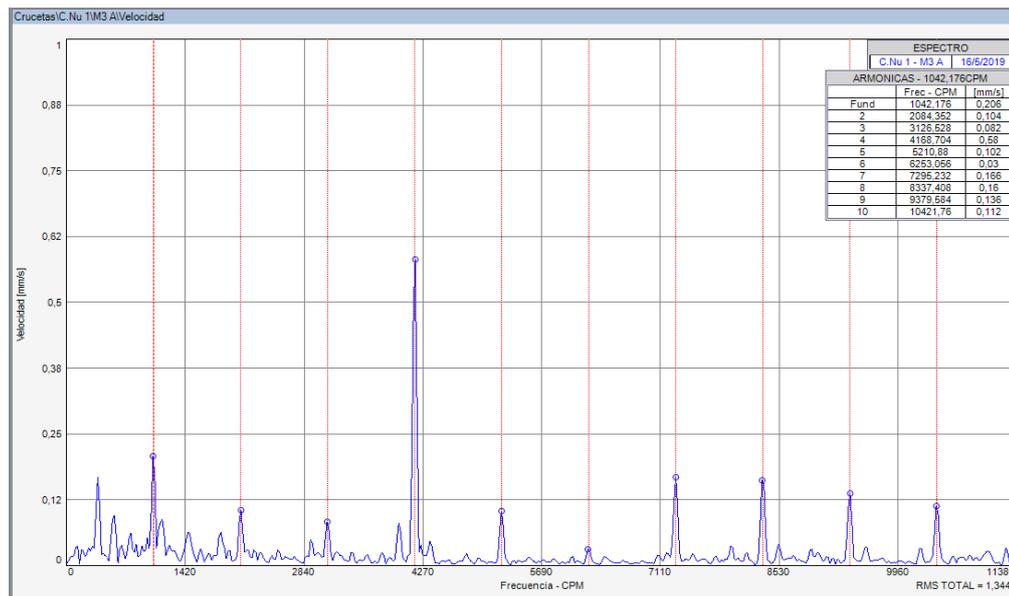


Figura 42-4. Espectro de velocidad variable M3 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M2 V, M1 H y M3 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M2 V, la frecuencia de giro nominal del motor es de 860 RPM, para M1 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 481 RPM y para M3 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 94.7 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M2 H con un valor máximo en RMS de 16.16 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos M2 V, M1 y M3 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.4.3 *Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M5 V, M5 H y M4 A en la variable velocidad con cruceta nueva.*

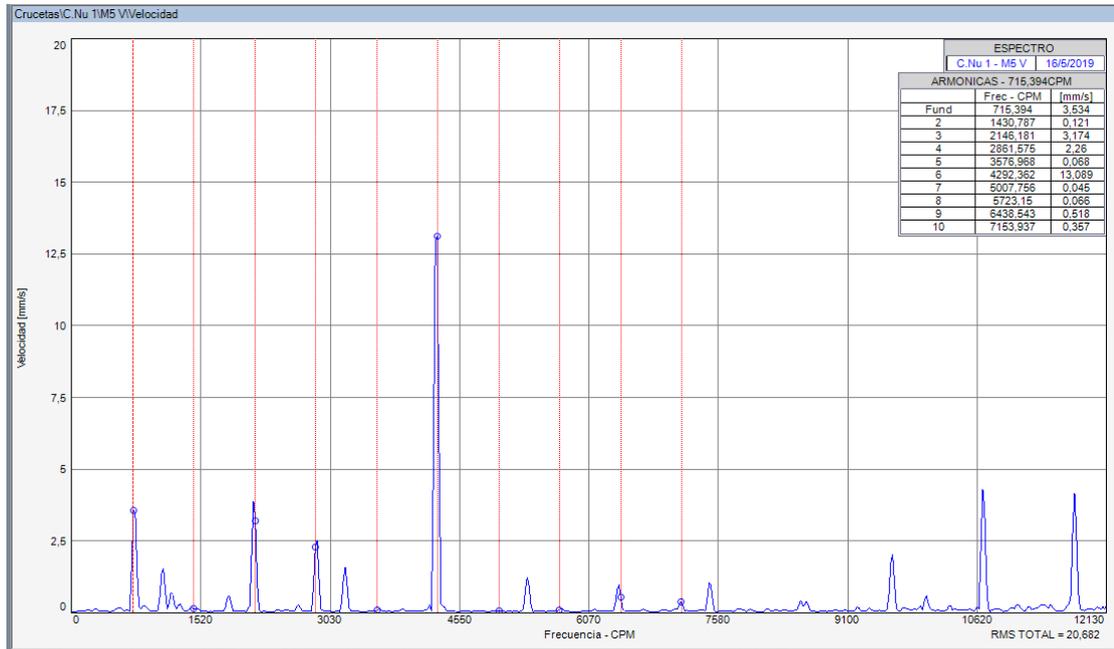


Figura 43-4. Espectro de velocidad variable M5 V
Fuente: Software MAINTraPredictive

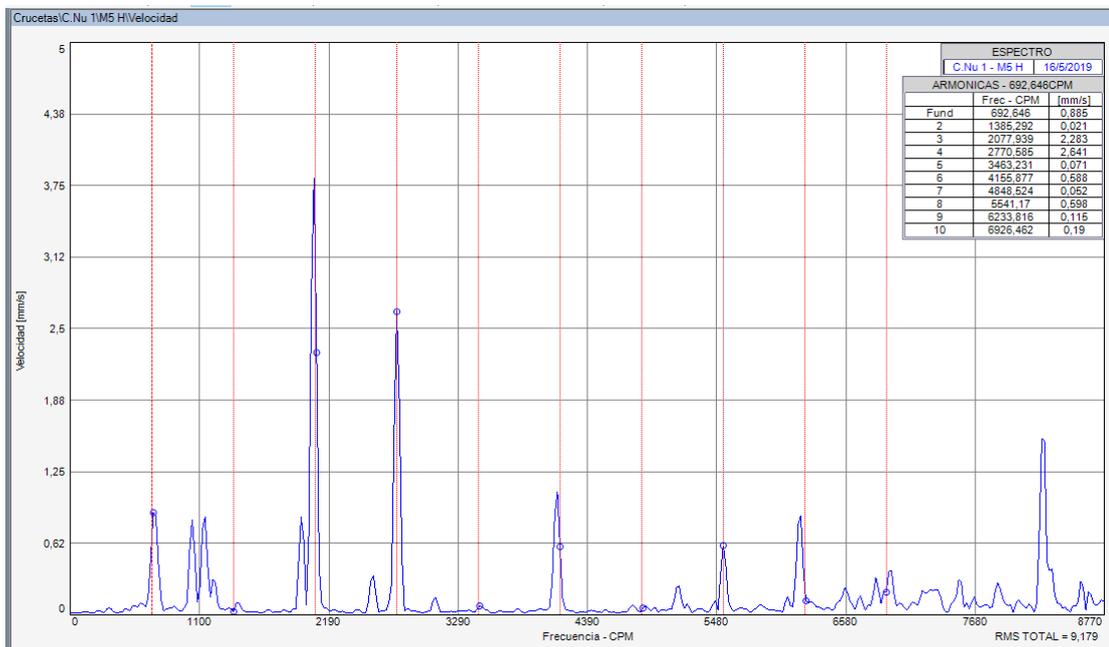


Figura 44-4. Espectro de velocidad variable M5 H
Fuente: Software MAINTraPredictive

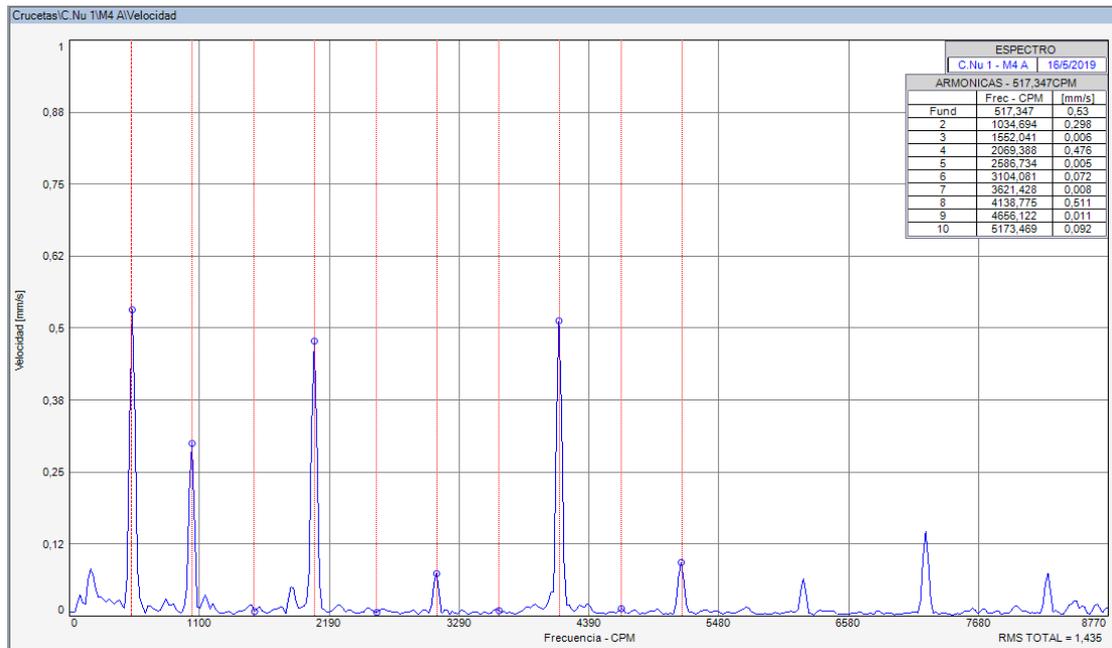


Figura 45-4. Espectro de velocidad variable M4 A

Fuente: Software MAINTraQPredictive

Análisis espectral. En los puntos M4 V, M5 H y M5 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M5 V y M5 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2771 RPM, para M4 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2040 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M5 V con un valor máximo en RMS de 20.6 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos M4 V, M5 y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.5 Condiciones normales punto 2

4.6.5.1 Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta nueva.

