

**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE VIBRACIONES MECÁNICAS PARA
LA EMPRESA BAVARIA S.A. SEDE BUCARAMANGA.**

**CAMILO ANDELFO BONILLA CASTRO
NINO GIOVANNY CHACÓN ARDILA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE VIBRACIONES MECÁNICAS PARA
LA EMPRESA BAVARIA S.A. SEDE BUCARAMANGA.**

**CAMILO ANDELFO BONILLA CASTRO
NINO GIOVANNY CHACÓN ARDILA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

**DIRECTOR:
ALFONSO GARCÍA CASTRO
Ingeniero Mecánico**

**CODIRECTOR:
CARLOS LEONEL MORA ESTUPIÑÁN
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

Dedicado

A Dios por bendecirme con este logro.

A mis padres por su amor, esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos por su ánimo y apoyo incondicional.

A mi Isabella por brindarme tanta alegría.

A mis amigos por compartir tanto buenos como malos momentos.

Camilo Andelfo Bonilla Castro

Dedicado

A mi madre por su incansable e implacable esfuerzo para ser lo que hoy soy.

A mi padre por sus consejos y su gran huella implantada en mí.

*A mis hermanas por su apoyo y su gran alegría, que ayudaron a sortear los
problemas.*

A mi novia por su gran comprensión y apoyo incansable.

*Y a todos mis amigos que ayudaron a que este proyecto culminara de la mejor
forma imaginable, gracias a todos.*

Nino Giovanny Chacón Ardila

CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	20
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	21
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
2. GENERALIDADES DE LAS VIBRACIONES, FALLAS Y TRATAMIENTOS.....	23
2.1 VIBRACIÓN	23
2.1.1 Naturaleza física de la vibración mecánica.....	25
2.1.1.1 Vibración libre	25
2.1.1.2 Vibración forzada.....	26
2.1.1.3 Vibración Aleatoria.....	26
2.1.2 Movimiento Vibratorio	26
2.1.3 Frecuencia	27
2.1.4 Amplitud.....	28
2.1.5 Fase.....	29
2.1.6 Desplazamiento	29
2.1.7 Velocidad	30
2.1.8 Aceleración.....	30
2.2 MÁQUINAS ROTATIVAS.....	30
2.2.1 Análisis espectral.....	31
2.2.2 Tipos de máquinas y sus características	32
2.2.3 Condición de equipos - Normas de severidad	34
2.3 DESBALANCE	35
2.3.1 Tipos de desbalance.....	36

2.3.1.1 Desbalance estático	36
2.3.1.2 Desbalance par.....	36
2.3.1.3 Desbalance casi-estático	36
2.3.1.4 Desbalance dinámico	37
2.3.2 Características del desbalance.....	37
2.3.3 Corrección del desbalance	38
2.3.3.1 Balanceo estático	39
2.3.3.2 Balanceo dinámico en un plano.....	39
2.3.3.3 Balanceo dinámico en dos planos	40
2.3.4 Calidad del balanceo	41
2.4 DESALINEAMIENTO	44
2.4.1 Tipos de desalineamiento	44
2.4.2 Características del desalineamiento	45
2.4.3 Corrección de desalineamiento	46
2.5 SOLTURA MECÁNICA.....	47
2.6 PASO DE DIENTES POR ENGRANAJES.....	48
2.6.1 Engranajes	48
2.6.1.1 Tipos de engranajes	49
2.6.2 Vibración causada por problemas en engranajes.....	53
2.7 ANALIZADOR DE VIBRACIONES LEONOVA INFINITY	54
2.7.1 Funciones analizador.....	55
2.8 ALINEADOR LASER FIXTURLAZER XA	56
2.9 VARIADOR DE VELOCIDAD.....	58
2.9.1 Tipos de variadores de velocidad	58
2.9.1.1 Variadores mecánicos.....	58
2.9.1.2 Variadores hidráulicos.....	59
2.9.1.3 variadores electro-electrónicos	59
3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PARTES DEL BANCO	61

3.1 ESPECIFICACIÓN DEL BANCO A DISEÑAR	61
3.2 COMPONENTES DEL BANCO	62
4. DISEÑO CONCEPTUAL.....	64
5. CÁLCULOS Y DIMENSIONES DE ELEMENTOS	66
5.1 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL.....	66
5.1.1 Nomenclatura	66
5.1.2 Cálculo del peso del eje.....	69
5.1.3 Cálculo del peso del disco de balanceo.....	70
5.1.4 Fuerza generada en los engranajes	70
5.1.5 Fuerza generada por desequilibrio másico.....	71
5.1.6 Cálculo del diámetro por resistencia.....	71
5.1.7 Cálculos del diámetro por fatiga	77
5.1.8 Análisis CAD- CAE en SolidWorks	79
5.1.9 Diseño final del eje	81
5.1.10 Tolerancias sobre el eje.....	81
5.2 DISEÑO DE EJE AUXILIAR	82
5.2.1 Análisis por resistencia	83
5.3 DISEÑO DE CHAVETAS.....	86
5.3.1 Nomenclatura	86
5.3.2 Cálculo de longitud mínima	87
5.4 ANÁLISIS DE VELOCIDADES CRÍTICAS.....	88
5.4.1 Nomenclatura	89
5.4.2 Cálculo de primera velocidad critica según Rayleigh.....	90
5.4.3 Cálculo de primera velocidad critica según Dunkerley	92
5.5 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DEL BANCO	93
6. SELECCIÓN DE ELEMENTOS	97
6.1 SELECCIÓN DE ACOUPLE.....	97
6.2 SELECCIÓN CHUMACERAS Y COJINETES	101

6.3 SELECCIÓN MECANISMO DE DESPLAZAMIENTO.....	102
6.3.1 Descripción del mecanismo	102
6.4 SELECCIÓN DE FRENO.....	105
6.4.1 Funcionamiento del freno propuesto	106
7. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA.....	109
8. PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	111
8.1 PRUEBA DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	111
8.2 PRUEBA DE BALANCEO DINÁMICO EN DOS PLANOS.....	118
8.3 PRUEBA DE PASO DE DIENTES POR ENGRANAJES.....	125
8.4 PRUEBA DE SOLTURA MECÁNICA	128
9. CONCLUSIONES	132
10. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	135
ANEXOS	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formas de ver las señales de vibración.....	27
Figura 2. Tipos de desbalance.....	36
Figura 3. Espectro de desbalance.	37
Figura 4. Balanceo en dos planos.....	40
Figura 5. Nivel aceptable de desbalance.	43
Figura 6. Tipos de desalineamiento.	44
Figura 7. Espectro con presencia de desalineamiento.	45
Figura 8. Desalineamiento paralelo.	46
Figura 9. Apariencia de desalineamiento.....	46
Figura 10. Soltura mecánica.	48
Figura 11. Engranaje recto.	49
Figura 12. Engranajes internos.....	50
Figura 13. Engranaje helicoidal.....	51
Figura 14. Engranaje doble helicoidal.....	52
Figura 15. Engranajes helicoidales para ejes cruzados.....	52
Figura 16. Gráfica de un espectro de una caja de engranajes.	54
Figura 17. Analizador de vibraciones Leonova Infinity.....	56
Figura 18. Alineación de ejes.....	57
Figura 19. Banco de pruebas.....	65
Figura 20. Ubicación de fuerzas XY.....	72
Figura 21. Análisis plano XY.....	73
Figura 22. Ubicación de fuerzas XZ.....	74
Figura 23. Análisis plano XZ.	75
Figura 24. Análisis de desplazamiento.	79
Figura 25. Deformaciones unitarias.	80
Figura 26. Factor de seguridad.....	80

Figura 27. Modelo final.	81
Figura 28. Tolerancias eje - acople.....	82
Figura 29. Tolerancias eje - discos de balance.....	82
Figura 30. Análisis eje auxiliar.	84
Figura 31. Modelo eje auxiliar.	86
Figura 32. Deformaciones método Rayleigh.	91
Figura 33. Deformaciones método Dunkerley.....	92
Figura 34. Primer modo de Vibración.	94
Figura 35. Segundo modo de vibración.	94
Figura 36. Tercer modo de vibración.	95
Figura 37. Cuarto modo de vibración.....	95
Figura 38. Quinto modo de vibración.....	96
Figura 39. Acople omega.....	97
Figura 40. Características de acoples.....	100
Figura 41. Cojinete.....	101
Figura 42. Chumacera.	102
Figura 43. Mecanismo de desplazamiento.	103
Figura 44. Desalineamiento paralelo.	104
Figura 45. Placas de desalineamiento.	104
Figura 46. Freno.	106
Figura 47. Guías de freno.	107
Figura 48. Desplazamiento del freno.	107
Figura 49. Freno en funcionamiento.	108
Figura 50. Toma de vibraciones.....	111
Figura 51. Espectro de desalineamiento al 2x.	112
Figura 52. Montaje mordazas.	112
Figura 53. Montaje sensores.....	112
Figura 54. Conexión de sensores.	113

Figura 55. Alineación de sensores.....	113
Figura 56. Dimensiones básicas.....	114
Figura 57. Toma de datos con alineador.	114
Figura 58. Resultados de desalineamiento horizontal.	115
Figura 59. Tolerancias admitidas.....	116
Figura 60. Corrección desalineamiento.	116
Figura 61. Espectro sin desalineamiento.	117
Figura 62. Selección de referencias.....	119
Figura 63. Medición de vibración en planos.....	119
Figura 64. Espectro de desbalance al 1x.....	120
Figura 65. Ubicación de masa en plano 1.....	120
Figura 66. Ubicación masa de prueba plano 2.....	121
Figura 67. Valores calculados - Valores puestos.....	122
Figura 68. Ubicación de masas de corrección.	122
Figura 69. Valores después de corrección.....	122
Figura 70. Grado de calidad de balanceo.	124
Figura 71. Montaje en soporte.	125
Figura 72. Establecer RPM.....	126
Figura 73. Toma de vibraciones.....	126
Figura 74. Espectro de paso de dientes.	127
Figura 75. Inducción de soldadura mecánica.	128
Figura 76. Toma de vibraciones con analizador CSI.	129
Figura 77. Espectro de soldadura mecánica.....	129
Figura 78. Ajuste de máquina.	130
Figura 79. Estado final.	130

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación temporal.	24
Cuadro 2. Conversión entre valores.	29
Cuadro 3. Clasificación de máquinas según criticidad.	31
Cuadro 4. Máquinas y características de excitación.	32
Cuadro 5. Clasificación de máquinas rotativas.	34
Cuadro 6. Severidad de la vibración.	35
Cuadro 7. Métodos de balanceo.	38
Cuadro 8. Calidad de balanceo.	42
Cuadro 9. Dimensiones comercial de cuñas.	87
Cuadro 10. Factor de servicio.	98
Cuadro 11. Tamaño de acople.	99
Cuadro 12. Límite de velocidad de operación.	99
Cuadro 13. Dimensiones admisibles.	100
Cuadro 14. Presupuesto total para construcción.	109
Cuadro 15. Resultados primera toma de datos.	115
Cuadro 16. Segunda toma de datos.	117
Cuadro 17. Datos de toma de vibraciones.	121

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Planos.	138
Anexo B. Lecciones de un punto (LUP).	162
Anexo C. Catálogo de analizador Leonova Infinity.	215
Anexo D. Catálogo variador de velocidad.	235
Anexo E. Catálogo motor.	244
Anexo F. Catálogo acople omega.	248
Anexo G. Tablas factores de Marin y concentradores de esfuerzos.	254

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE VIBRACIONES MECÁNICAS PARA LA EMPRESA BAVARIA S.A. SEDE BUCARAMANGA*.

AUTORES:

Camilo Andelfo Bonilla Castro

Nino Giovanny Chacón Ardila**

PALABRAS CLAVE:

Vibraciones mecánicas, banco de pruebas, espectro, analizadores.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo del siguiente proyecto de grado se basa en diseñar un banco de pruebas de vibraciones mecánicas, que pueda ser apoyo y soporte al aprendizaje del personal y servicios de mantenimiento de la empresa Bavaria S.A. Sede Bucaramanga.

Con tal fin, se buscó implementar un número de fallas y efectos comunes en la instalación y funcionamiento de una máquina rotativa, como lo son el desalineamiento, desbalanceo másico, soltura mecánica y paso de dientes por engranajes, estos efectos llevan al instruido a empezar a inducirse en el amplio mundo de las vibraciones mecánicas y las consecuencias que estas generan en la máquina y en las de su entorno.

Para el desarrollo del proyecto se diseñó un banco donde se pueden generar y corregir las fallas anteriormente nombradas y estas son monitoreadas por medio de un analizador de vibraciones Leonova Infinity y un equipo de alineamiento SKF, estas pruebas pueden ser modificadas mediante un variador de velocidad, el cual nos muestra el efecto de la frecuencia con respecto a las vibraciones mecánicas y además nos permite acercarnos un poco más a la realidad de operación de la maquinaria que se encuentra en Bavaria S.A. Sede Bucaramanga.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingeniería Físico Mecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director de proyecto: Ing. Alfonso García Castro. Codirector: Ing. Carlos Mora Estupiñán.