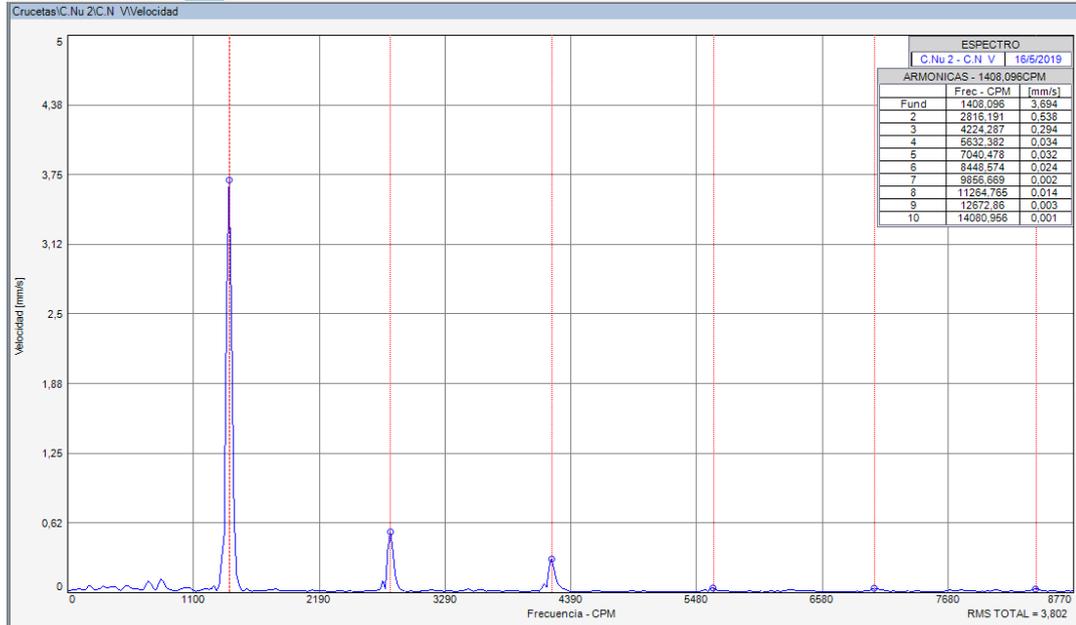


Figura 46-4. Espectro de velocidad variable 1V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

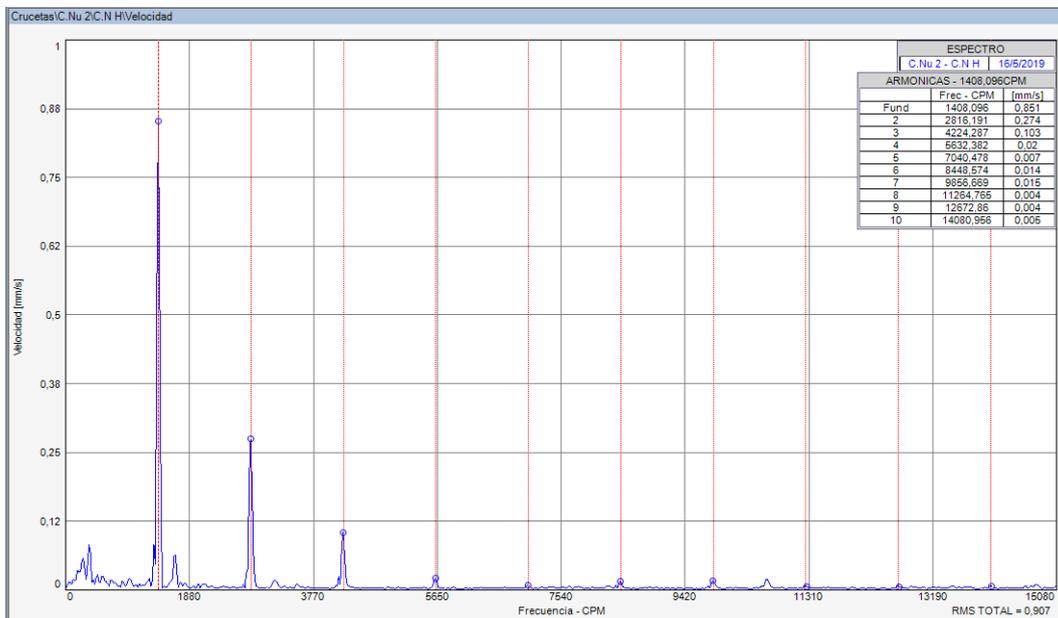


Figura 47-4. Espectro de velocidad variable 1H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

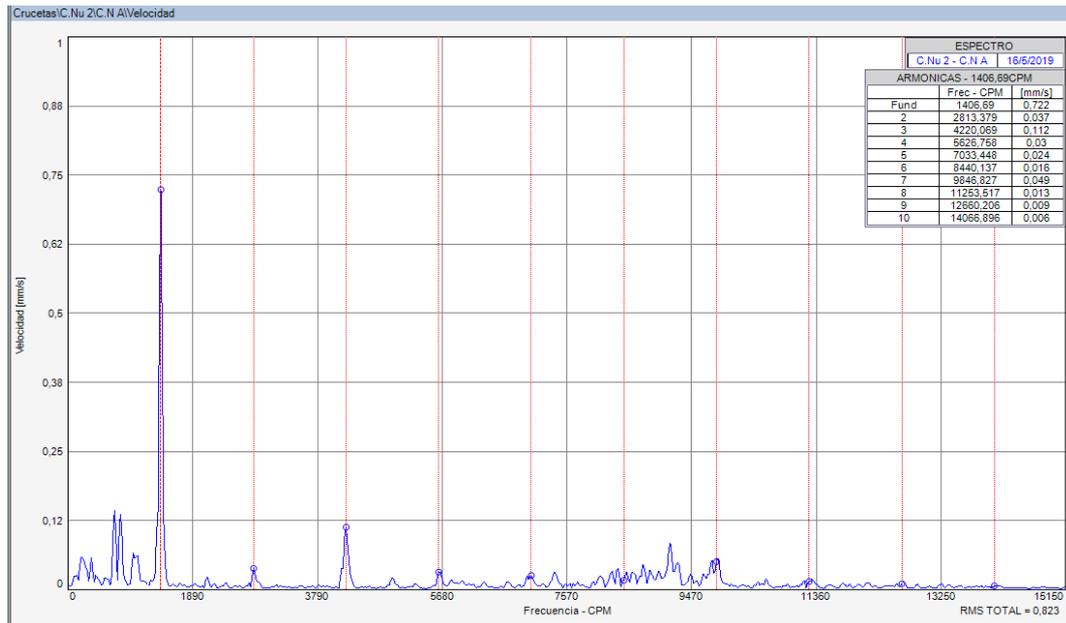


Figura 48-4. Espectro de velocidad variable 1A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 96.0 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CN V con un valor máximo en RMS de 3.08 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos CN V, CN y CN A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.5.2 *Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; M4 V, M1 H y M2 A en la variable velocidad con cruceta nueva.*

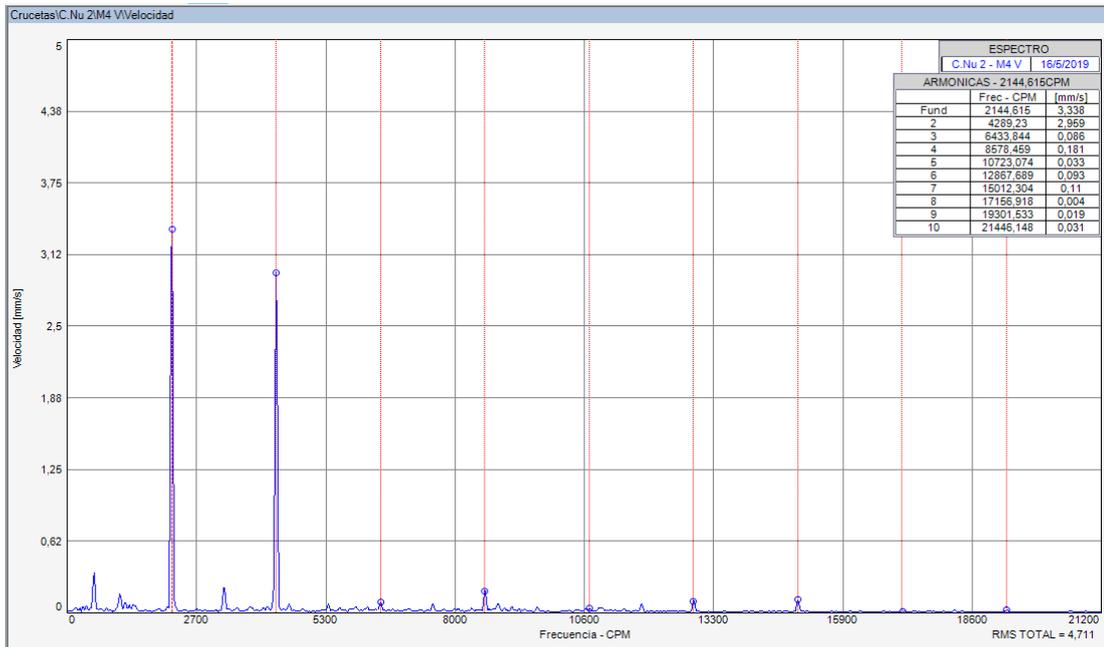


Figura 49-4. Espectro de velocidad variable M4 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

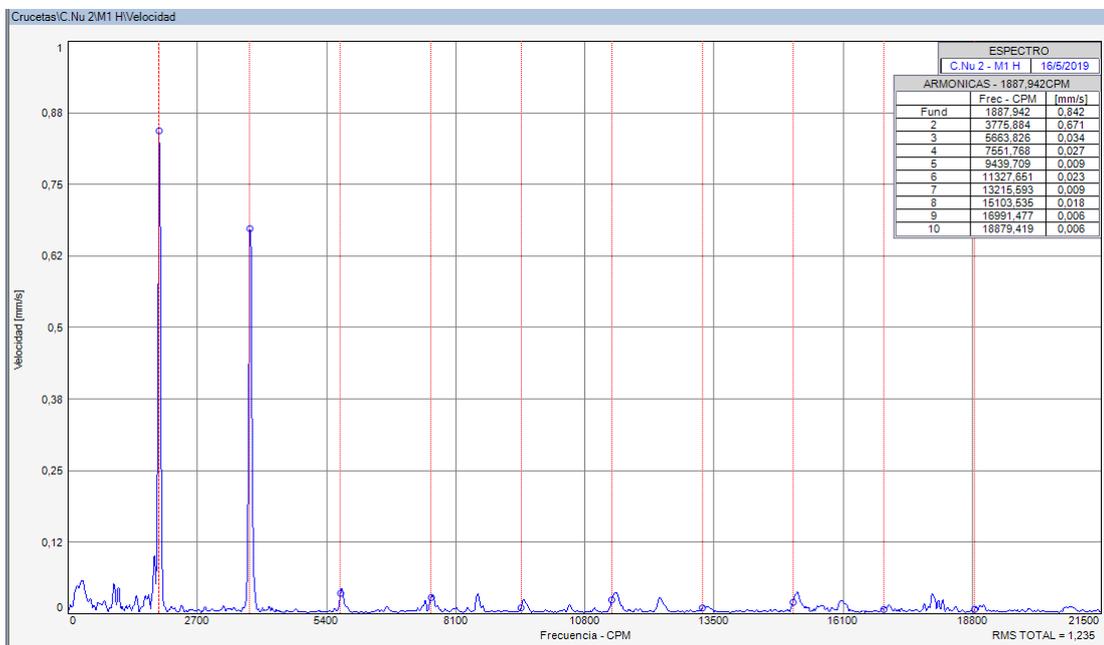


Figura 50-4. Espectro de velocidad variable M1 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

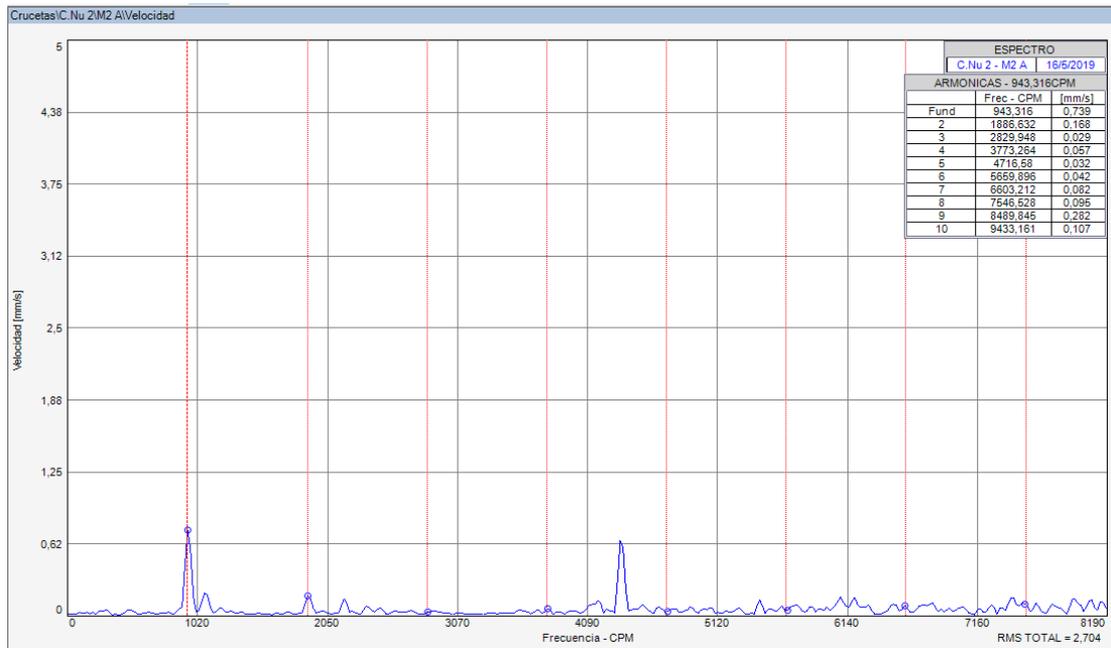


Figura 51-4. Espectro de velocidad variable M2 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M4 V, M1 H y M2 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M4 V, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2049 RPM, para M1 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 487 RPM y para M2 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 871 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M4 H con un valor máximo en RMS de 4.71 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos M4 V, M1 y M2 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.5.3 *Espectros del punto 2 del sistema de transmisión posterior cardan; M3 V, M3 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta nueva.*

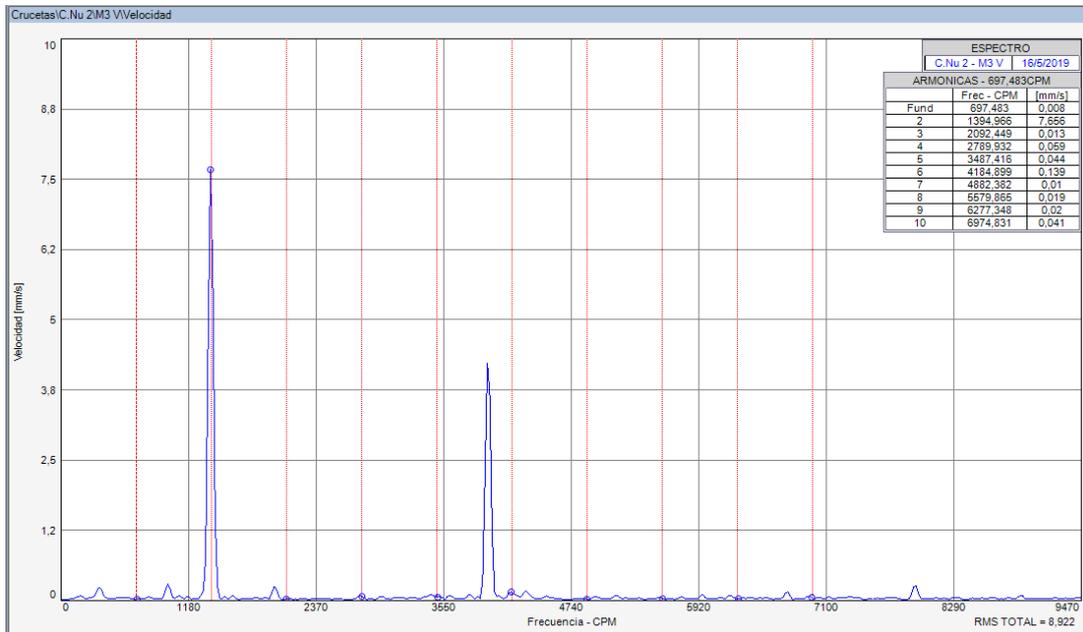


Figura 52-4. Espectro de velocidad variable M3 V
Fuente: Software MAINTraqPredictive

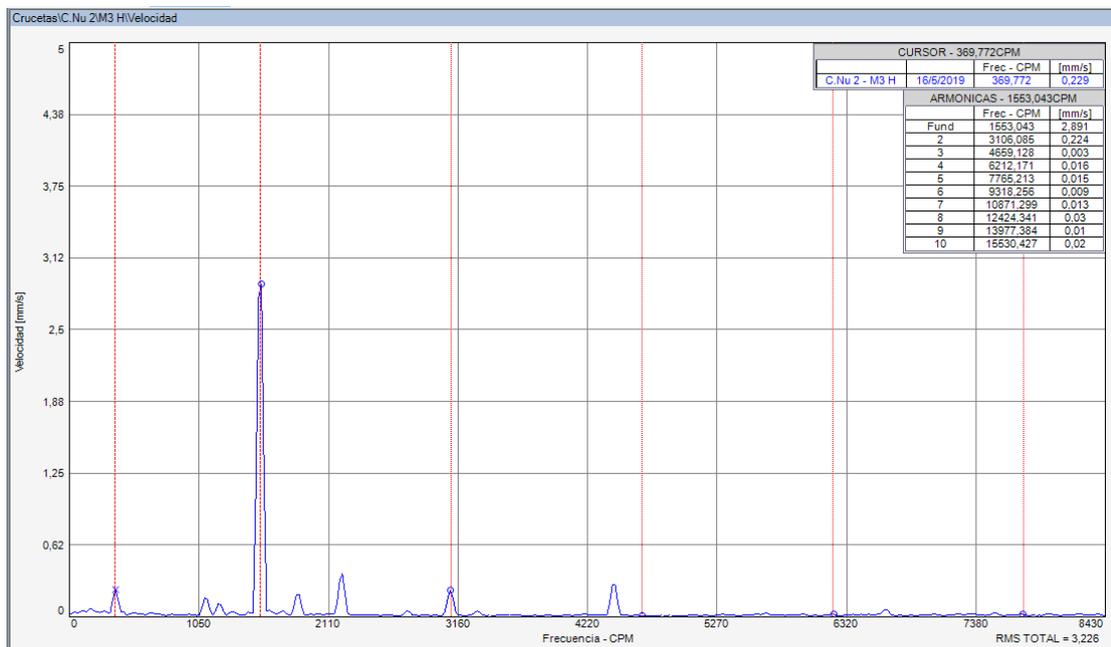


Figura 53-4. Espectro de velocidad variable M3 H
Fuente: Software MAINTraqPredictive

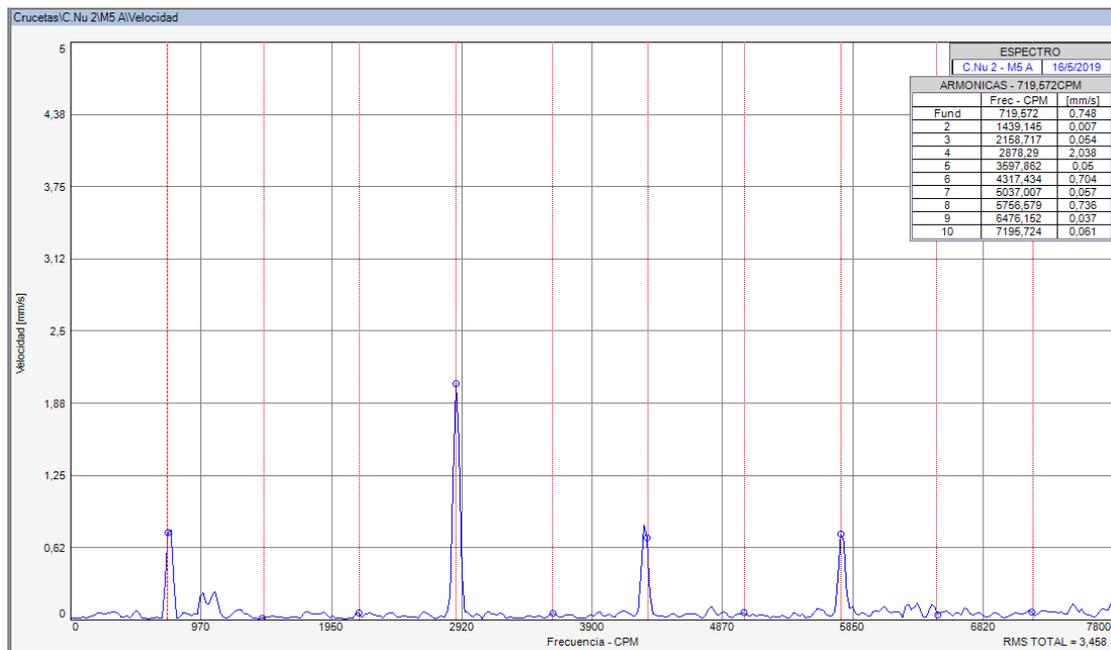


Figura 54-4. Espectro de velocidad variable M5 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M3 V, M3 H y M5 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M3 V y M3 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 1464 RPM, para M5 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2757 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M3 V con un valor máximo en RMS de 8.92 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos M3 V, M3 y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.6 Condiciones normales punto 3

4.6.6.1 Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta nueva.