ABSTRACT

TITLE:

DESIGN OF A TEST BENCH OF MECHANICAL VIBRATIONS TO THE COMPANY BAVARIA S.A. HEADQUARTERS BUCARAMANGA.*

AUTHORS:

CAMILO ANDELFO BONILLA CASTRO

NINO GIOVANNY CHACON ARDILA**

KEY WORDS:

Mechanical Vibrations, testing bank, spectrum, analyzers.

DESCRIPTION:

The objective of this grade project is to design a vibes mechanical testing bank, which be a knowledge help and support to the personal and to the maintenance service the company Bavaria in Bucaramanga.

For this, we sought to implement a number of failures and common effects in the installation and operation of rotary machine, as misalignment, imbalance in the masses, mechanical fluency and gear-tooth pitch. These effects teach to the personal to introduce in the wide world mechanical vibrations and the impact than generate in the machine and all at its surrounding.

To developing the project was designed a testing bank where can be generated and corrected the failures named before; and also these can be monitored through a Leonova Infinity vibration analyzer and SKF alignment equipment. These testing can be altered using a speed shifter; which show us the effect of the frequency in respect mechanical vibration and besides let us a little closer to the real operation of Bavaria machinery in Bucaramanga.

*Project of grade.

** Faculty of Physical-Mechanical. Engineering School. Director Ing. Alfonso García Castro. Codirector: Carlos Mora Estupiñán.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel industrial, es de gran importancia garantizar el óptimo funcionamiento de las máquinas. Es por esto que se han generado diversas técnicas, que apoyadas por equipos de cómputo e internet, son útiles para lograr dicha actividad.

Históricamente se han trabajado diferentes estrategias de mantenimiento, tales como, el mantenimiento correctivo; donde la filosofía de esta práctica es operar la máquina hasta que se averíe y luego realizar la tarea de corrección respectiva. El mantenimiento preventivo; se aplica a ciertos equipos que cuentan con información del fabricante, donde se especifican las posibles fallas que puede presentar la máquina y el periodo de tiempo probable donde ocurriría dicha falla. El mantenimiento predictivo; se basa en diagnosticar la maquina en operación, usando técnicas apropiadas, como lo son el análisis de aceite, análisis de vibraciones y medición de temperaturas entre otras, para detectar cualquier tipo de falla en los elementos, permitiendo a la gerencia de una planta la creación de un programa de mantenimiento efectivo el cual, le proporciona mayor control de sus máquinas. Esto hace que el mantenimiento predictivo sea la estrategia más aventajada frente a las demás.

Cumpliendo con el propósito de la Universidad Industrial de Santander de vincular el conocimiento y la información con la industria, se busca brindar apoyo en el proyecto de Bavaria S.A. de ser una empresa de clase mundial, donde se aplica una práctica muy importante como lo es el mantenimiento productivo total (TPM), que lleva a cabo filosofías de: mantenimiento preventivo-predictivo, mejora continua, constante capacitación y formación del personal. Dicho apoyo se fundamenta en el diseño y posterior elaboración de un banco de vibraciones mecánicas útil para el estudio, preparación y entrenamiento en una disciplina tan importante como lo es el análisis periódico de vibraciones.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la industria actualmente se están aplicando diversos tipos de mantenimiento, los cuales dependen del análisis previo y seguimiento que requiere cada maquinaria, según su importancia y necesidad dentro de los procesos de cada empresa. El mantenimiento predictivo es uno de ellos, éste está siendo utilizado con mayor frecuencia en las compañías, con ánimo de expansión y mejoramiento de sus procesos, ya que está basado en la identificación del estado de las máquinas en funcionamiento y posibles fallas presentes que afecten su desempeño.

Las vibraciones mecánicas hacen parte de la rama de la ingeniería mecánica, que pretende apoyar la filosofía del mantenimiento predictivo, ya que para hacer un análisis correcto de estas vibraciones se tiene una herramienta bastante precisa, confiable y de fácil manipulación, con la cual se pueden obtener y emitir diagnósticos del estado de las máquinas que se encuentren operando en una empresa.

Las fallas más comunes presentes en el análisis de vibraciones mecánicas son desbalanceo másico, desalineamiento de ejes, soldadura mecánica y desgaste en cojinetes entre otras. En las máquinas rotodinámicas vemos estos tipos de falla frecuentemente, las cuales pueden causar deterioro y pérdida de las piezas, ruido y calentamiento, que conllevan a una pérdida de eficiencia y por tanto genera un aumento en el costo económico operativo. Por ésta razón la empresa Bavaria S.A. sede Bucaramanga, requiere la implementación de un banco de pruebas de vibraciones mecánicas, mediante el cual pueda instruir el personal a cargo de las operaciones de mantenimiento concernientes a ésta práctica.

1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Con el fin de suplir las necesidades presentes en la industria colombiana, en la aplicación de mantenimiento predictivo y en aras de incentivar el conocimiento de las vibraciones mecánicas y al mismo tiempo cumplir con la misión de la Universidad Industrial de Santander, se pretende capacitar y relacionar al operario con la detección de fallas en máquinas rotativas, y así, formar personal competente en este campo para lograr un excelente desempeño en el área de mantenimiento preventivo y predictivo que se esté aplicando y desarrollando en la empresa.

Al implementar este proyecto de grado, se pretende fomentar y aumentar el estudio de las vibraciones mecánicas en la empresa Bavaria S.A. sede Bucaramanga, al mostrar, la gran importancia que presentan éstas al momento de identificar y evaluar el desempeño y estado de la maquinaria dentro de la compañía, de igual forma, pretender incentivar el estudio de espectros que muestren las características propias de algunos equipos, que se encuentran en esta corporación, y además añadir el manejo de dispositivos adquiridos por ésta fábrica que pueden ser de gran utilidad para evolucionar un paso más en la optimización de los procesos con que ellos cuentan.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo General

- Proporcionar los conocimientos adecuados a la industria regional, diseñando herramientas prácticas para la capacitación y mejoramiento del mantenimiento predictivo en la empresa Bavaria S.A., mediante un banco de pruebas de vibraciones mecánicas dirigido a la orientación del personal adscrito a la división de mantenimiento de activos de ésta empresa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un banco de pruebas de vibraciones mecánicas, mediante el cual se puedan desarrollar prácticas de alineamiento de ejes, balanceo másico de rotores rígidos en dos planos, soldadura mecánica y paso de dientes por engranajes y con esto buscar capacitar al personal encargado del mantenimiento en la empresa Bavaria S.A.
- Documentar e implementar las prácticas anteriormente nombradas por medio de un analizador de vibraciones y un equipo de alineamiento por láser.
- Desarrollar las instrucciones de uso LUP (Lecciones de un punto) y las guías respectivas de las prácticas propuestas, donde se establecen los procedimientos de montaje, la toma de datos, y además, se explican las fallas mencionadas anteriormente.

2. GENERALIDADES DE LAS VIBRACIONES, FALLAS Y TRATAMIENTOS

En este capítulo se tratan los fundamentos básicos de las vibraciones y su medición, además, cómo la realización de un análisis vibracional ayuda a establecer la causa de fallas crónicas y de mal funcionamiento, presentes en máquinas rotativas.

La teoría de las vibraciones se relaciona con el estudio de movimientos oscilatorios y las fuerzas asociadas con estos movimientos. En el caso de la vibración mecánica, ésta se transmite a través de bases y estructuras, causando fatiga en elementos estáticos e incluso vibraciones moduladas. Por eso es que en el análisis de maquinaria se requiere de toda la información de la cadena cinemática: el tipo de rodamientos, las velocidades de giro, el número de dientes de las ruedas dentadas, el número de aspas de los ventiladores, las condiciones de soporte, etc. La severidad de la vibración está muy relacionada con las frecuencias resonantes del sistema, que pueden llevarlo a condiciones críticas e inestables.¹

2.1 VIBRACIÓN

En su forma más básica, una vibración se puede considerar como la oscilación o el continuo movimiento de un objeto alrededor de una posición de equilibrio, ésta posición de equilibrio es la que se logrará cuando la fuerza que actúa sobre él es igual a cero.

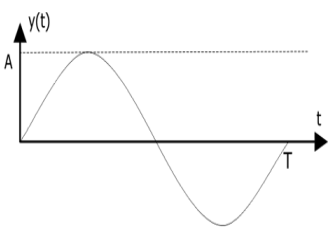
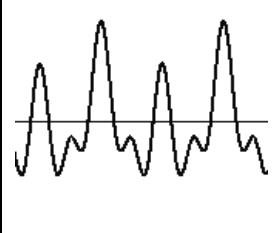
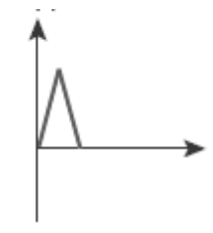
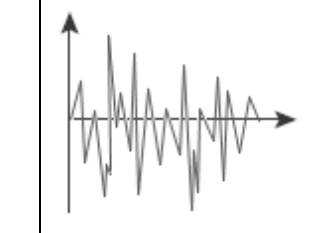
Ahora de acuerdo a la norma ISO 2041, la vibración se define como toda variación en el tiempo, de una magnitud que describe el movimiento o la posición de un

¹ DE SILVA, Clarence W. Vibration-fundamentals and practice. United States of America: CRC Press LLC, 2000.

sistema mecánico, cuando esta magnitud es alternadamente mayor o menor que cierto valor promedio o de referencia.²

Según los diferentes movimientos vibratorios se puede obtener una clasificación basada en el tiempo de la siguiente manera:

Cuadro 1. Clasificación temporal.

MOVIMIENTO VIBRATORIO			
PERIÓDICO		NO PERIÓDICO	
Armónico	No Armónico	Determinístico	Aleatorio
Funciones senoidales	Funciones complejas	Impulsos	Estacionarias y No Estacionarias
			

Fuente: Los autores.

Las características fundamentales para definir o determinar una vibración son: frecuencia, amplitud y fase.

Por otro lado, los parámetros cinemáticos que denotan la amplitud, de la vibración, más usados son: aceleración, velocidad y desplazamiento.

² PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias. Disponible en: <http://www.slideshare.net/RamdolfAntonioArveloLopez>

2.1.1 Naturaleza física de la vibración mecánica³

Las máquinas y estructuras vibran en respuesta a una o más fuerzas pulsantes que a menudo son llamadas fuerzas excitadoras. Por ejemplo el desbalance y el desalineamiento. La magnitud de la vibración no solamente depende de la fuerza sino también de las propiedades del sistema y ambos de la velocidad de la máquina. Las propiedades del sistema son: La masa; Es el peso dividido entre la gravedad. La rigidez; Depende de la elasticidad de la compresión de los materiales del sistema y es expresado en fuerza por unidad de deflexión (lb/pulg, Kg/cm), la rigidez se determina aplicando una determinada fuerza a una estructura y midiendo la deflexión que se produce. La amortiguación; Es la capacidad de un sistema para disipar la energía vibratoria, la amortiguación es proporcional al desplazamiento o a la velocidad en el caso de estructuras.

La causa de la vibración es usualmente controlada por muchos factores tales como; causas operativas para el cual ha sido diseñada la máquina, tolerancias de fabricación e instalación y defectos de los componentes de las maquinas por fabricación o desgaste. La vibración puede ser utilizada para identificar los defectos por diseño, por fabricación, por instalación o por desgaste.

2.1.1.1 Vibración libre

La vibración libre es la oscilación continua de un sistema o estructura, que se presenta inmediatamente después de suprimir o detener la fuerza de excitación. La vibración se produce a la frecuencia natural del sistema y se va debilitando gradualmente a causa de la amortiguación del sistema. Un ejemplo, el giro de un eje al apagar el motor eléctrico que le transmite el movimiento.

³ ESHLEMAN, Ronald L. Vibraciones Básicas de Máquinas. Clerendon Hills: 1999.

2.1.1.2 Vibración forzada

Es la vibración en respuesta a una fuerza externa aplicada a un sistema. Si éste sistema es lineal, la vibración estará a la misma frecuencia que la excitación externa, pero si es no lineal, la vibración ocurrirá a otras frecuencias, especialmente en los armónicos de la frecuencia forzada. La vibración presente en máquinas es una vibración forzada y las excitaciones son el resultado de fenómenos como el desbalance y el desalineamiento, entre otras.

2.1.1.3 Vibración Aleatoria

Este tipo de vibración contiene componentes no periódicos o no determinísticos, de los cuales no se pueden predecir las magnitudes de frecuencia, amplitud y fase. Esto conlleva a que las vibraciones aleatorias produzcan un espectro continuo, compuesto por varias vibraciones armónicas.