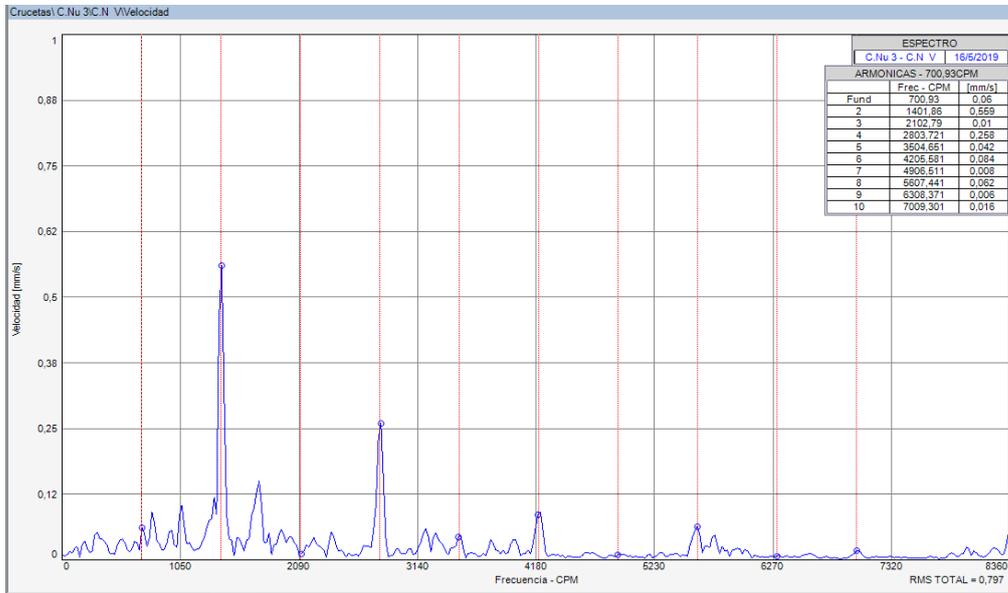


Figura 55-4. Espectro de velocidad variable CN V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

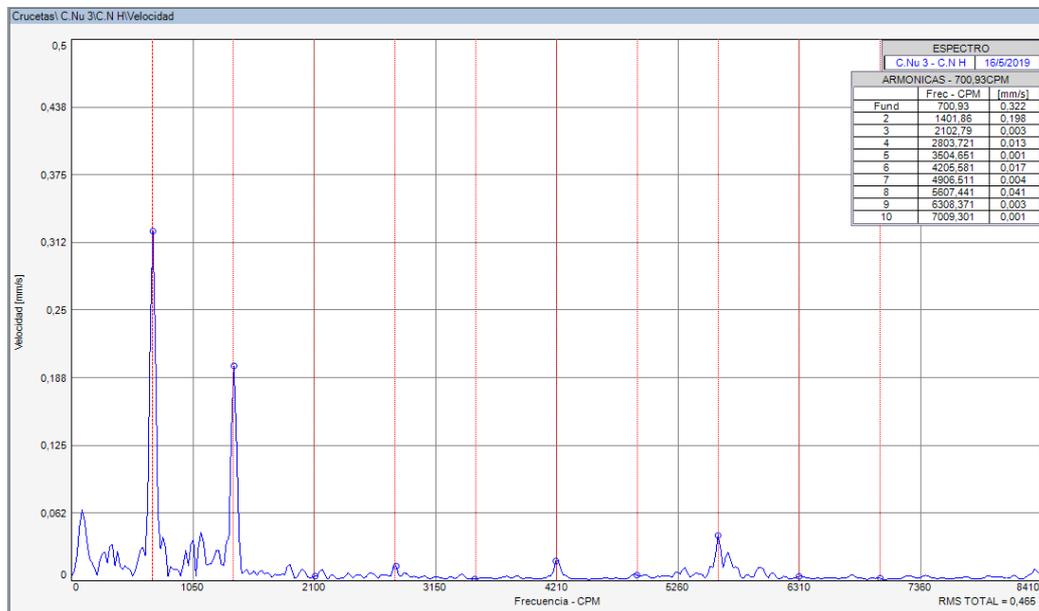


Figura 56-4. Espectro de velocidad variable CN H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

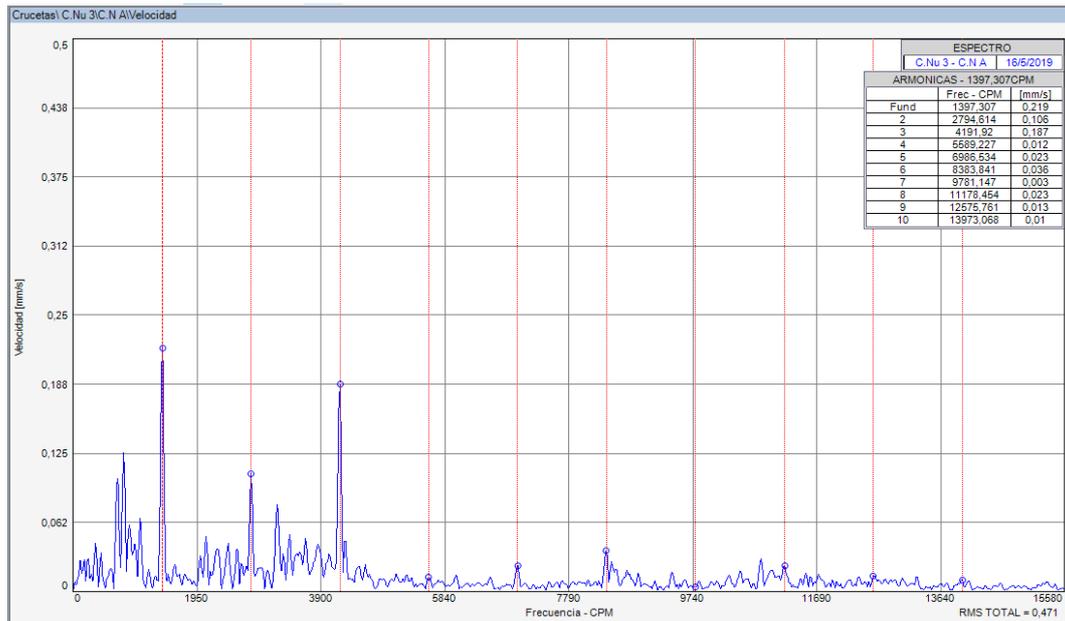


Figura 57-4. Espectro de velocidad variable CN A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 97.0 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CN V con un valor máximo en RMS de 0.39 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos CN V, CN y CN A, pero sus armónicos que aparecen en el orden de 2X y 3X son similares en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.6.2 *Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M3 V, M3 H y M3 A en la variable velocidad con cruceta nueva.*

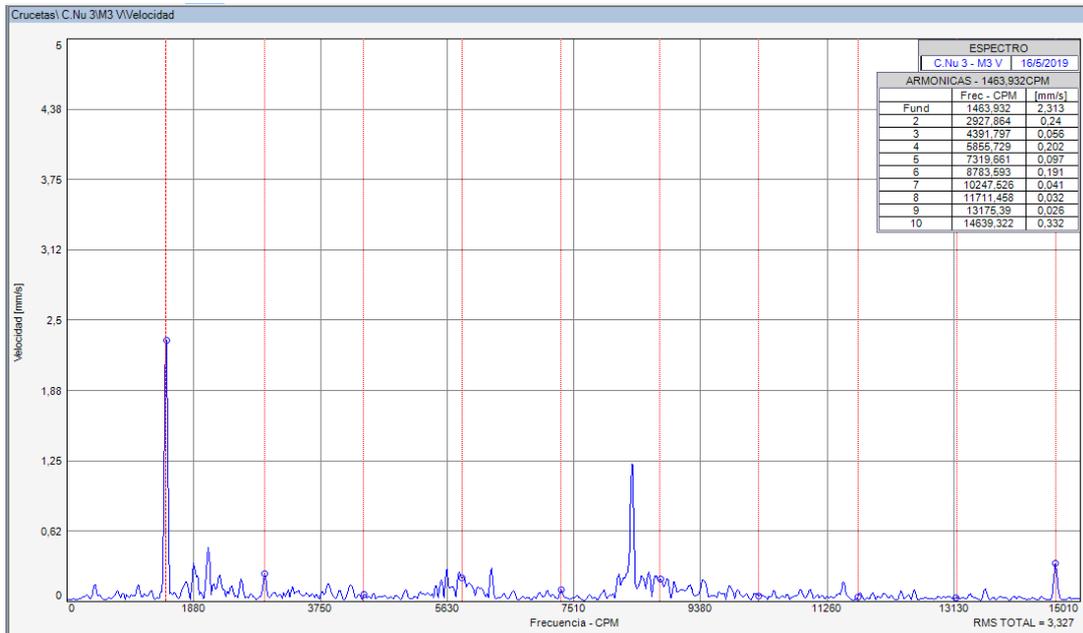


Figura 58-4. Espectro de velocidad variable M3 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

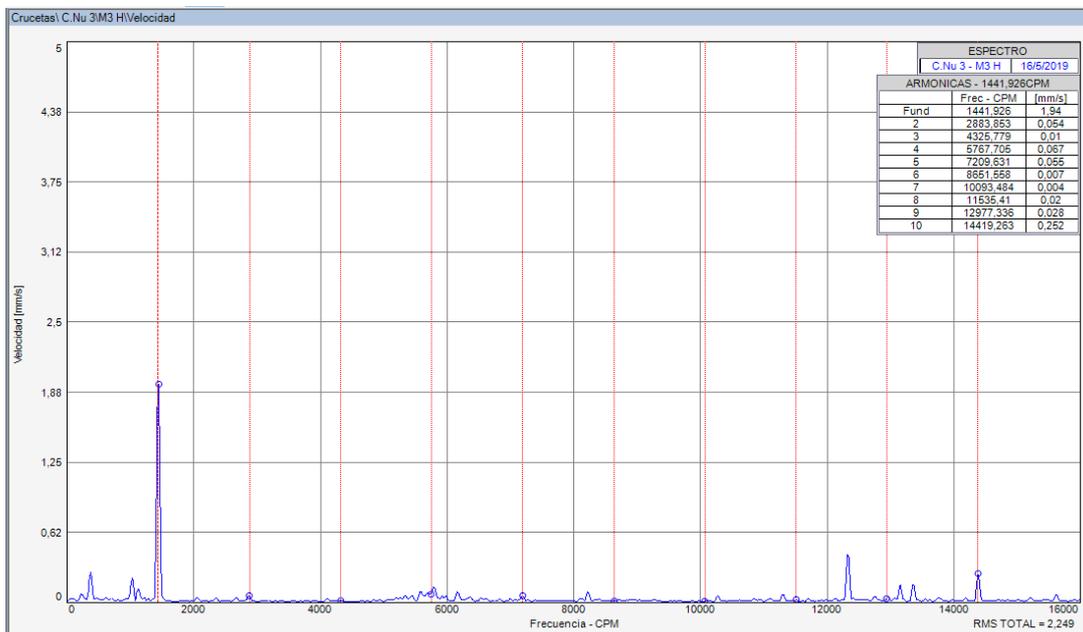


Figura 59-4. Espectro de velocidad variable M3 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