2.1.2 Movimiento Vibratorio

El movimiento vibratorio de un cuerpo o estructura se puede describir completamente como una combinación de movimientos individuales de 6 tipos diferentes. Esos son traslaciones en las tres direcciones ortogonales x, y, y z, y rotaciones alrededor de los ejes x, y, y z; Basados en esto se dice que un cuerpo presenta seis grados de libertad.⁴

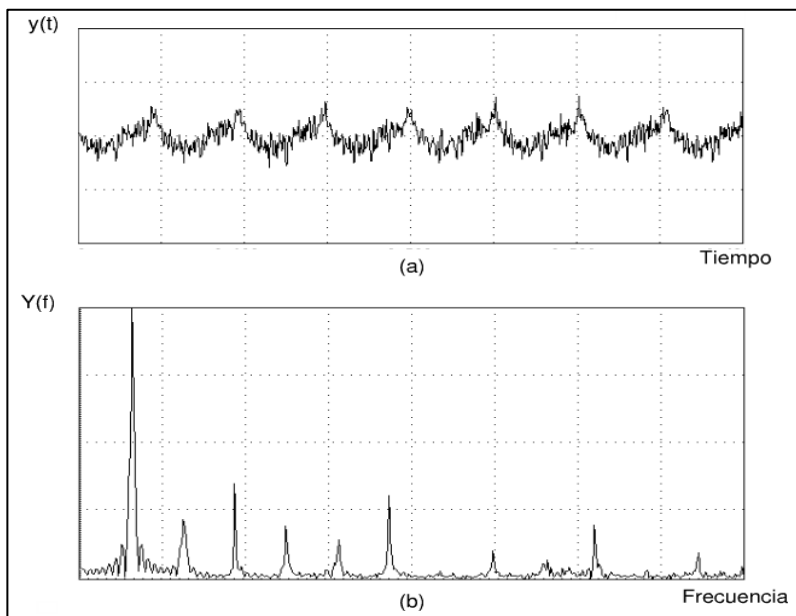
Los sistemas oscilatorios pueden clasificarse en dos grupos: lineales y no lineales: Para los sistemas oscilatorios lineales puede aplicarse el teorema de superposición, y otras técnicas matemáticas para su análisis; no ocurre lo mismo

⁴ BODRE, Ron. Vibraciones en Máquinas. Bainbridge Island: 2010. Disponible en <<http://www.buenas.tareas.com>>

para el segundo tipo de sistemas, además de las pocas técnicas existentes, se hace tediosa su aplicación.

El análisis de las señales de vibración se puede realizar en el dominio del tiempo o de la frecuencia. En el primero el tiempo es la variable independiente y la frecuencia lo es para el segundo dominio; ambos se relacionan por la Transformada de Fourier.

Figura 1. Formas de ver las señales de vibración.



Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

2.1.3 Frecuencia

Se conoce como frecuencia (f), al número de ciclos que ocurren en una determinada cantidad de tiempo (Periodo (T): Es el tiempo necesario para la repetición de un fenómeno periódico, como lo es un ciclo de vibración). Ésta indica la regularidad de una vibración y se expresa en ciclos por segundo (Hertz). Además, la frecuencia es el recíproco o inverso del periodo ($f=1/T$).

2.1.4 Amplitud

Amplitud (A), es la magnitud del desplazamiento que se presenta entre un punto de equilibrio y la desviación máxima, ya sea positiva o negativa.

En un análisis espectral se puede medir la amplitud del desplazamiento, la velocidad o la aceleración, donde estos valores de amplitud de los picos indican el estado de la máquina o la existencia de algún problema. Esta magnitud puede ser expresada en diversas formas, tales como:

Valor pico (p): Es la distancia medida desde el punto neutral o de equilibrio, hasta el punto máximo de la cresta (positivo o negativo). Utilizado por ejemplo, para mostrar la intensidad de un choque.

Valor pico-pico (p-p): Distancia desde el extremo inferior hasta el extremo superior, que es igual a la suma de las amplitudes pico en los dos sentidos del punto neutral. Generalmente se emplea para mediciones de desplazamiento.

Valor medio (rectificado): Enseña un valor estacionario de funcionamiento, aunque no es tan utilizado en la práctica por no hacer referencia directa con alguna magnitud, se define de la siguiente manera:

$$\text{Valor medio} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \left(\int_0^T x(t) dt \right)^n$$

Valor raíz cuadrática media (rms): Valor relacionado con la potencia de la vibración definido por la siguiente ecuación:

$$\text{Valor rms} = \sqrt{\frac{Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_N^2}{N}}$$

Donde, Y_n = valor en cada instante de tiempo

N = números de términos

Para una onda sinusoidal, Valor rms = 0,707*(p)

Cuadro 2. Conversión entre valores.

PARA OBTENER	MULTIPLICAR EL VALOR DE (POR)			
	PICO-PICO	PICO	RMS	VALOR MEDIO (RECTIFICADO)
PICO-PICO	1.000	2.000	2.828	3.142
PICO	0.500	1.000	1.414	1.571
RMS	0.354	0.707	1.000	1.111
VALOR MEDIO (RECTIFICADO)	0.318	0.637	0.900	1.000

Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

2.1.5 Fase

El ángulo de fase de la vibración (ϕ), es una relación de tiempo entre dos ondas sinusoidales, medida en grados entre vibraciones a la misma frecuencia. El atraso o adelanto de fase, se le llama al fenómeno donde una forma de onda puede estar retrasada o adelantada con respecto a otra, dependiendo si el desplazamiento de fase es positivo o negativo respectivamente.

2.1.6 Desplazamiento

El desplazamiento define un cambio de posición; para fines de vibraciones, es la medida relacionada a los esfuerzos de flexión de los elementos de máquina a bajas frecuencias [<10 Hz], ya que para altas frecuencias son magnitudes tan pequeñas que se confunden con ruidos de la señal. Se mide en micras p-p o milis p-p.

$$x = x_0 \text{sen}(wt)$$

Donde,

$$x_o = \text{amplitud pico}, \quad \omega = 2\pi f$$

2.1.7 Velocidad

Es la tasa de cambio del desplazamiento con respecto al tiempo, usualmente se utiliza para la medir la severidad de las vibraciones en máquinas rotativas a altas frecuencias [10-1000 Hz]. Se expresa en m/s o in/s y está dada por:

$$V = \frac{dx}{dt} = \omega x_o \cos(\omega t)$$

2.1.8 Aceleración

Es la tasa de cambio de la velocidad con respecto al tiempo, para análisis de vibraciones, es la medida utilizada a frecuencias muy altas [$>$ a 1000 Hz], y se relaciona con las fuerzas existentes en elementos de máquina. Se da en m/s^2 pero la unidad más recomendada es g 's (unidades gravitacionales). La aceleración se define por:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x_o \sin(\omega t)$$

2.2 MÁQUINAS ROTATIVAS

En una planta es indispensable conocer las características de cada máquina y tener una categorización de las mismas, de acuerdo a su criticidad para la operación, un ejemplo de esto es el método desarrollado por la industria petroquímica (ver Cuadro 3). En éste cuadro se observa cuales máquinas requieren un monitoreo; máquinas de categoría A, B y menos importante categoría C. El tipo de máquina D no justifica su monitoreo por tener bajos costos de reparación.

Cuadro 3. Clasificación de máquinas según criticidad.

CATEGORIA	RESULTADO
A: Critico	Parada no programada. Pérdida significativa de producción.
B:Propenso a fallar	Parada no programada. Reducción de producción pero sin interrupción.
C: Critico leve	Inconvenientes ligeros en producción, costos medios de reparación.
D: No critico	Producción normal, costos leves de mantenimiento.

Fuente: Los autores.

El funcionamiento interno de cada máquina rotativa es característico y único que proporciona una señal de vibración sin igual llamada firma de vibración. Ésta firma indica y ayuda a valorar el equipo ya que proporciona cierta cantidad de información acerca del estado de los componentes internos, basándose en la condición de diseño, manufactura, uso y deterioro. El estudio a fondo de esta información por parte del personal de mantenimiento conlleva un ahorro considerable tanto en operación como en mantenimiento.

2.2.1 Análisis espectral

Al realizar la toma de datos de vibraciones de una máquina, se obtiene una información que al ser analizada e interpretada de forma correcta indica como se está comportando cada componente de la máquina y cuál es su estado. Los pasos para desarrollar un análisis espectral de vibraciones exitoso son:

- Individualización de los picos de vibración en el espectro: identificar el pico correspondiente a la velocidad de rotación del rotor (1x). Si la máquina cuenta

con más de un eje, cada uno presentará su propia frecuencia de rotación. Los picos 1x del eje van acompañados de una serie de armónicos (2x, 3x,..), dependiendo del tipo de fenómeno que esté ocurriendo.

- Determinación del estado de la máquina: diagnosticar la gravedad de los problemas de máquina basándose en el valor de las amplitudes y la relación entre los picos de vibración.
- Recomendaciones apropiadas según corresponda: Brindar sugerencias de acuerdo a la severidad de las fallas.

2.2.2 Tipos de máquinas y sus características

La información de frecuencias naturales y las formas modales de cada equipo, es importante a la hora de diagnosticar el estado de operación de la máquina. Problemas de soltura mecánica, corrosión y otros problemas de funcionamiento, son fácilmente predecibles cuando se cuenta con dicha información.

En el siguiente cuadro se encuentran las características típicas de máquinas específicas.

Cuadro 4. Máquinas y características de excitación.

Tipo de Máquina	Máquina	Características
Máquinas centrifugas-impulsor Tipo	Bombas Centrifugas	Rodamientos rígidos, frecuencia de paso de alabes y sus múltiplos.
	Compresores centrífugos	Frecuencia de paso de alabes de los impulsores, cojinetes de fricción.
	Ventiladores	Frecuencia de paso de paletas, sistema aerodinámico.
	Compresores de flujo axial	Frecuencia de paso de alabes y sus múltiplos.

Máquinas con alabes	Turbinas a vapor- accionamiento mecánico	Frecuencia de alabes, velocidades críticas, desbalance de masas.
	Turbinas de vapor para generación de potencia	Frecuencia de alabes, bajas velocidades, desbalance de masas.
	Turbinas a gas	Frecuencia de paso de alabes y engranes, inestabilidades.
Equipos de transmisión de potencia.	Cajas de engranajes	Frecuencias de engrane Resonancia de carcasas Frecuencias naturales
	Fluidos de accionamiento	Excitación a la frecuencia de deslizamiento, giro de cojinete
	Motores/ Generadores	Vibración inducida por polos, excitación térmica, cortocircuito en el estator
Máquinas Reciprocantes	Máquinas	Distorsión de la carcasa Vibración inducida en los cojinetes, excitación por inercia y presión.
	Bombas y compresores	Alta excitación torsional por inercia y presión.
Equipos pequeños		Fallas en cojinetes, soldadura, problemas en poleas

Fuente: ESHLEMAN, Ronald L. Vibraciones Básicas de Máquinas. Clarendon Hills.

2.2.3 Condición de equipos - Normas de severidad

Para evaluar la condición de una máquina es vital contar con los datos propios de referencia, teniendo en cuenta que máquinas iguales operan a niveles distintos de vibración normales. Las diferencias son causadas por distintos factores como la cimentación, instalación y alineamiento, entre otras. Entonces se dice que el mejor indicador de la condición de operación de un equipo, son los cambios o variaciones que presentan los niveles de vibración con respecto a un espectro de referencia del mismo.

La norma ISO 2372 describe diferentes límites en la condición mecánica de la máquina de acuerdo con la potencia de la misma. Esta norma requiere la medición del nivel general de vibración en valores de la velocidad en RMS dentro de un rango de frecuencias entre 10 Hz y 1000 Hz.

Cuadro 5. Clasificación de máquinas rotativas.

CLASE	DESCRIPCIÓN
Clase I	Equipos pequeños hasta 15 Kw
Clase II	Equipos medios, de 15 a 75 Kw o hasta 300 Kw con cimentación especial
Clase III	Equipos grandes, por encima de 75 Kw con cimentación rígida o de 300 Kw con cimentación especial.
Clase IV	Turbomaquinaria (equipos con RPM > velocidad crítica).

Fuente: <http://www.sinais.es/normativa/iso2372.html>.

Cuadro 6. Severidad de la vibración.

Velocidad (mm/s, rms)	Tipos de máquinas			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0,18 a 0,28	A			
0,28 a 0,45				
0,45 a 0,71				
0,71 a 1,12	B			A
1,12 a 1,8				
1,8 a 2,8	C		B	A
2,8 a 4,5				
4,5 a 7,1	D			C
7,1 a 11,2				
11,2 a 18				
18 a 28	D			

A	Buena	C	Inatisfactoria
B	Satisfactoria	D	Inaceptable

Fuente: <http://www.sinais.es/normativa/iso2372.html>.

2.3 DESBALANCE

El desbalance de masas en una maquina rotativa se presenta cuando el centro de gravedad del rotor no coincide con el centro geométrico. Entre las principales causas de éste fenómeno se encuentra: una distribución no uniforme de la masa en torno al centro de giro y la flexión del eje provocada por el peso del rotor.