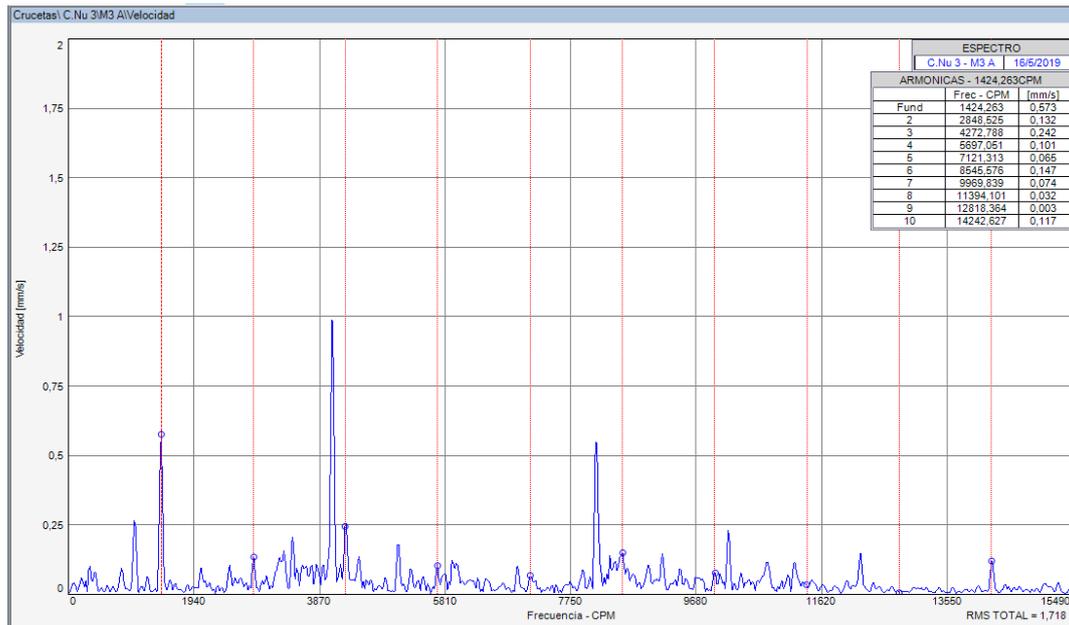


Figura 60-4. Espectro de velocidad variable M3 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M3 V, M3 H y M3 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los tres espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que se encuentra en 3ta marcha y la frecuencia de giro nominal del motor es de 1466 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el M3 V con un valor máximo en RMS de 3.32 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos M3 V, M3 y M3 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.6.3 *Espectros del punto 3 del sistema de transmisión posterior cardan; M5 V, M5 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta nueva.*

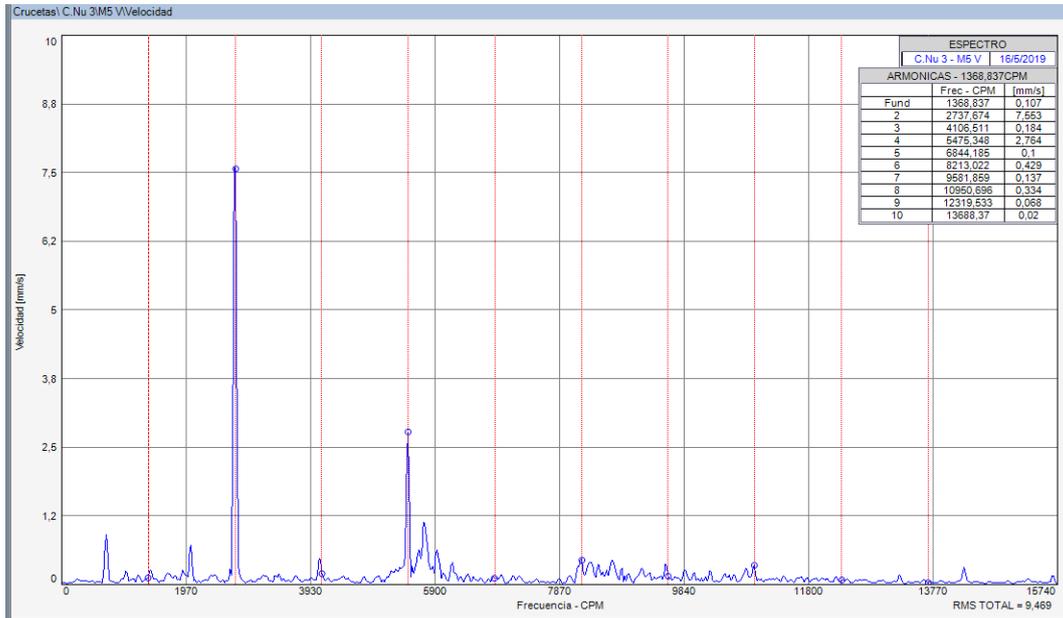


Figura 61-4. Espectro de velocidad variable M5 V
Fuente: Software MAINTraqPredictive

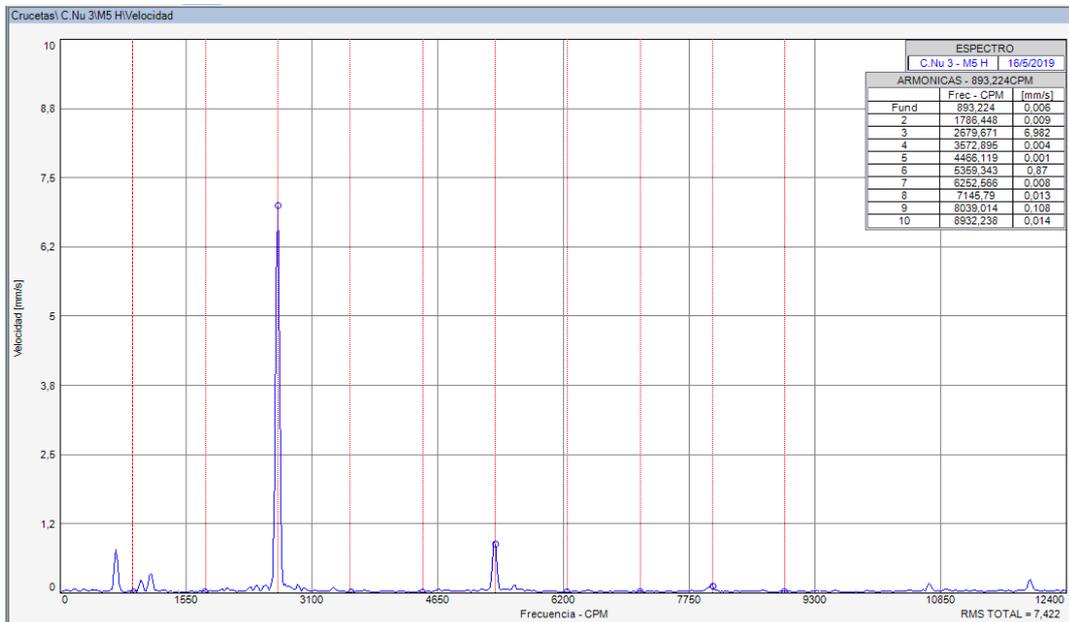


Figura 62-4. Espectro de velocidad variable M5 H
Fuente: Software MAINTraqPredictive

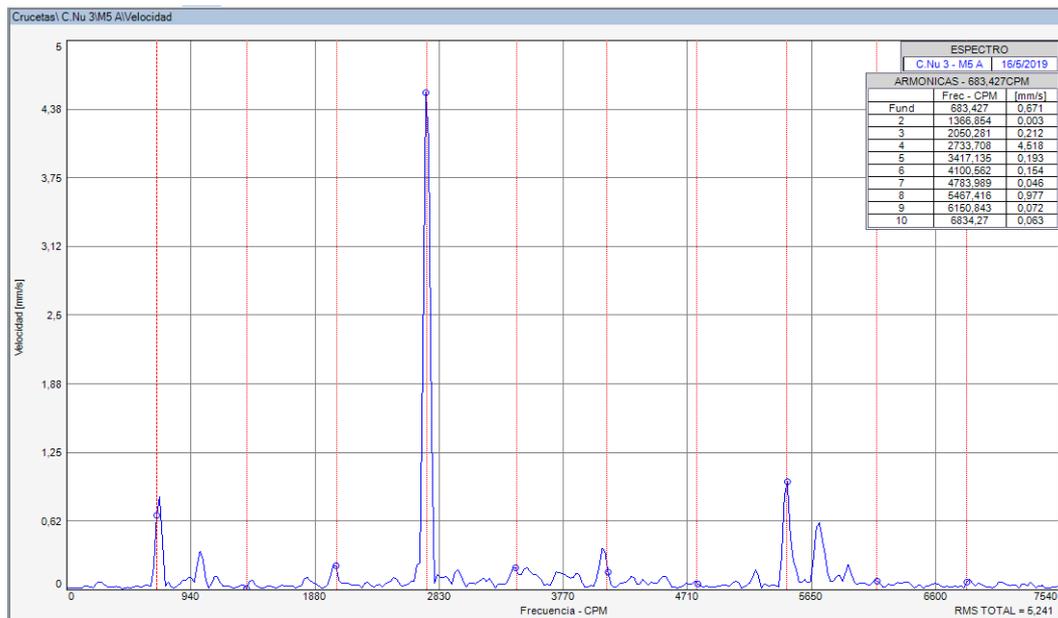


Figura 63-4. Espectro de velocidad variable M5 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M5 V, M5 H y M5 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los tres espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que se encuentra en 5ta marcha y la frecuencia de giro nominal del motor es de 2782 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el M5 V con un valor máximo en RMS de 9.46 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe un ligero modo de fallo respecto al desalineamiento esto debido a que éste modo de fallo es propio en sistemas de acoples entre ejes para la transmisión del movimiento, esto se denota en los puntos M5 V, M5 y M5 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.7 Condiciones normales punto 1

4.6.7.1 Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; CN V, CN H y CN A en la variable velocidad con cruceta dañada.

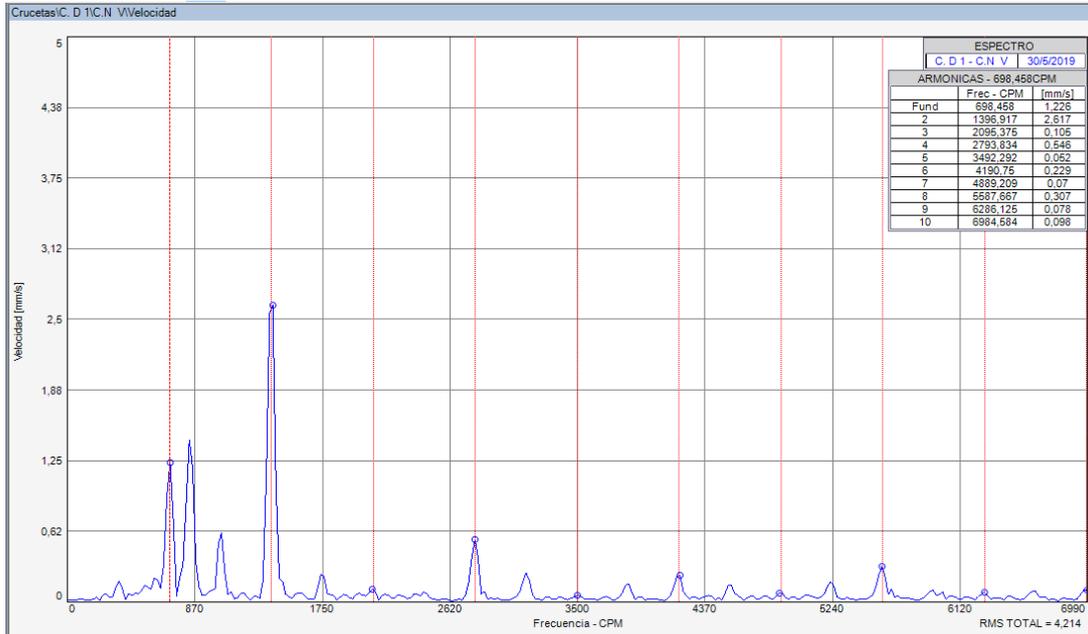


Figura 64-4. Espectro de velocidad variable CN V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

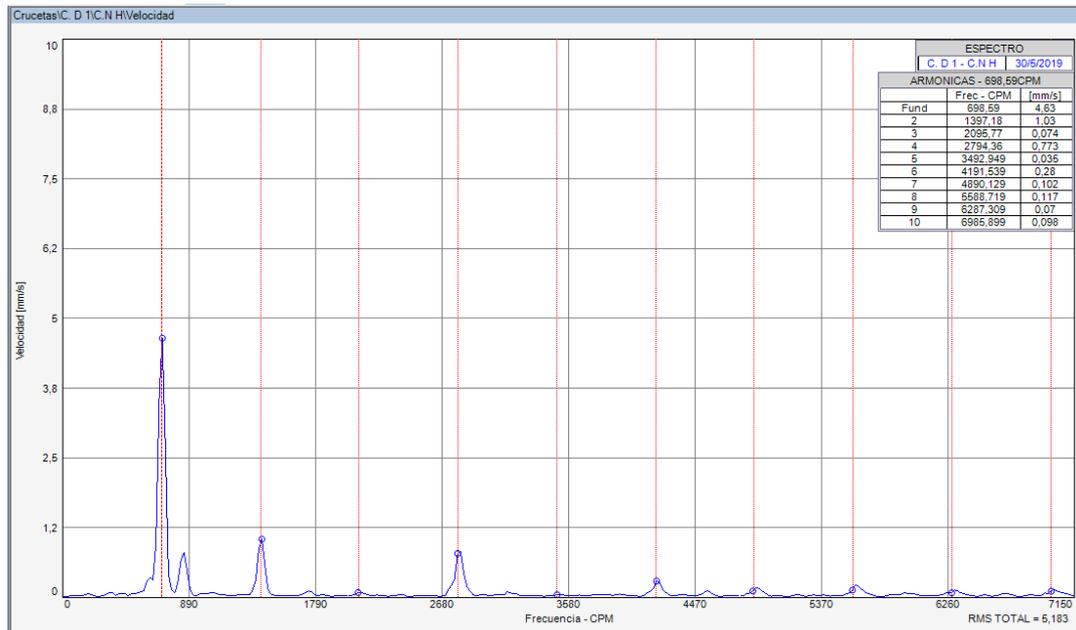


Figura 65-4. Espectro de velocidad variable CN H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

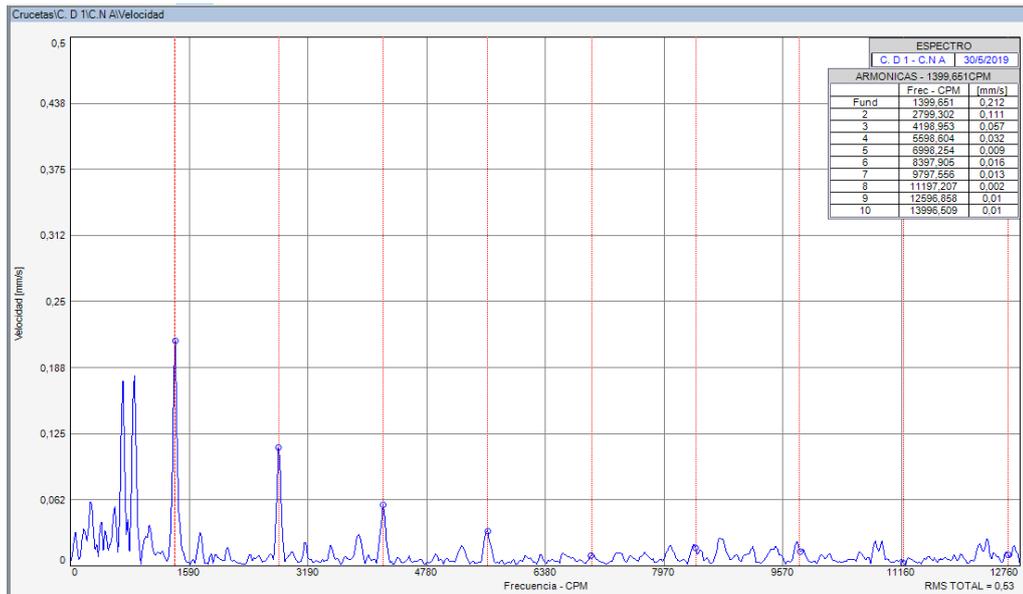


Figura 66-4. Espectro de velocidad variable CN A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos CN V, CN H y CN A, en el primer y tercer punto se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que la frecuencia de giro nominal del motor es de 94.7 RPM aproximadamente. El espectro predominante en este punto es el CN H con un valor máximo en RMS de 5.18 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe desalineamiento debido a que éste modo de fallo es provocado por el estriamiento excesivo existente en la cruceta, esto se denota en los puntos CN V y CN A ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de Tipo C en el alojamiento del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.7.2 *Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M2 V, M2 H y M4 A en la variable velocidad con cruceta dañada.*

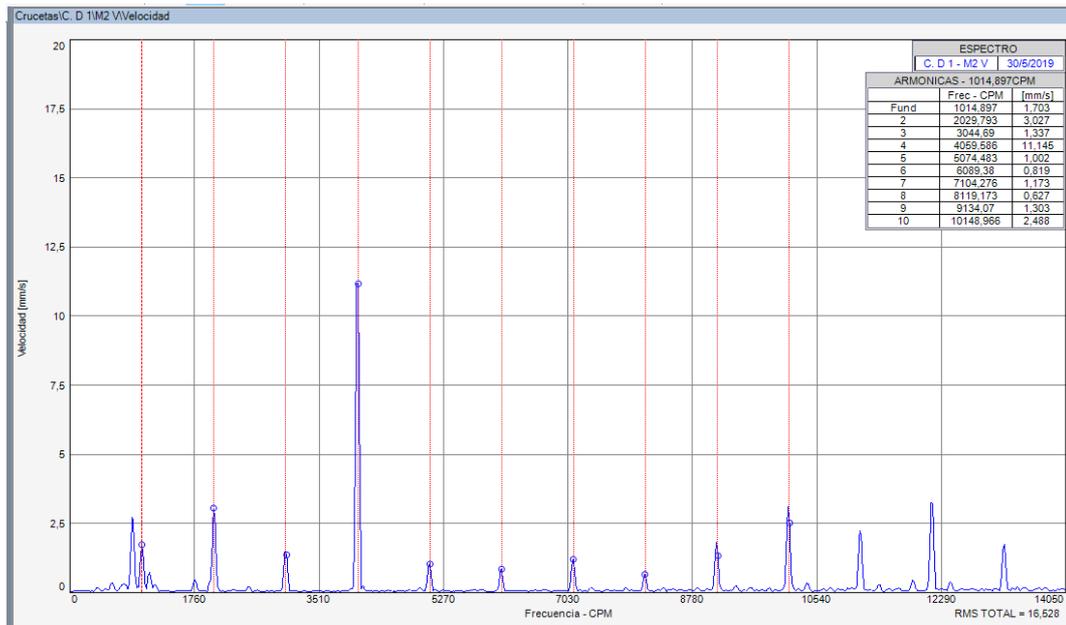


Figura 67-4. Espectro de velocidad variable M2V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

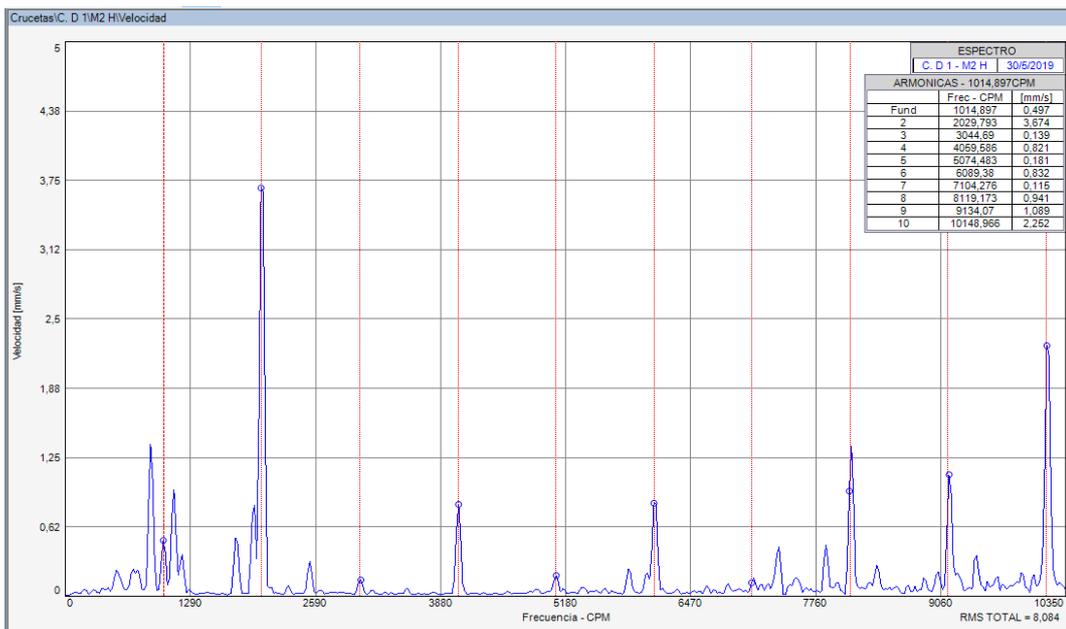


Figura 68-4. Espectro de velocidad variable M2 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

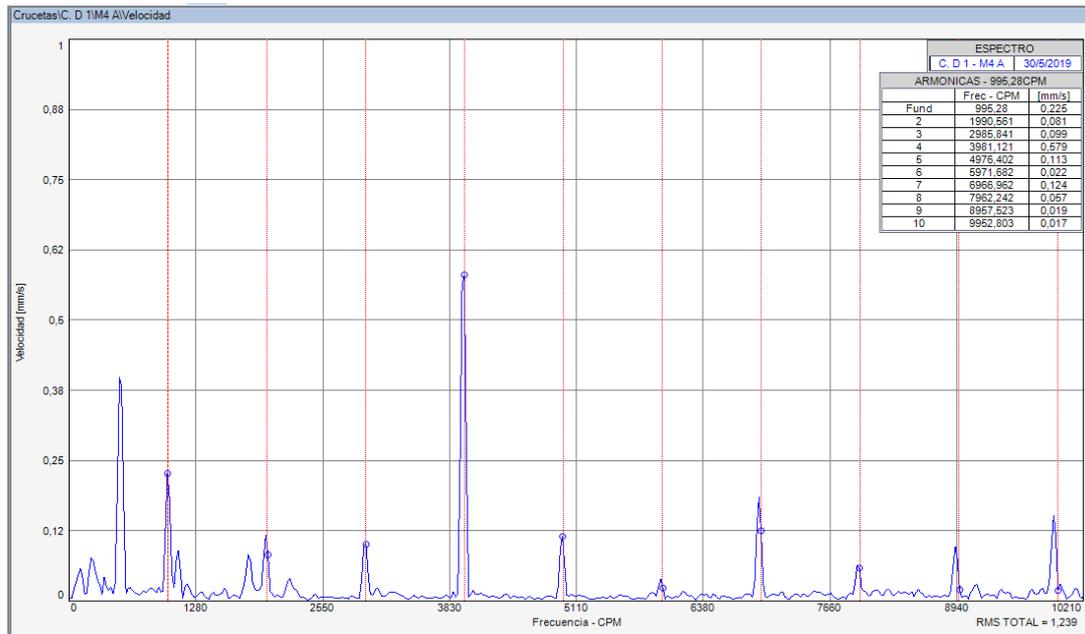


Figura 69-4. Espectro de velocidad variable M4 A

Fuente: Software MAINTraqPredictive

Análisis espectral. En los puntos M2 V, M2 H y M4 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M2 V y M2 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 860 RPM, para M4 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2040 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M2 V con un valor máximo en RMS de 16.52 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Existe mayor desalineamiento debido a que éste modo de fallo es provocado por el estiramiento existente en la cruceta, su falta de lubricación y hay que considerar los rpm a las que está girando el eje de transmisión, esto se denota en los puntos M2 V, M2 H y M4 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X y 3X en los tres espectros captados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo C en el alojamiento del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