La magnitud del desbalance está dada por:

$$F = mew^2$$

Donde, F= Fuerza causada por el desbalance [libras]

m= masa del rotor

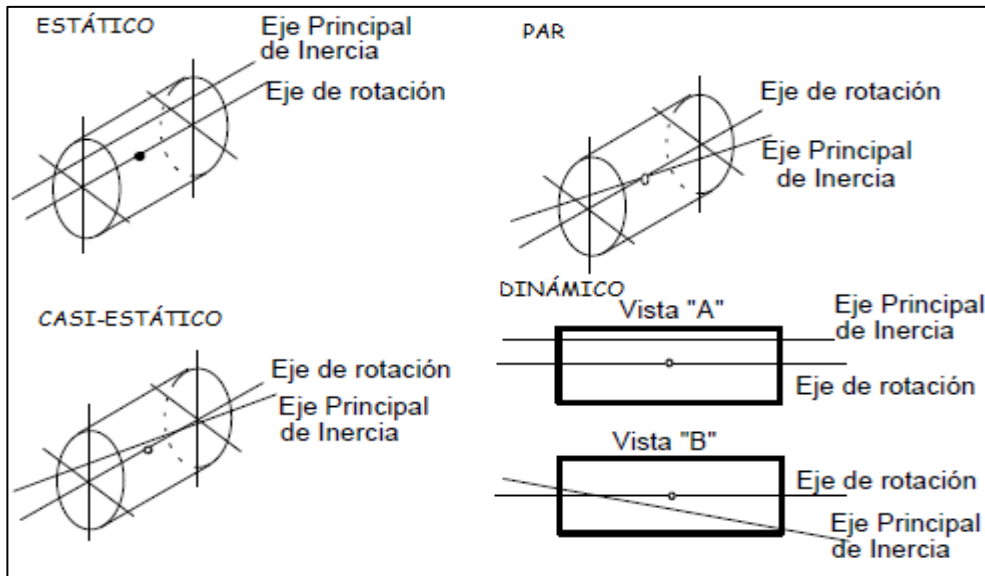
e= excentricidad [pulg]

w= velocidad de la máquina [rad/seg]

2.3.1 Tipos de desbalance

Existen cuatro tipos de desbalance, entre los cuales habrá que decidir el método de balanceo más apropiado según el caso.

Figura 2. Tipos de desbalance.



Fuente: CAPISTRÁN, Vicente y PAREDES, Iván. Diagnóstico de Condiciones de operación de Rodamientos en Máquinas Usando Espectros de alto Orden.

2.3.1.1 Desbalance estático

Este tipo ocurre cuando el eje longitudinal principal de inercia del rotor está desplazado paralelamente con respecto al eje de rotación.

2.3.1.2 Desbalance par

Se observa esta condición cuando el eje principal longitudinal de inercia del rotor intercepta al eje de rotación en el centro de gravedad del propio rotor.

2.3.1.3 Desbalance casi-estático

Está dado por el intercepto del eje longitudinal principal de inercia del rotor con el eje de rotación en un punto arbitrario, lo que quiere decir, en un punto que no coincide con el centro de gravedad del rotor.

2.3.1.4 Desbalance dinámico

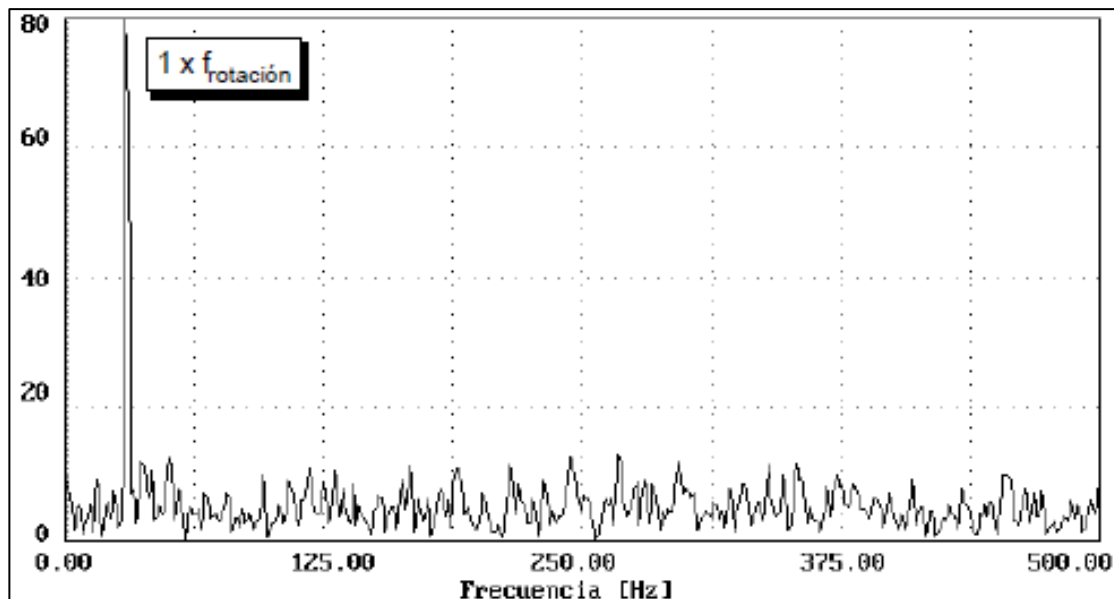
Se presenta cuando el eje longitudinal principal de inercia del rotor no intercepta al eje de rotación y tampoco es paralelo a éste.

2.3.2 Características del desbalance

El desbalance es la fuente principal de vibraciones presentes en máquinas rotativas, causando gran parte de los casos de vibraciones excesivas.

La presencia del desbalance se identifica generalmente a la frecuencia de giro del rotor (1x), pero en algunos casos existe la presencia de armónicas (2x y 3x) con valores inferiores, como resultado del diseño propio de la máquina o por la proximidad de la velocidad de operación a una frecuencia natural. La amplitud de la componente en (1x) se incrementa debido a efectos de soldadura mecánica o resonancias. Esta amplitud de vibración es mayor donde se presenta la menor rigidez de la chumacera.

Figura 3. Espectro de desbalance.



Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

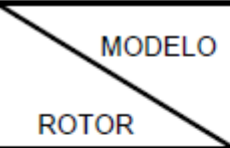
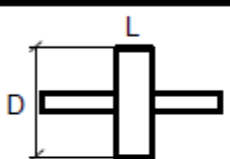
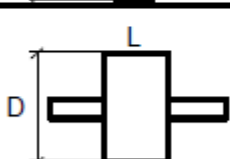

En un análisis de vibración se puede diagnosticar desbalance en una máquina, cuando las lecturas indican que el rotor está vibrando, tanto en el plano horizontal como en el vertical, de una manera muy similar.

2.3.3 Corrección del desbalance

Antes de realizar un balanceo es importante tener en cuenta, la necesidad de corregir o eliminar la fuente de otros problemas que puedan estar afectando la máquina.

Para elegir el modelo de balanceo más apropiado, en la práctica se cuenta con una clasificación según la relación L/D, como se puede ver en la siguiente tabla:

Cuadro 7. Métodos de balanceo.

 MODELO ROTOR	RELACIÓN $\frac{L}{D}$	MODELO DE BALANCEO		
		UN PLANO	DOS PLANOS	MÚLTIPLES PLANOS
	Menor que 0.5	Hasta 1000 RPM	Superior a 1000 RPM	NO
	Mayor que 0.5 y Menor que 2	Hasta 150 RPM	150 - 2000 RPM Superior a 70% Vel. Crítica	Superior a 2000 RPM Superior a 70% Vel. Crítica
	Mayor que 2	Hasta 100 RPM	Superior a 100 RPM y Hasta el 70% Vel. Crítica	Superior a 70% Vel. Crítica

Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

Éste cuadro es solo una guía, ya que en ocasiones hay que proceder de manera diferente a como se indica, es decir según sea el caso, a veces es mejor utilizar el balanceo en dos planos cuando la guía indica un balanceo en un solo plano.

2.3.3.1 Balanceo estático

Radica en realizar un balanceo con el rotor detenido por medio de una prueba estática. Ésta consiste en ubicar el rotor sobre sus cojinetes para luego dejarlo girar libremente hasta que la parte más pesada se posicione en la parte inferior del eje.

Al identificar el desbalance, se inicia un proceso de adición o retiro de masa del lado liviano o del lado pesado respectivamente, hasta conseguir que el rotor se ubique aleatoriamente en posiciones diferentes. Esto indica que se logró un balance de masas.

Éste procedimiento es válido solo para rotores cortos, a los cuales se le puede suponer centralizada su masa en un mismo plano.

2.3.3.2 Balanceo dinámico en un plano

Éste tipo de balanceo se aplica únicamente a rotores cortos, lo que quiere decir rotores con masa ubicada supuestamente en un solo plano. Se aplica cuando el rotor da muestra de desbalance estático. Entonces se puede concluir que para un rotor con desbalance estático, se puede aplicar dos métodos de corrección como lo son, balanceo estático y dinámico en un plano.

El procedimiento para el realizar un balanceo dinámico en un plano consiste en montar el rotor sobre los respectivos soportes que admitan vibraciones en el plano horizontal. Luego, se conecta a un sistema de accionamiento para generar el movimiento causante de vibraciones. Por último, se instalan los sensores correspondientes para medir amplitud y posición angular, con lo cual, se establece la fase del vector de vibración con respecto a una referencia previamente definida.

Con la información recopilada se puede escoger el método, bien sea el gráfico o el matemático, para hallar la magnitud y posición de la masa de corrección.

Las mediciones que se deben llevar a cabo, ser registradas y con las cuales se va a establecer la magnitud y posición de la masa de corrección, son las siguientes:

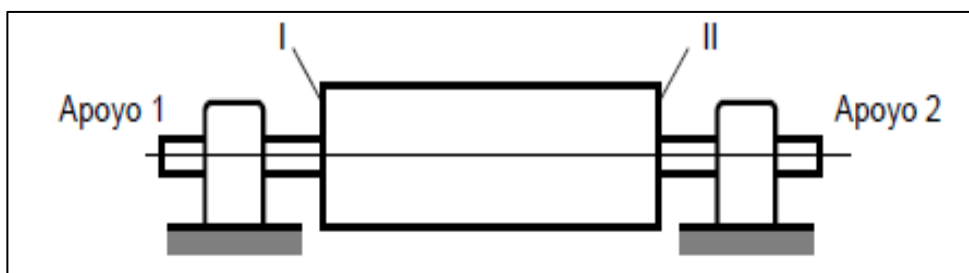
- Amplitud y posición angular del vector de vibración en estado original del rotor.
- Amplitud y posición angular del vector de vibración, esta vez con una masa de prueba ubicada en una posición angular arbitraria sobre el rotor.
- Amplitud y posición angular del vector de vibración ahora con una masa de prueba, que puede ser de igual o distinto valor a la anterior, situada en una posición angular diferente a la escogida previamente.

2.3.3.3 Balanceo dinámico en dos planos

Éste método de balanceo se puede aplicar a cualquier tipo de rotor siempre y cuando sea rígido. Cuando la masa total del rotor no se puede asumir centralizada en un solo plano, se debe realizar un balanceo en dos o más planos, debido a que la masa se encuentra distribuida a lo largo del eje axial.

Es necesario elegir dos planos del rotor, en los cuales se efectuarán las correcciones (adición o retiro de masa) y las debidas mediciones. Frecuentemente estas mediciones se realizan en los soportes del rotor.

Figura 4. Balanceo en dos planos.



Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

El procedimiento para efectuar un balanceo dinámico en dos planos, que también es usado en ocasiones para balancear rotores en tres o más planos, es el siguiente:

- Con el rotor en su estado original y funcionando cerca a la velocidad de operación, medir los vectores de vibración en los dos planos respectivos.
- Adicionar una masa conocida en un plano de corrección, posteriormente medir los vectores de vibración en cada plano.
- Retirar la masa del plano anterior y ubicar ésta o una nueva masa en el otro plano de corrección, luego medir los vectores de vibración en cada plano.
- Sustraer la masa de prueba.
- Con las mediciones registradas se procede a computarizar tal información para hallar los vectores de corrección.
- Según los resultados arrojados por el programa de computo, se procede con la corrección del desbalance, bien sea adicionando o sustrayendo masa.

Por el método de los coeficientes de influencia se establece la realización existente entre el desbalance y la vibración causada por este. Se debe tener en cuenta que en éste método se asume un comportamiento lineal del rotor por lo tanto, se puede usar el principio de superposición.