4.6.7.3 *Espectros del punto 1 del sistema de transmisión posterior cardan; M3 V, M5 H y M5 A en la variable velocidad con cruceta dañada.*

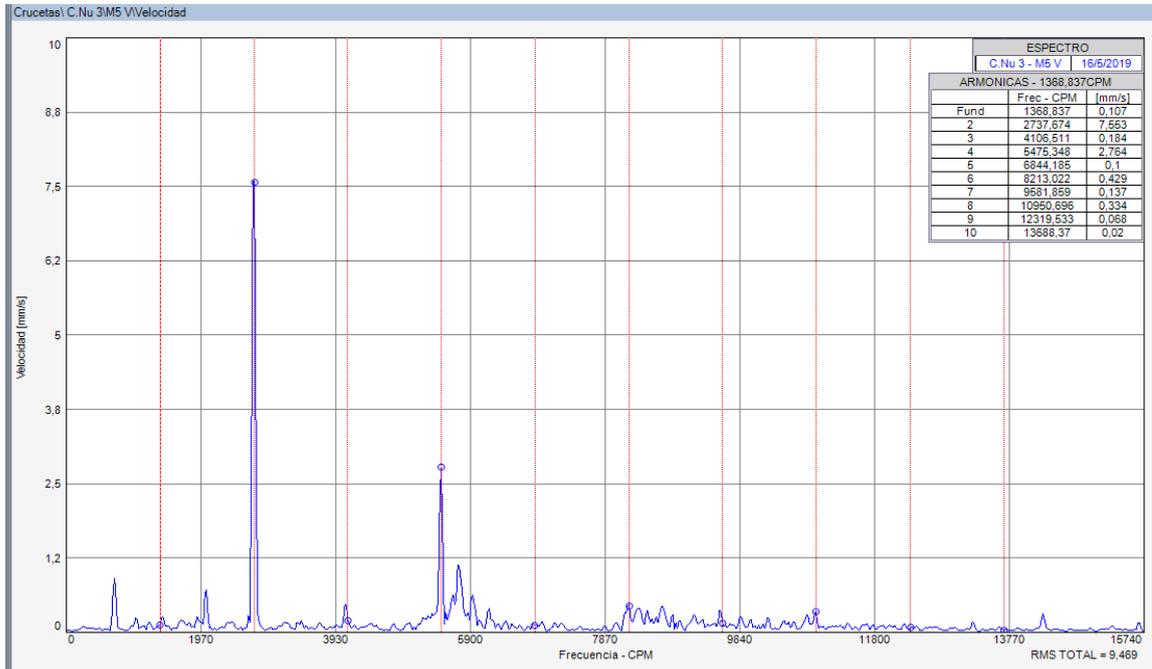


Figura 70-4. Espectro de velocidad variable M3 V

Fuente: Software MAINTraqPredictive

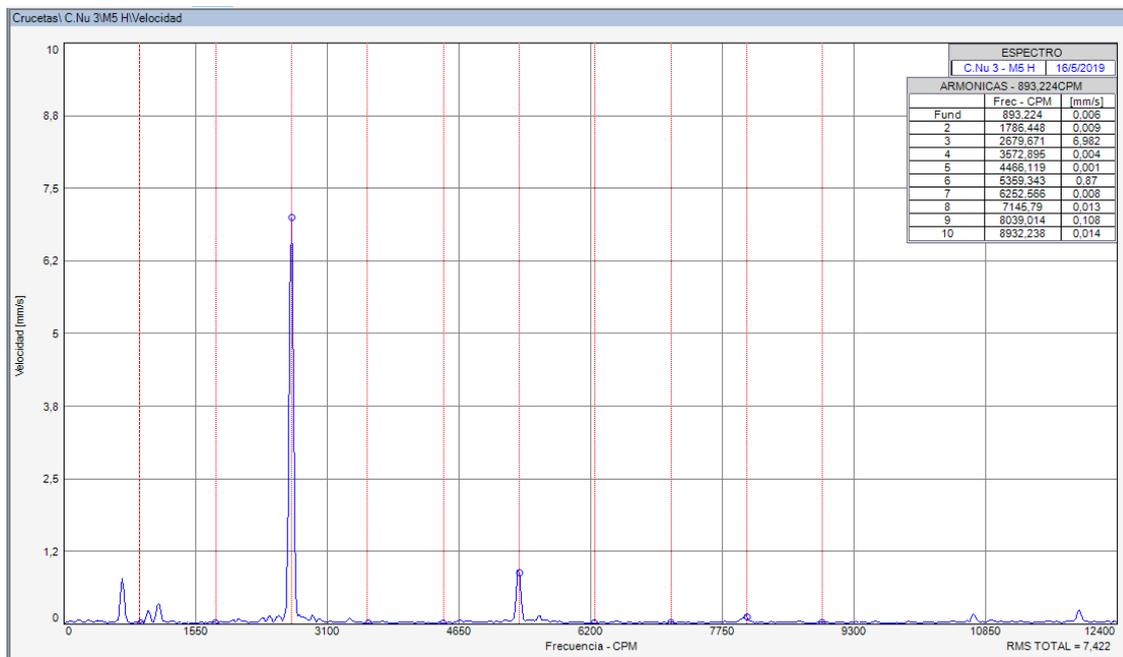


Figura 71-4. Espectro de velocidad variable M5 H

Fuente: Software MAINTraqPredictive

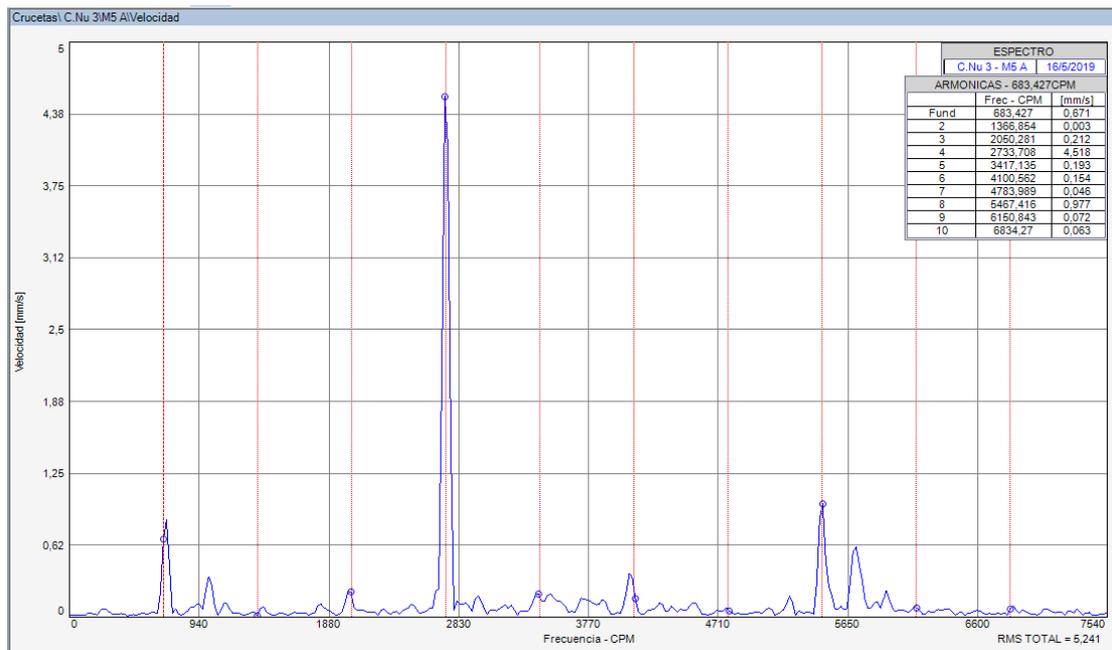


Figura 72-4. Espectro de velocidad variable M5 A

Fuente: Software MAINTraQPredictive

Análisis espectral. En los puntos M2 V, M2 H y M4 A, se observa presencia de armónicos síncronos a la velocidad de giro por lo que se asume la opción de que en la vibración captada en los dos espectros se origine en estos puntos del sistema de transmisión Cardan. Cabe resaltar que para captar el espectro M2 V y M2 A, la frecuencia de giro nominal del motor es de 860 RPM, para M4 H, la frecuencia de giro nominal del motor es de 2040 RPM aproximadamente en los tres casos. El espectro predominante en este punto es el M2 V con un valor máximo en RMS de 16.52 mm/s.

Diagnóstico. Para la determinación del modo de falla se cita los posibles problemas existentes, que se analizará hasta concluir el modo de fallo que presenta el sistema de acuerdo a las características del espectro.

Producto de la escasa lubricación y la presencia de estriamiento en la cruceta, existe mayor desalineamiento, esto se denota en los puntos M2 V, M2 H y M4 A, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X, 3X y 4X respectivamente en los tres espectros captados con picos muy elevados.

Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una Etapa 4 de daños del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

CONCLUSIONES

En el punto 1 con cruceta nueva sus armónicos son síncronos ya que su 1X tiene un valor entre 18,67 y 20,01 Hz, se presenta un mínimo desalinamiento el cual que es proporcionado por el sistema mismo e incluso por vibraciones ajenas al sistema tales como el funcionamiento del motor. No así en el punto 2 ya que en este se presentan armónicos con valores entre 3.08 y 6.46 Hz, muy por debajo de los valores en el punto 1, el desequilibrio presente es imperceptible. En cuanto al punto 3 vamos a tener la presencia de vibraciones contaminantes generadas por el sistema diferencial pero no van a inferir mucho en los valores de sus armónicos, tales están entre 3.36 y 5.42 Hz, en los 3 puntos de análisis no presentan armónicos en el orden de 2X y 3X, por lo que Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

Con la simulación de fallas y los datos obtenidos se determinó que la cruceta se desempeña en condiciones óptimas cuando en sus tres planos sus armónicos se comportan síncrono a la velocidad de giro a la que esté sometido.

En el punto 1 con cruceta usada sus armónicos son síncronos ya que su 1X tiene un valor entre 22,54 y 23,02 Hz, se presenta desalinamiento el cual que es proporcionado por el sistema mismo e incluso por vibraciones ajenas al sistema tales como el funcionamiento del motor. No así en el punto 2 ya que en este se presentan armónicos con valores entre 7,03 y 9,06 Hz, muy por debajo de los valores en el punto 1, el desequilibrio presente es imperceptible. En cuanto al punto 3 vamos a tener la presencia de vibraciones contaminantes generadas por el sistema diferencial pero no van a inferir mucho en los valores de sus armónicos, tales están entre 1,21 y 4,97 Hz, en los 3 puntos de análisis se presentan armónicos en el orden de 2X y 3X, por lo que Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a holgura mecánica de tipo A ya que es propia del sistema de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan

En el punto 1 con cruceta dañada sus armónicos son síncronos ya que su 1X tiene un valor entre 16,83 y 17,23 Hz, se presenta desalinamiento, ya que aparecen armónicos en el orden de 2X, 3X y 4X respectivamente en los tres espectros captados con picos muy elevados. Se concluye que el modo de falla que se está desarrollando corresponde a una Etapa 4 de daños del rodamiento de acuerdo a las cartas de Charlotte, dicha vibración se genera a la frecuencia del sistema de transmisión posterior Cardan.

RECOMENDACIONES

La toma de los datos se recomienda realizarlos con extrema precaución ya que los ejes giratorios pueden ser peligrosos, estos pueden engancharse en la ropa, la piel, el pelo, las manos, etc. y causar lesiones graves o la muerte. Es Peligroso pasar por debajo del vehículo cuando el motor está en marcha.

Al momento de montar la cruceta dañada en el eje de transmisión, se recomienda verificar que las arandelas de sujeción se encuentren introducidas en sus guías de manera correcta para no tener imprevistos graves al momento de encender el motor y proceder a tomar los datos.

Se recomienda tener extrema precaución con el cable de comunicación del acelerómetro y el equipo de vibración ya que debido a la cercana posición en la que se encuentra el acelerómetro este cable puede llegar a engancharse con el eje de transmisión y causar daños tanto a la persona como al equipo en sí.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, R. *Metodología de la investigación: Operacionalización de Variables*. Medellín : McGraw-Hill., 2012 pp 54.

ORTEGA, ANICETO. *Tutorial de vibraciones para la telemetría*. Mexico: 2014. pp. 15.

ARBAIZA, PEDRO NICOLAS MOLINA. *Estudio de factibilidad de una empresa de Telemetría en el Ecuador . Tesis (Pregrado)*. Guayaquil : Universidad Ecotec, 2010.

ARMIJOS, JHONNY OMAR. *Diseño del sistema de potencia de un prototipo de vehículo mediante el uso de energía solar para la competencia de vehículos world solar challenge.” (Tesis) Pregrado*. Riobamba : DspaceEspoch, 2017. [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6994>

BERRONES, VICTOR HUGO TAPIA. *Diseño e implementación de un sistema de transferencia de datos por telemetría para un vehículo de competencia con el uso tecnología inalámbrica bluetooth” (Tesis) Pregrado*. Riobamba : DspaceEspoch, 2013. [Consulta: 23 septiembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2918>

GARAVITO, JULIO. *Protocolo de vibraciones* . Colombia: Laboratorios Produccion , 2011.

GARCÍA, ANGEL YCÁN & ESPINOSA, ALFREDO HERNÁNDEZ. *Estudio y oferta de una Red de Telemetría y Telecontrol para la OBE de Ciego de Avila. (Tesis) Pregrado*. Viilla Clara Cuba : Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas., 2004. [Consulta: 3 septiembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/5725>

HERNÁNDEZ, JUAN CAMILO QUINTERO. *Diseño de un sistema de ordeño mecánico portátil*. Medellín: EAFIT, 2010.

IDEARA, SL. *Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control*. España : Pontevedra, 2014.

INSTITUTO ECUATORIANO DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. *VI Censo de población*. Riobamba: UNFPA, 2010.

EL UNIVERSO. *La energía solar se abre terreno en Ecuador 2017*, EL UNIVERSO, pp. 12.

ISO 2041. *Vibracion y choques-Vocabulario*. 2009

LLANES, RUDOL KATARI HUALLPA. *Software de Telecontrol y telemetría para el proceso de medición y control de nanosatélite Wara. (Tesis). Pregrado.* Puno : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2014. [Consulta: 14 octubre 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2636>

MENÉNDEZ, MIGUEL ÁNGEL. *Telemetría: Un poco de historia.* España : EA1BCU, 2015.

MENESES, CARLOS. *Análisis de Vibraciones.* Colombia : s.n., 2015.

MONTGOMERY, DOUGLAS. *Diseño y análisis de Experimentos.* México : Limusa S.A., 2004.

MORA, MIGUEL ANGEL & CRUZ, BLADIMIR BARRAGÁN. *Telemetría para un automóvil de carreras (Tesis). Pregrado.* Bogotá : UNIVERSIDAD DE LA SALLE, 2007. [Consulta: 14 octubre 2018]. Disponible en: repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/16189/2/44991102.pdf

VISO, ESTEBAN. *Qué son los coches solares y cómo funcionan.* 2017, Tecvolución, pp. 17.

PATHFINDER, MARS. *Vehículo solar.* 2017, American Solar Challenge on solar cars article, pág. 10.

VERGARA BARRIOS, PEDRO *Evaluación del potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga.* Colombia. : Revista UIS Ingenierías, 2014. pp. 47-52. [Consulta: 1 octubre 2018]. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/49-57>

ANEXOS

Anexo A. Resultados de ensayos realizados.

Datos en el punto 1 con cruceta usada				
RPM	Frecuencia			
94,7	4,34	vert		condiciones normales
94,7	7,72	hori		condiciones normales
94,7	0,62	axial		condiciones normales
481	18,28	vert		marcha 1
481	8,7	hori		marcha 1
481	0,91	axial		marcha 1
860	16,64	vert		marcha 2
860	8	hori		marcha 2
860	0,92	axial		marcha 2
1460	17,23	vert		marcha 3
1460	8,7	hori		marcha 3
1460	1,16	axial		marcha3
2040	15,85	vert		marcha 4
2040	8,33	hori		marcha4
2040	1,07	axial		marcha4
2771	18,57	vert		marcha 5
2771	9,06	hori		marcha5
2771	1,55	axial		marcha 5
Datos en el punto 1 con cruceta nueva				
94,7	3,89	vert		condiciones normales
94,7	6,2	hori		condiciones normales
94,7	0,7	axial		condiciones normales
481	19,54	vert		marcha 1
481	7,39	hori		marcha 1
481	1,19	axial		marcha 1
860	16,16	vert		marcha 2
860	6,63	hori		marcha 2
860	1,13	axial		marcha 2
1460	18,63	vert		marcha 3
1460	7,7	hori		marcha 3
1460	1,34	axial		marcha3
2040	15,89	vert		marcha 4
2040	6,36	hori		marcha4
2040	1,43	axial		marcha4
2771	20,68	vert		marcha 5
2771	9,17	hori		marcha5

2771	1,4	axial	marcha 5
Datos en el punto 2 con cruceta usada			
96	3,12	vert	condiciones normales
96	1,01	hori	condiciones normales
96	0,9	axial	condiciones normales
487	0,13	vert	marcha 1
487	0,51	hori	marcha 1
487	1,49	axial	marcha 1
871	3,6	vert	marcha 2
871	0,57	hori	marcha 2
871	1,11	axial	marcha 2
1464	4,04	vert	marcha 3
1464	0,79	hori	marcha 3
1464	1,39	axial	marcha3
2049	3,47	vert	marcha 4
2049	0,79	hori	marcha4
2049	1,31	axial	marcha4
2757	4,54	vert	marcha 5
2757	0,84	hori	marcha5
2757	1,75	axial	marcha 5
Datos del punto 2 con cruceta nueva			
96	3,08	vert	condiciones normales
96	0,77	hori	condiciones normales
96	0,32	axial	condiciones normales
487	3,18	vert	marcha 1
487	1,23	hori	marcha 1
487	1,17	axial	marcha 1
871	3,08	vert	marcha 2
871	0,77	hori	marcha 2
871	2,7	axial	marcha 2
1464	8,92	vert	marcha 3
1464	3,22	hori	marcha 3
1464	3,05	axial	marcha3
2049	4,71	vert	marcha 4
2049	1,2	hori	marcha4
2049	2,8	axial	marcha4
2757	6,46	vert	marcha 5
2757	1,34	hori	marcha5
2757	3,45	axial	marcha 5

Datos del punto 3 con cruceta usada				
97	1,09	vert	condiciones normales	
97	0,3	hori	condiciones normales	
97	0,56	axial	condiciones normales	
478	1,21	vert	marcha 1	
478	0,66	hori	marcha 1	
478	1,05	axial	marcha 1	
871	1,62	vert	marcha 2	
871	0,72	hori	marcha 2	
871	1,55	axial	marcha 2	
1466	1,99	vert	marcha 3	
1466	1,25	hori	marcha 3	
1466	0,99	axial	marcha3	
2066	2,28	vert	marcha 4	
2066	0,94	hori	marcha4	
2066	1,74	axial	marcha4	
2782	4,97	vert	marcha 5	
2782	1,98	hori	marcha5	
278	2,49	axial	marcha 5	
Datos del punto 3 con cruceta nueva				
97	0,79	vert	condiciones normales	
97	0,46	hori	condiciones normales	
97	0,47	axial	condiciones normales	
478	1,46	vert	marcha 1	
478	0,62	hori	marcha 1	
478	1,57	axial	marcha 1	
871	2,49	vert	marcha 2	
871	0,73	hori	marcha 2	
871	2,25	axial	marcha 2	
1466	3,32	vert	marcha 3	
1466	2,24	hori	marcha 3	
1466	1,71	axial	marcha3	
2066	6,68	vert	marcha 4	
2066	1,26	hori	marcha4	
2066	2,89	axial	marcha4	
2782	9,46	vert	marcha 5	
2782	7,42	hori	marcha5	
2782	5,24	axial	marcha 5	

Datos del punto uno con cruceta Dañada			
94,7	4,21	vert	condiciones normales
94,7	5,18	hori	condiciones normales
94,7	0,53	axial	condiciones normales
481	16,83	vert	marcha 1
481	7,49	hori	marcha 1
481	1,05	axial	marcha 1
860	16,52	vert	marcha 2
860	8,08	hori	marcha 2
860	1,19	axial	marcha 2
1460	17,2	vert	marcha 3
1460	8,44	hori	marcha 3
1460	1,33	axial	marcha3
2040	16,72	vert	marcha 4
2040	8,15	hori	marcha4
2040	1,23	axial	marcha4
2771	16,98	vert	marcha 5
2771	10,14	hori	marcha5
2771	1,22	axial	marcha 5