2.3.4 Calidad del balanceo

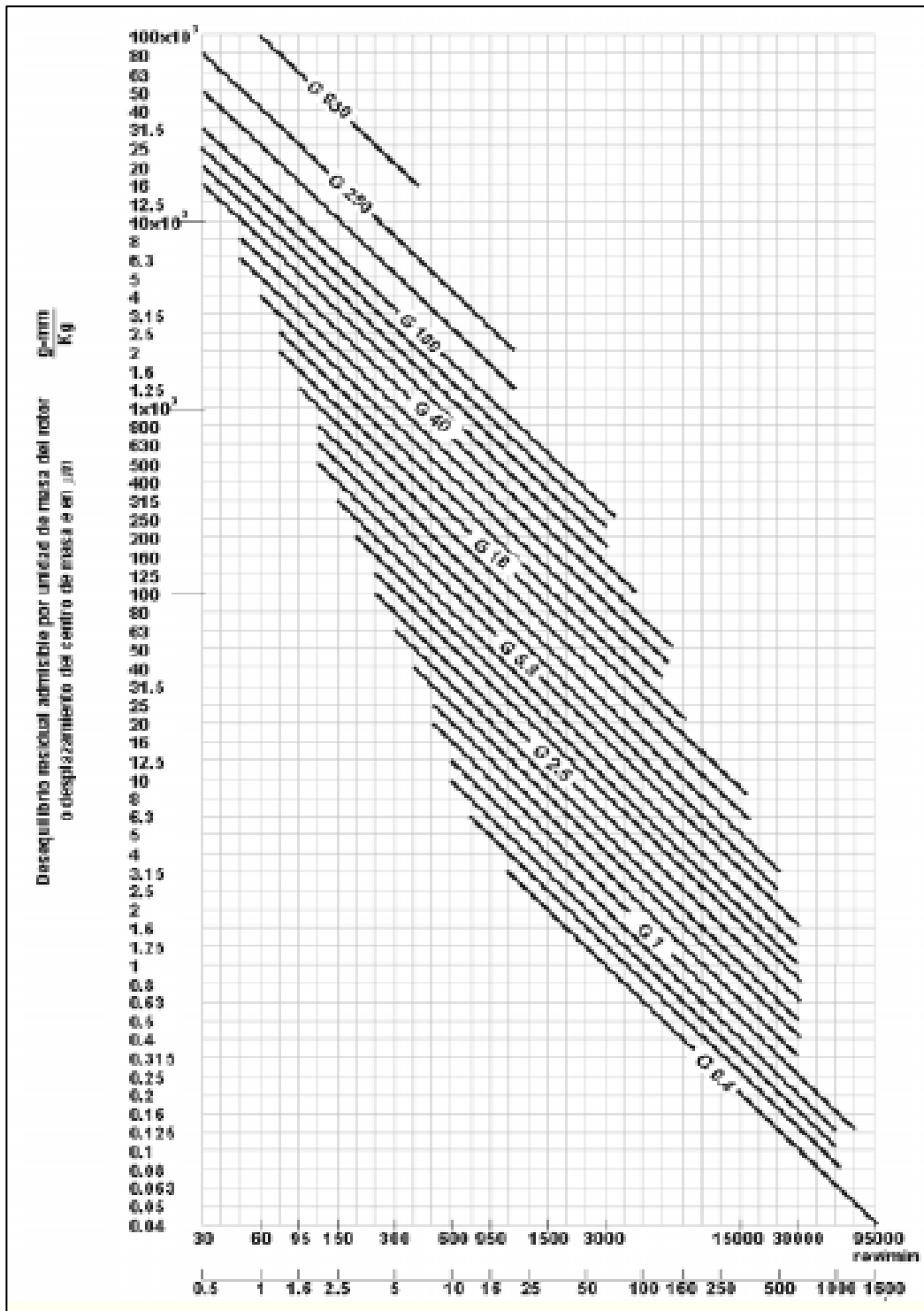
Los fabricantes de máquinas o los usuarios de éstas generalmente indican los límites permisibles para la condición de desbalance pero en ausencia de estas recomendaciones, se utilizan las llamadas normas de severidad.

Cuadro 8. Calidad de balanceo.

CALIDAD DEL BALANCEO	$(e_{per} \times \omega)$ en [mm/s]	TIPO DE ROTOR
G4000	4000	Cigüeñales de motores (diesel) marítimos de bajas revoluciones, montados sobre soportes rígidos y con un número de cilindros impar.
G1600	1600	Cigüeñales de motores de dos tiempos montados sobre soportes rígidos.
G630	630	Cigüeñales de motores de cuatro tiempos montados sobre soportes rígidos. Cigüeñales de motores (diesel) marítimos montados sobre soportes elásticos.
G250	250	Cigüeñales de motores (diesel) de cuatro cilindros y de alta velocidad, montados sobre soportes rígidos.
G100	100	Cigüeñales de motores (diesel) de seis o más cilindros y de alta velocidad. Cigüeñales de motores de combustión interna (gasolina, diesel) para carros y ferrocarriles.
G40	40	Ruedas y llantas de carros. Cigüeñales de motores de cuatro tiempos de alta velocidad (gasolina, diesel) sobre soportes elásticos y con seis o más cilindros.
G16	16	Ejes de propelas, ejes de transmisiones cardánicas. Elementos de máquinas agrícolas. Componentes individuales de motores (gasolina, diesel) para carros y ferrocarriles. Cigüeñales de motores de seis o más cilindros bajo requerimientos especiales.
G6.3	6.3	Elementos de máquinas procesadoras en general. Engranajes para turbinas de usos marítimo. Rodillos para máquinas papeleras. Ventiladores. Rotores de turbinas para la aviación. Impelentes para bombas. Máquinas herramienta. Rotores de motores eléctricos.
G2.5	2.5	Turbinas de gas y de vapor. Rotores rígidos para turbo generadores. Discos para computadoras. Turbo compresores. Bombas operadas por turbinas.
G1	1	Grabadoras de cinta magnética y tocadiscos convencionales. Máquinas trituradoras.
G0.4	0.4	Discos compactos, brocas, barrenas. Giróscopos.

Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

Figura 5. Nivel aceptable de desbalance.



Fuente: **GARCIA CASTRO, Alfonso**. Vibraciones Mecánicas.

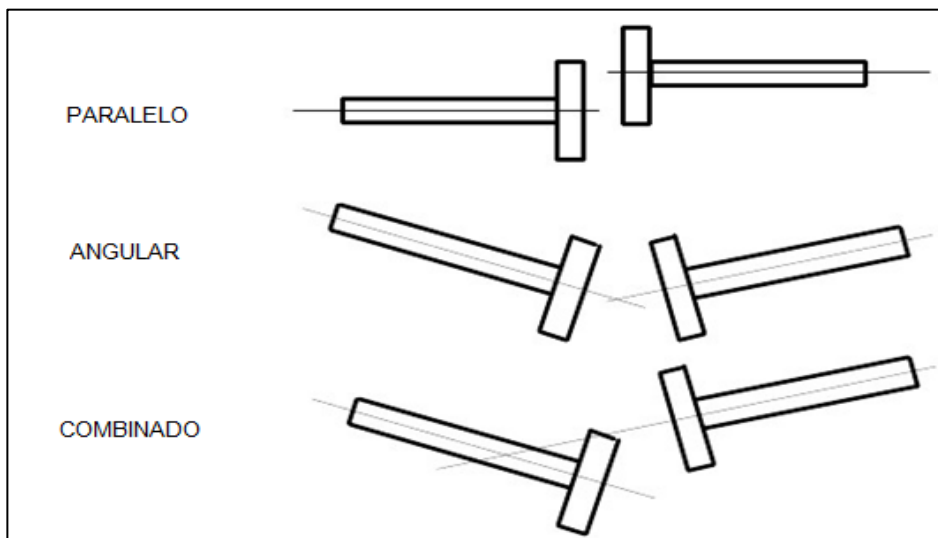
2.4 DESALINEAMIENTO

El desalineamiento se presenta con mayor frecuencia entre la unidad conductora y la unidad conducida, por tanto, es importante tener en cuenta que todos los acoplamientos de ejes, sin importar si son rígidos o flexibles, deben ser alineados con un alto grado de exactitud. Los acoplamientos flexibles son capaces de transmitir torque aun estando desalineados, sin embargo, se genera un bajo nivel de vibraciones, radiales y axiales, que en ocasiones es lo necesario para disminuir la vida útil de los cojinetes.

2.4.1 Tipos de desalineamiento

El desalineamiento es otra de las principales causas de los problemas de vibraciones que se presentan en las compañías. Existen tres tipos de desalineamiento: paralelo, angular y combinado (ver figura 3). El desalineamiento es fácil de tratar e incluso eliminar, dependiendo del equipo y recursos con que se cuente en la planta.

Figura 6. Tipos de desalineamiento.



Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

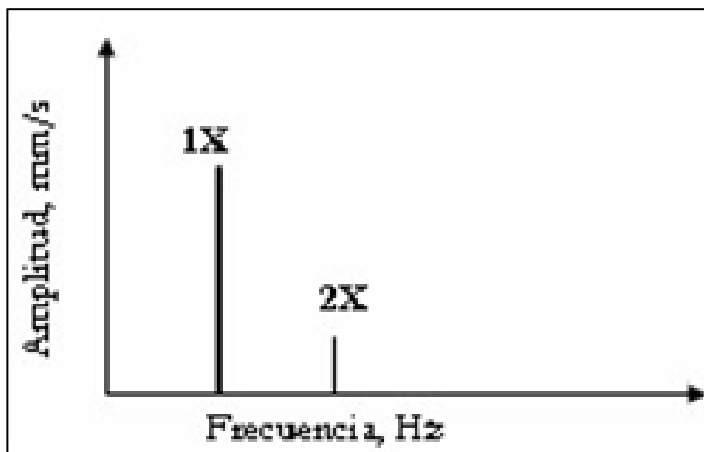
2.4.2 Características del desalineamiento

En general, cuando se presenta una amplitud alta de la vibración axial en el primer armónico se presume la existencia de un problema de alineamiento. Pero si la componente de segundo orden de la vibración excede la del primer orden se enfrenta un caso severo de desalineamiento.

La condición de falta de alineamiento comúnmente presenta lo siguiente:

- Un alto nivel de vibración axial en la frecuencia de operación (1X) y además, existe presencia leve de las siguientes armónicas (2X, a veces 3X), es particular de un desalineamiento angular.

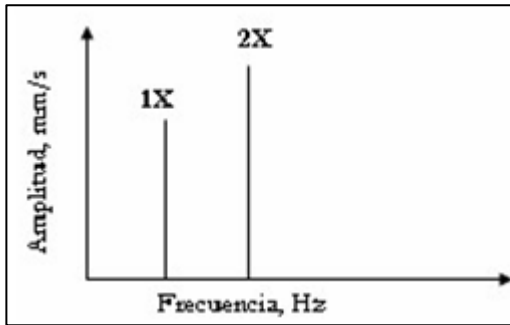
Figura 7. Espectro con presencia de desalineamiento.



Fuente: CAPISTRÁN, Vicente y PAREDES, Iván. Diagnóstico de Condiciones de operación de Rodamientos en Máquinas Usando Espectros de alto Orden.

- Nivel de vibración alto en el doble de la frecuencia de operación (2X), con presencia de una amplitud significativa en (1X), es característico de desalineamiento paralelo.

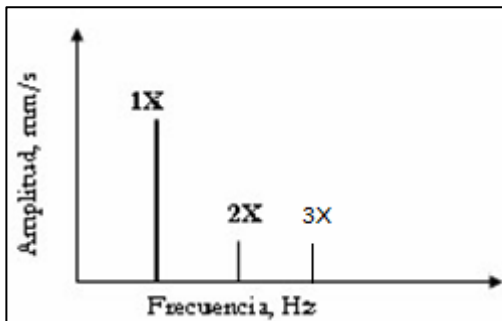
Figura 8. Desalineamiento paralelo.



Fuente: CAPISTRÁN, Vicente y PAREDES, Iván. Diagnóstico de Condiciones de operación de Rodamientos en Máquinas Usando Espectros de alto Orden.

- La existencia de las tres primeras armónicas (1X, 2X y 3X), también indican presencia de desalineamiento, sin importar en nivel de estas amplitudes.

Figura 9. Apariencia de desalineamiento.



Fuente: CAPISTRÁN, Vicente y PAREDES, Iván. Diagnóstico de Condiciones de operación de Rodamientos en Máquinas Usando Espectros de alto Orden.

2.4.3 Corrección de desalineamiento

No existen estándares que califiquen un buen alineamiento, actualmente en las compañías se hace el alineamiento a consideración y experiencia de los operarios encargados del montaje de las máquinas. Sin embargo se recomienda utilizar

equipos de alineación, por ejemplo alineadores por láser. Además, con respecto al equipo, se aconseja una alineación en caliente o en frío según corresponda.

2.5 SOLTURA MECÁNICA

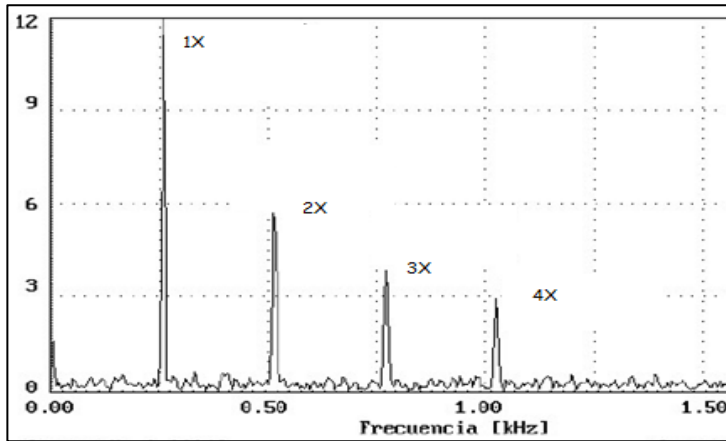
Los componentes de las máquinas, después de cierto tiempo de operación, se sueltan o simplemente exceden las tolerancias de holgura, lo cual causa impactos que se ven reflejados en un espectro de vibraciones. La soltura mecánica es producida por fuerzas de excitaciones provenientes de problemas tales como la falta de alineamiento o desequilibrio másico, por tanto, esto conlleva a provocar mayores amplitudes de vibración.

2.5.1 Características de la soltura mecánica

Cuando se tienen pernos de sujeción sueltos, fisuras en la estructura o cuando, debido a la dinámica del movimiento, se presenta desgaste en los elementos de máquina, se generan vibraciones a una frecuencia de $1/4$, $1/3$, o $1/2$ y también múltiplos mayores. Otra causa de estas vibraciones, es la manera de como la máquina se encuentre apoyada.

Comúnmente, un aflojamiento mecánico crítico se puede detectar cuando la amplitud de la vibración a una frecuencia de $2X$ es mayor a la mitad de la amplitud encontrada en $1X$.

Figura 10. Soltura mecánica.



Fuente: PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias.

2.5.2 Corrección de la soltura mecánica

Para eliminar la soltura mecánica se deben cambiar los componentes que presenten desgaste o simplemente ajustar pernos según corresponda. En otros casos es posible que se necesite aumentar la rigidez de la estructura o máquina.

2.6 PASO DE DIENTES POR ENGRANAJES

2.6.1 Engranajes

Un engranaje es cualquier tipo de rueda o cilindro dentado, que se emplea para transmitir un movimiento de una parte de la máquina a otra, donde el conjunto de dos o más engranajes que transmiten movimiento se les denomina tren de engranajes, por lo general los engranajes son usados para transmitir movimientos giratorios, pero usando los elementos adecuados se puede obtener movimiento traslacional.

2.6.1.1 Tipos de engranajes

Existen diferentes tipos de engranajes y su clasificación se da según la forma de sus dientes o su ubicación con respecto a otros engranajes.

2.6.1.1.1 Engranajes rectos

Son engranajes cilíndricos de dientes rectos y son colindantes con el eje de la rueda dentada, son usualmente usados en ejes paralelos y estos son los tipos de engranajes de mayor manufactura y uso, como lo es desde juguetes hasta maquinaria pesada.

Para este tipo de engranajes existen las siguientes divisiones:

- Rectos exteriores.

Este es el engranaje más simple y de fácil construcción, este tipo de engranajes se usa para velocidades medias y generan una cantidad de ruido considerable con respecto a otros engranajes.

Figura 11. Engranaje recto.



Fuente: <http://mecanicosietisa.blogspot.com/2008/04/engranajes-rectos.html>

- Rectos interiores.

Estos tipos de engranajes son muy usados en aplicaciones de reducidos espacios y conocidos como trenes epicicloidales o planetarios, usados para velocidades medias.

Figura 12. Engranajes internos.



Fuente: http://es.123rf.com/photo_10159847_engranajes-planetarios-sobre-fondo-blanco.html

2.6.1.1.2 Engranajes helicoidales

Este tipo de engranajes poseen la ventaja de ser más silenciosos que los de dientes rectos y su aplicación se basa en la ventaja que son usados para transmisión de potencia a alta velocidad, una desventaja generada por este tipo de engranajes es que necesita rodamientos especiales para contrarrestar las fuerzas que genera el engrane.

Figura 13. Engranaje helicoidal.



Fuente: <http://mecanismosenmarchaudista.blogspot.com/2010/08/engranajes-generalidades-y-nociones.html>

2.6.1.1.3 Engranajes doble helicoidales

Tiene la misma utilidad que el engranaje helicoidal, con la ventaja que este tipo de engrane elimina el empuje axial, que hace usar rodamientos especiales, esto se debe a la doble inclinación de sus dientes, haciendo que las fuerzas se anulen.

Figura 14. Engranaje doble helicoidal.



Fuente: <http://www.engranajeskelly.com/productos.html>

2.6.1.1.4 Engranajes helicoidales para ejes cruzados

Una de las grandes ventajas de este tipo de engranes es que pueden transmitir potencia a dos ejes en cualquier ángulo, aunque generalmente se hace a 90 grados.

Figura 15. Engranajes helicoidales para ejes cruzados.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos30/engranajes/engranajes.shtml>

2.6.1.1.5 Otros tipos de engranajes

También existen una gran cantidad de engranajes diseñados para diferentes aplicaciones según la necesidad, pero los más comerciales son:

- Engranajes cónicos rectos.
- Engranajes cónicos helicoidales.
- Engranajes cónicos espirales.
- Engranajes cónicos hipoides.
- Engranajes cónicos con tornillo sin fin.

2.6.2 Vibración causada por problemas en engranajes

Los problemas que son debidos a engranajes en las máquinas se caracterizan por mostrar en los análisis espectros de vibración típicos, de fácil reconocimiento, pero una difícil interpretación, debido a que existen muchas señales, ya bien si es una caja de engranajes, o la falta de acercamiento del sensor al lugar exacto donde se genera la falla, en el caso de ser un tren de engranajes simple.

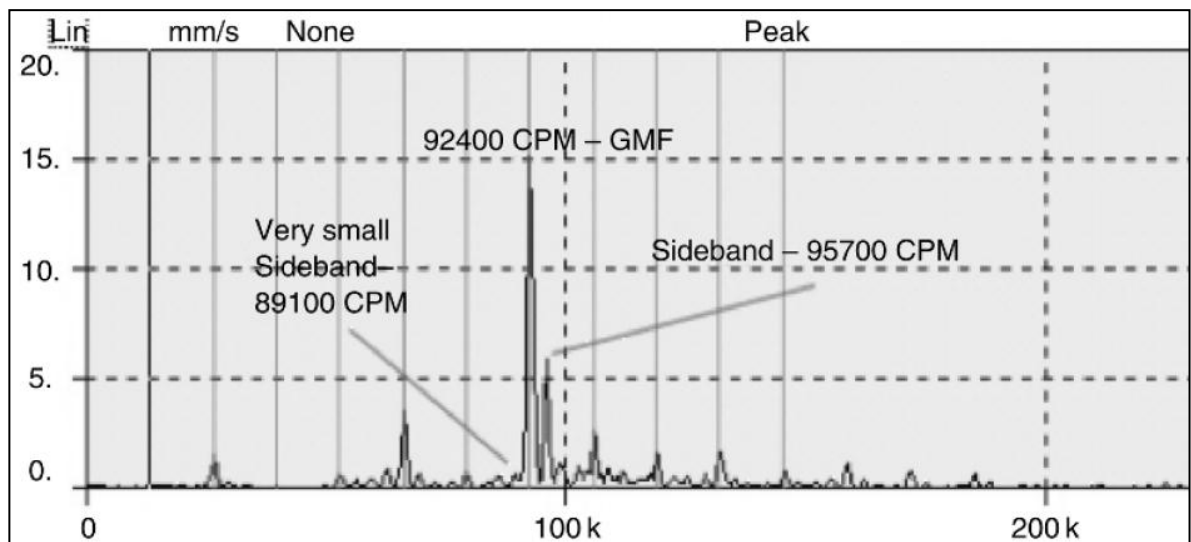
Una de las mejores formas de obtener un resultado óptimo, es hacer un seguimiento y buscar lograr un espectro característico de la caja o tren de engranajes, para poder comprar e identificar el momento en que se genere algún problema.

En el caso de los engranajes, la frecuencia más comúnmente usada es la GMF (Gear Mesh Frequency), la cual es calculada con el número de dientes del engrane y la frecuencia de rotación del mismo, donde esta frecuencia aparece en el espectro sea que el engranaje se encuentre en buen esta o no. Con respecto a esta frecuencia se generan unas bandas laterales características solo de los engranajes y no solo se ven alrededor del GMF, sino también en la frecuencia de rotación del eje.

Algo que se debe tener en cuenta al momento del análisis del GMF, es que esta frecuencia no es un indicador confiable de la condición del engranaje, al contrario de las bandas laterales de la frecuencia de paso de dientes, si presentan una gran cantidad de energía es un indicador de existencia de problemas.

La gráfica a continuación muestra el espectro de una caja de engranajes, con un pico de un engranaje de 28 dientes que gira a 3300 rpm, en este caso vemos que la banda lateral muestra una gran cantidad de energía y por tanto se puede pensar que puede existir un problema en este engranaje.

Figura 16. Gráfica de un espectro de una caja de engranajes.



Fuente: Practical machinery vibration analysis and predictive maintenance.

2.7 ANALIZADOR DE VIBRACIONES LEONOVA INFINITY

Leonova Infinity es un analizador de vibraciones portátil de la condición de máquinas con pantalla táctil color, con gran capacidad de cálculo, registro y análisis.

2.7.1 Funciones analizador

Las siguientes funciones están incluidas y disponibles para el usuario:

- Colector de datos con Condmaster-Nova.
- Monitorización de la vibración de acuerdo ISO 2372.
- Medición de velocidad.
- Medición de temperatura.
- Señales analógicas, corriente y tensión.
- Lectura y escritura en las etiquetas con memoria CondID.
- Grabación manual, cantidad libre.
- Puntos de control, texto libre.

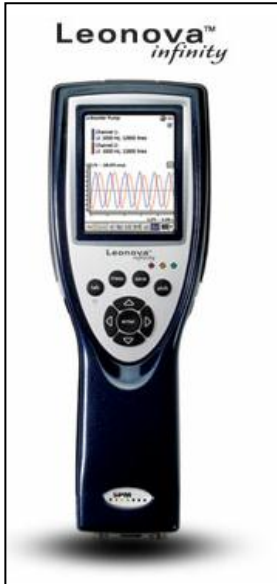
Con la medición sincronizada, envolvente, zoom real y hasta 12.800 líneas de espectro desde 0.5 Hz hasta 40 KHz., Leonova Infinity ofrece una completa capacidad de análisis de vibración.

El fabricante del sistema, la compañía sueca SPM, también ha incorporado las tablas de evaluación de la nueva norma ISO 10816 para la medición en banda ancha de la velocidad de vibración, aceleración y desplazamiento.

Para el equilibrado del rotor en uno y dos planos, una guía gráfica fácil de usar calcula los pesos de equilibrado y sus posiciones. Para alineación del eje, Leonova Infinity utiliza la técnica láser con dianas fáciles, rayo láser de línea modulada y cálculo de la posición automática para las posiciones del eje.

La monitorización mediante la técnica SPM (Shock Pulse Method) proporciona una técnica para la detección temprana de problemas en rodamientos, la causa más común de problemas en máquinas rotativas.^[8]

Figura 17. Analizador de vibraciones Leonova Infinity.



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

Nota: Véase el anexo A.

2.8 ALINEADOR LASER FIXTURLAZER XA

La alineación de ejes es una función adicional para este analizador, este es un método usada para una alineación rápida y sencillo, con uso limitado e ilimitado, en el caso del uso limitado cada vez se vuelve el manejo y la alineación más fácil e intuitiva.

Este tipo de alineador posee el siguiente conjunto:

- FixturLazer unidad detectora (TD-267).
- Cadena de extensión longitud 1000 mm.
- Varilla de soporte de 80 mm.
- Varilla de soporte de 150 mm.
- Soportes de eje para cadena.
- Cable de comunicación entre FixturLazer y Leonova Infinity.

- Cable del cargador.
- Cinta métrica.

Este sistema cuenta con dos dispositivos de sensor de posición (PSD), con una amplia área de recepción vertical, que es la que se encarga de recibir la propagación del láser, los inclinómetros se encargan de medir la posición de rotación de cada eje en cada momento y así proporcionar una medida con menos de media vuelta del eje.

Además este sistema cuenta con una interacción sencilla entre el usuario y el equipo de forma gráfica, lo cual genera un ambiente auto explicativo que lleva a un correcto alineamiento por parte del usuario.

Programas de medición:

- Alineación de máquinas horizontales.
- Alineación de máquinas verticales y bridas.
- Medición de pie flojo.
- Función pies bloqueados.
- Entrada de alineación de ejes.

Figura 18. Alineación de ejes.



Fuente: Datos técnicos Leonova Infinity.

2.9 VARIADOR DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico, eléctrico, mecánico o hidráulico, con la capacidad de generar un control sobre la velocidad de un motor principalmente, estos son usados altamente en la industria, ya que, las características propias de un motor no son fácilmente variables, además son dispositivos que ayudan a disminuir altamente el costo de funcionamiento de ciertas maquinarias, que no siempre trabajan bajo la misma condición.

2.9.1 Tipos de variadores de velocidad

Hablando en términos generales, se puede llegar a la conclusión que existen 3 tipos de variadores usados en la industria en general, como lo son los mecánicos, los hidráulicos y los electro-electrónicos, de los cuales los primeros que conoció la industria fueron los mecánicos en las primeras máquinas de vapor y molinos.

2.9.1.1 Variadores mecánicos

Los variadores mecánicos son los más conocidos en la industria automotriz, y algunos tipos de estos son:

- Variador de paso ajustable

Es un dispositivo generado a partir de poleas y bandas donde el diámetro de una o más poleas puede ser modificado.

- Variador de tracción

Trasmite potencia a través de rodillos metálicos o engranes y principalmente se diseñan bajo un factor de entrada/salida, que determina la velocidad a obtener.

2.9.1.2 Variadores hidráulicos

- Variador hidrostático

Este dispositivo está conformado por una bomba y un motor hidráulico, donde están conectados uno después del otro, y una revolución de la bomba genera una cantidad de fluido al motor, de esta manera se puede controlar la velocidad del motor mediante el desplazamiento de fluido generado por la bomba o por medio de una válvula reguladora de caudal.

- Variador hidrodinámico

Este tipo variador depende de aceite hidráulico para transmitir un par entre un impulso a la entrada de velocidad constante y un rotor a la salida de velocidad variable, éste también es conocido como acoplador hidráulico de llenado variable.

2.9.1.3 variadores electro-electrónicos

Existe diferentes tipos de variadores electro-electrónicos, y diferentes categorías de éstos, esta es una clasificación general.

- Variadores para motores CC.
- Variadores por corrientes de Eddy.
- Variadores de deslizamiento.

Ya que las especificaciones de éste tipo de variadores no están sencilla, se mostrará solo los del mayor interés, que son los variadores para motores AC.

- Variadores para motores CA.

También llamados variadores de frecuencia, ya que se encargan de controlar la frecuencia de alimentación del motor, éste tipo de variadores permiten controlar velocidades tanto de motores de inducción, como asíncronos, de jaula de ardilla o devanado, o motores síncronos.

Este tipo de variadores manejan una razón Voltaje/Frecuencia, con la finalidad de controlar la saturación magnética del núcleo del motor y además por el hecho que al manejar la frecuencia dada de un motor, se puede disminuir o aumentar el par del motor y por tanto la capacidad de proporcionar potencia constante de salida.

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PARTES DEL BANCO

3.1 ESPECIFICACIÓN DEL BANCO A DISEÑAR

El banco a realizar fue escogido a través de un análisis respecto a las tres características principales de diseño: montaje de dos ejes, utilización de un variador de velocidad y menor número de piezas. El diseño seleccionado corresponde a un montaje de dos etapas, el cual cuenta con un eje primario; en su primera etapa, acoplado directamente al motor, éste eje rígido está soportado por medio de dos apoyos móviles, que permiten un desplazamiento de su posición verticalmente; este eje además, cuenta con dos discos perforados desmontables para realizar prácticas de desbalanceo en dos planos. La segunda etapa está conformada por un eje secundario, soportado por dos chumaceras y además, cuenta con un engranaje y un sistema de freno, el cual se encarga de restringir el movimiento del sistema.

Este banco cuenta con un variador de velocidad que permite controlar la velocidad angular del eje y así, asemejar las condiciones de operación de las máquinas de la planta. En el extremo opuesto al motor, sobre el eje, se encuentra un engranaje que se encarga de transmitir potencia a la segunda etapa del montaje para así, analizar el comportamiento vibratorio que presenta dicha transmisión.

Por la disposición del montaje presente en este banco, se tiene la opción de analizar soltura mecánica, tanto en la primera como en la segunda etapa, y además, por el diseño especial de los apoyos se contará con la posibilidad de realizar el montaje y desmontaje de rodamientos, los cuales, pueden llevar fallas inducidas para el estudio del análisis vibratorio de éste fenómeno.

3.2 COMPONENTES DEL BANCO

- **Mesa:** Cumple con la función de soportar todos los elementos principales y además, brinda la rigidez necesaria para evitar el anclaje de este banco.
- **Motor:** Fuente motriz que genera el movimiento del tren principal y secundario, según sea la aplicación.
- **Acople:** Se encarga de la transmisión de movimiento entre el motor y el eje principal. Además, permite generar desalineamiento angular y paralelo.
- **Rotor principal:** Consta de un eje, dos cojinetes, dos discos de balanceo y un engranaje. Su función principal es permitir un análisis de desalineamiento y balanceo másico.
- **Eje principal:** Soporta los distintos elementos necesarios para los estudios a realizar, como lo son: discos de balanceo y engranaje.
- **Discos de balanceo:** Son los requeridos para producir un desbalanceo másico permisible en el banco, mediante adición o sustracción de masas de prueba.
- **Cojinetes:** Se encargan de soportar los ejes mediante el uso de rodamientos.
- **Rotor secundario:** Consta de un eje, dos chumaceras y un engranaje. Es necesario para realizar la prueba de paso de dientes por engranaje.
- **Engranajes:** Estos son quienes generan el efecto vibracional de paso de dientes por engranaje.
- **Variador de velocidad:** Útil para mostrar los efectos vibratoriales a diferentes velocidades de rotación.

- **Mecanismo de desalineamiento:** Es quien permite la inducción de los diferentes tipos de desalineamiento, por medio de placas y un tornillo de desplazamiento.
- **Freno:** Es el encargado de simular una carga, restringiendo el movimiento en el segundo eje.

4. DISEÑO CONCEPTUAL

Este banco es diseñado pensando en diferentes factores que son cruciales para alcanzar el resultado más óptimo, algunos de estos factores son dados por la empresa Bavaria S.A. y algunos otros buscan cubrir las necesidades descritas por los objetivos planteados en este proyecto, siempre teniendo en cuenta que cada decisión tomada busca basarse en alguna norma o recurso bibliográfico que pueda cumplir con los recursos que se encuentran en la ciudad para buscar mayor facilidad a la hora de su construcción.

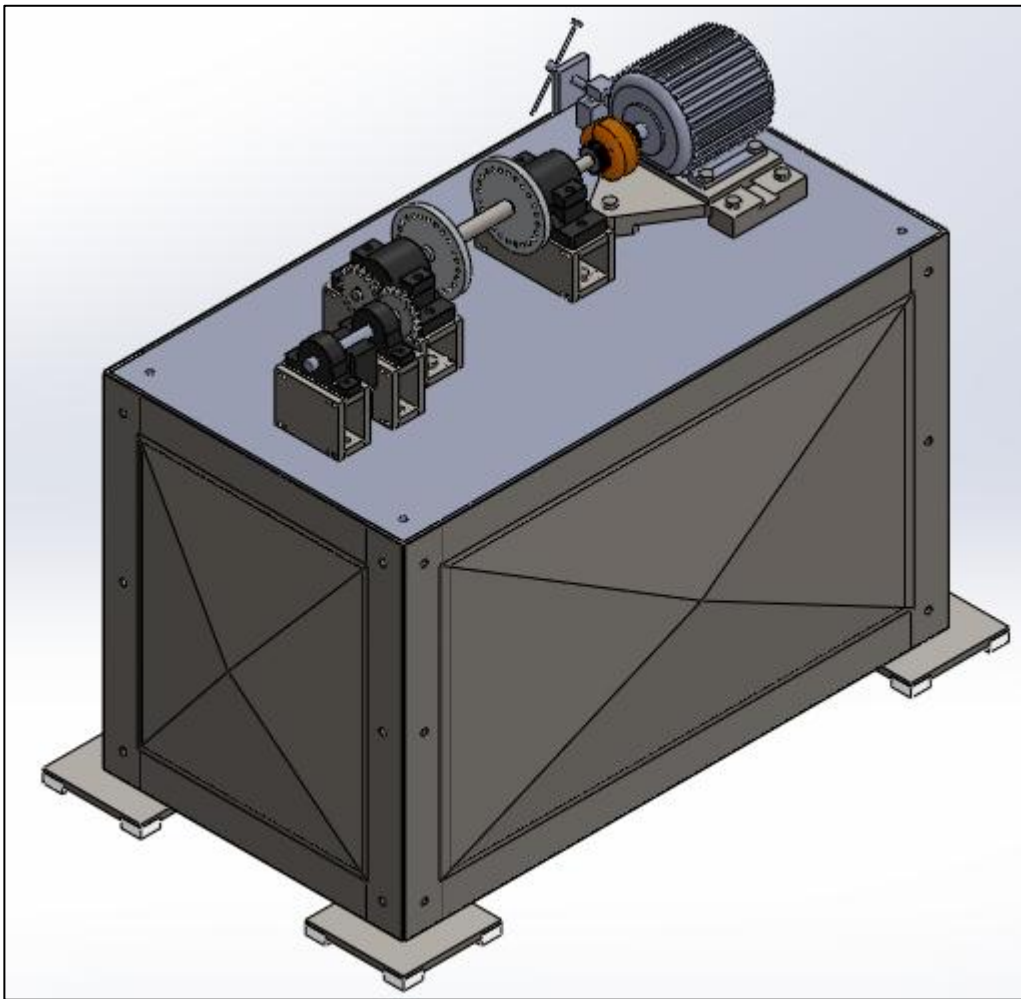
Buscando la experiencia y la facilidad para la construcción y manipulación del banco se genera un modelo el cual fue expuesto varias veces a modificaciones y recálculos, para al final obtener el banco mostrado a continuación en la figura 19.

Este banco busca generar simulaciones de fallas y efectos específicos, con los cuales se pueda identificar y corregir oportunamente cada una de ellas. Estas son las fallas y el método usado para obtenerlas en el sistema:

- Desalineamiento: La cual se genera horizontalmente, mediante placas ajustadas al motor y la mesa, que permiten desplazamiento angular y paralelo.
- Desbalanceo másico en dos planos: La cual se genera por medio de discos de balanceo y masas de pruebas.
- Soltura mecánica: Esta se genera por medio de bases en los apoyos, que además prestan el servicio de nivelar el eje y el motor, dando así la opción de sujeción mediante pernos y por este método obtener la soltura.
- Paso de dientes por engranajes: La cual se obtiene mediante dos engranajes posicionados a los extremos de los ejes.

Con este diseño se busca aislar lo máximo posible cada falla, para poder identificar individualmente y solucionar cada problema obtenido según sea la configuración del banco. Teniendo en cuenta que siempre se tendrá un poco de cada falla, se busca que cada falla se reduzca hasta donde no muestra problema para la identificación de cada señal.

Figura 19. Banco de pruebas.



Fuente: Los autores.

5. CÁLCULOS Y DIMENSIONES DE ELEMENTOS

5.1 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

El estudio del diseño del eje es de vital importancia para este banco de pruebas inducidas, ya que, éste se encuentra sometido a diferentes tipos de cargas, tanto estáticas como dinámicas, que son quienes condicionan geometría, material y posibles tratamientos térmicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, para realizar el diseño de éste eje se tiene en cuenta dos discos de balanceo y las fuerzas ocasionadas por las respectivas cargas de desbalance, además, la transmisión por engranajes y demás fuerzas generadas por las condiciones a las que está sometido.

5.1.1 Nomenclatura

D_{Aprox} = *Diametro aproximado del eje*

L_{eje} = *Longitud del eje*

ρ_{4340} = *Densidad acero 4340*

g = *Gravedad*

A_{eje} = *Área del eje*

W_{eje} = *Peso del eje*

ρ_{al} = *Densidad aluminio*

D_{Disco} = *diametro del disco*

A_{Disco} = *Área del disco*

e = *Espesor del disco*

$W_{Disco} = \text{Peso del disco}$

$D_{Prim} = \text{Diametro primitivo}$

$T_{Motor} = \text{Torque nominal del motor}$

$F_t = \text{Fuerza tangencial}$

$F_n = \text{Fuerza normal}$

$m_{desbalanceo} = \text{Masa de desbalanceo}$

$\omega = \text{Velocidad angular}$

$F_{desbalanceo} = \text{Fuerza de desbalanceo}$

$M_{Max} = \text{Momento máximo}$

$V_{Max} = \text{Cortante máximo}$

$S_y = \text{Límite de fluencia}$

$T_{motor} = \text{Torque de arranque del motor}$

$A = \text{área del eje}$

$d = \text{Diámetro por estática}$

$S_{ut} = \text{Límite de resistencia última}$

$S'_e = \text{Límite de resistencia a la fatiga}$

$K_l = \text{Factor de carga flectora}$

$K_d = \text{Factor de diámetro}$

$K_{Temp} = \text{Factor de temperatura}$

$K_s = \text{Factor de acabado superficial}$

$K_c =$ Factor de confiabilidad

$K_m =$ Factor miscelaneo

$S_e =$ Límite de fatiga final

$N =$ Factor de seguridad

$K_f =$ Factor de concentrador de esfuerzos

$d_{fatiga} =$ Diámetro de fatiga

$X_1 =$ Distancia desde 0 al 1er apoyo

$X_2 =$ Distancia desde 0 al 1er disco

$X_w =$ Distancia desde 0 al centro geométrico

$X_4 =$ Distancia desde 0 al 2do disco

$X_5 =$ Distancia desde 0 al 2do apoyo

$X_6 =$ Distancia desde 0 al engranaje

$\Sigma F_y =$ Sumatoria de fuerzas en Y

$R_1 =$ Reacción apoyo 1

$R_2 =$ Reacción apoyo 2

$\Sigma M_1 =$ Sumatoria de momentos en el 1er apoyo

$V_{xy} =$ Cortante máximo en plano XY

$M_{xy} =$ Momento mayor en plano XY

$\Sigma F_z =$ Sumatoria de fuerzas en Z

$R_3 =$ Reacción apoyo 1xz

$R_4 =$ Reacción apoyo 2_{xz}

$\Sigma M_{1xz} =$ Sumatoria de momentos en el 1er apoyo

$V_{xz} =$ Cortante máximo en plano XZ

$M_{xz} =$ Momento mayor en plano XZ

5.1.2 Cálculo del peso del eje

Se asume inicialmente un diámetro para determinar un aproximado del peso del eje, buscando analizar la mayor cantidad de fuerzas que se efectúan sobre éste, teniendo en cuenta la selección previa del material de acuerdo a sus características mecánicas.

$$D_{Aprox} = 0,019 \text{ m}$$

$$L_{eje} = 0,5 \text{ m}$$

$$\rho_{4340} = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$A_{eje} = \pi * \left(\frac{D_{Aprox}^2}{4} \right)$$

$$W_{eje} = A_{eje} * L_{eje} * g * \rho_{4340}$$

$$W_{eje} = 10,92 \text{ N}$$

5.1.3 Cálculo del peso del disco de balanceo

Para el diseño de estos discos de balanceo se toma como referencia las dimensiones y material usados en bancos anteriormente realizados por la SKF.

$$\rho_{al} = 2700 \text{ Kg/m}^3$$

$$D_{Disco} = 0,15 \text{ m}$$

$$A_{Disco} = \pi * \left(\frac{D_{Disco}^2}{4}\right)$$

$$e = 0,015 \text{ m}$$

$$W_{Disco} = A_{Al} * e * g * \rho_{Al}$$

$$W_{Disco} = 7,021 \text{ N}$$

5.1.4 Fuerza generada en los engranajes

Las dimensiones dadas a los engranajes utilizados para la transmisión de movimiento, están limitadas por el diseño general del banco y algunos de los elementos necesarios para efectuar dicha transmisión.

$$D_{Prim} = 0,0762 \text{ m}$$

$$T_{Motor} = 10,12 \text{ Nm}$$

$$F_t = 2 * T_{Motor} / D_{Prim}$$

$$F_t = 265,6 \text{ N}$$

$$F_n = F_t * \tan(20)$$

$$F_n = 96,68 \text{ N}$$

5.1.5 Fuerza generada por desequilibrio másico

Para obtener esta fuerza inducida en el banco, se toma como referencia experimentos previos realizados en el laboratorio, donde se observa el valor pico de la masa experimental, además, las pruebas a realizar tienen un valor máximo de frecuencia de 80 Hz, obtenidos por medio de un variador que se encuentra dentro del diseño inicial del banco.

$$m_{desbalance} = 0,02 \text{ Kg}$$

$$\omega = \pi * 160 \text{ Rad/s}$$

$$F_{desbalanceo} = \omega^2 * \frac{D_{Disco}}{2} * m_{desbalance}$$

$$F_{desbalanceo} = 379 \text{ N}$$

$$F_{Disco} = F_{Desbalanceo} + W_{Disco} = 386 \text{ N}$$

5.1.6 Cálculo del diámetro por resistencia

Las distancias presentadas a continuación para el cálculo de fuerzas, son asumidas según la distribución del espacio del diseño inicial, además se tienen en cuenta las fuerzas halladas anteriormente con respecto a cada plano de influencia y por último se busca hallar el diámetro del eje, basados en el método de resistencia de materiales.

Distancias

$$X_1 = 0,1073 \text{ [m]}$$

$$X_2 = 0,181 \text{ [m]}$$

$$X_w = 0,25 \text{ [m]}$$

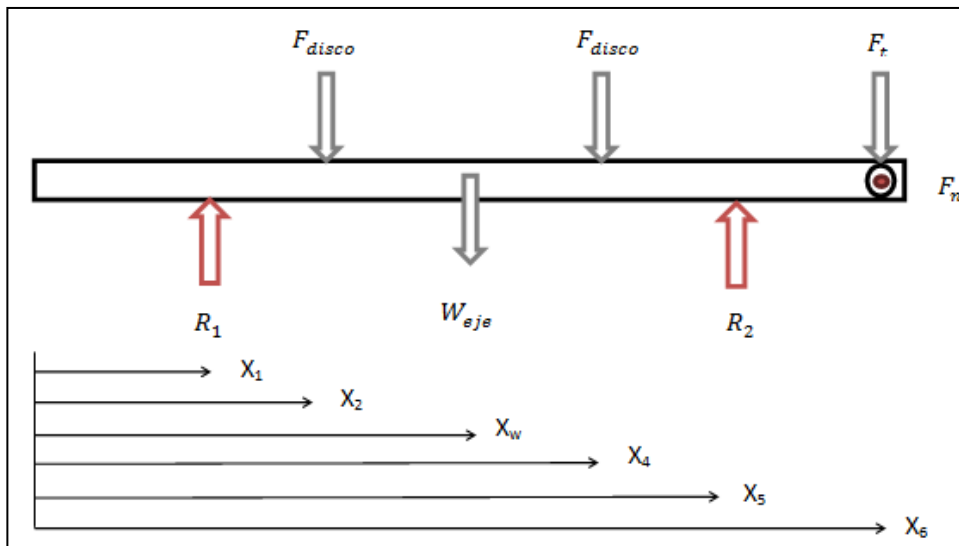
$$X_4=0,3436 \text{ [m]}$$

$$X_5=0,4173 \text{ [m]}$$

$$X_6=0,4864 \text{ [m]}$$

Análisis en plano XY

Figura 20. Ubicación de fuerzas XY.



Fuente: Los autores.

$$\Sigma F_y=0:$$

$$R_1 + R_2 = 2 \cdot F_{disco} + W_{eje} + F_t$$

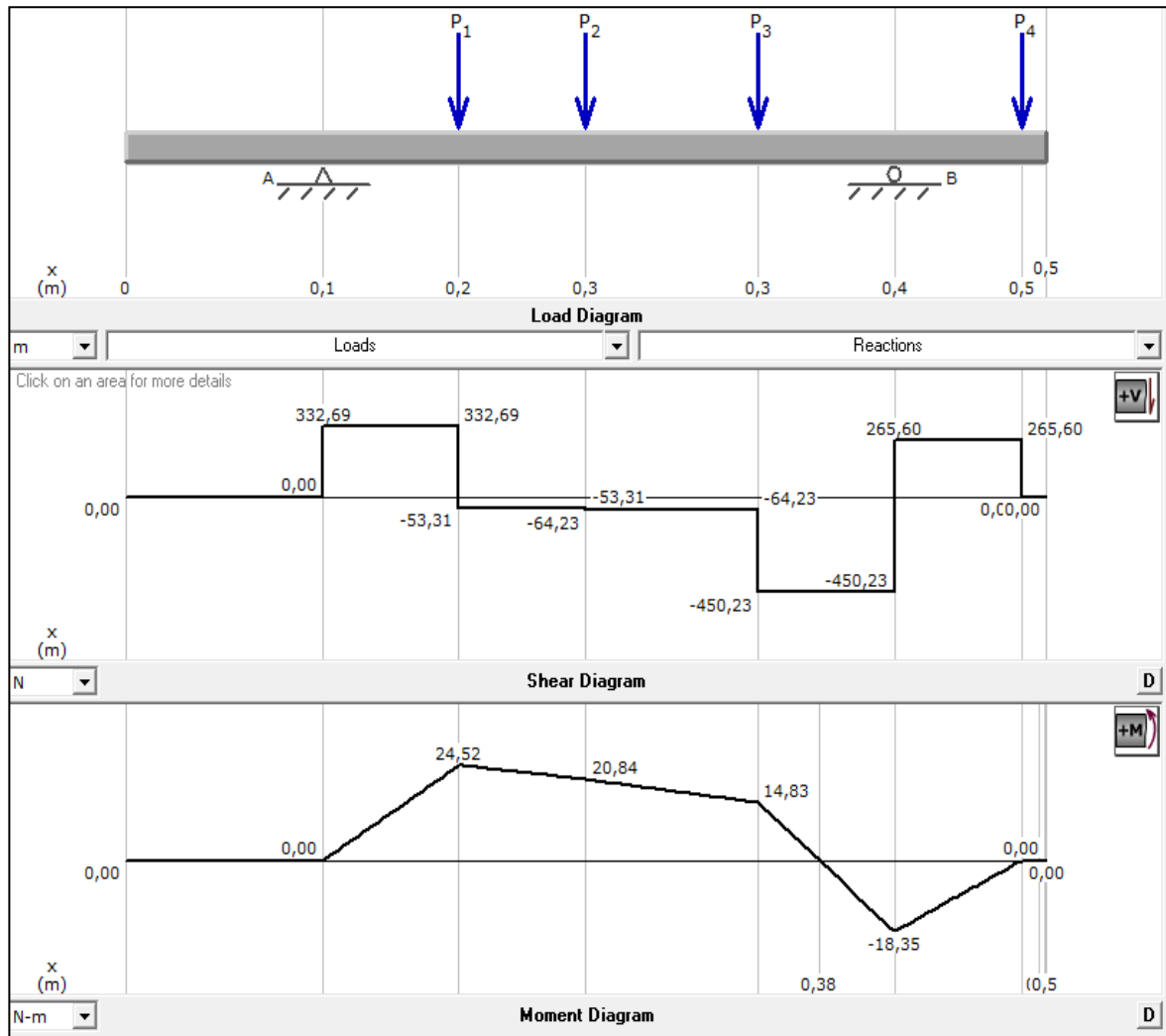
$$\Sigma M_1=0:$$

$$-F_{disco} \cdot (X_2 - X_1) - W_{eje} \cdot (X_w - X_1) - F_{disco} \cdot (X_4 - X_1) + R_2 \cdot (X_5 - X_1) - F_t \cdot (X_6 - X_1) = 0$$

$$R_1 = 332,7 \text{ [N]}$$

$$R_2 = 715,8 \text{ [N]}$$

Figura 21. Análisis plano XY.



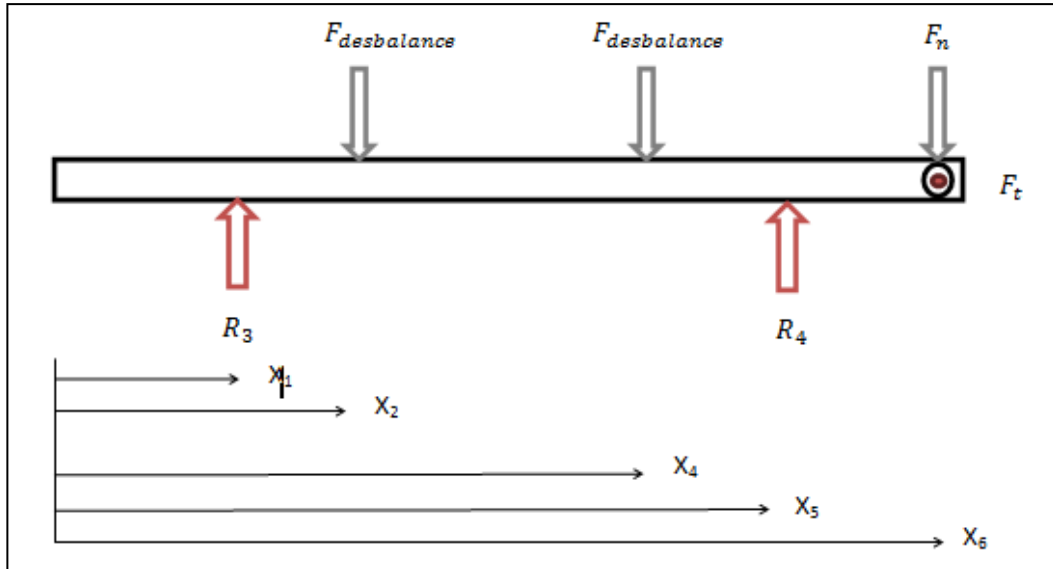
Fuente: Los autores.

$$V_{xy} = 332,7 \text{ [N]}$$

$$M_{xy} = 24,52 \text{ [N-m]} = 217 \text{ [lb-in]}$$

Análisis en plano XZ

Figura 22. Ubicación de fuerzas XZ.



Fuente: Los autores.

$$\Sigma F_z=0:$$

$$R_3 + R_4 = 2 \cdot F_{disco} + F_n$$

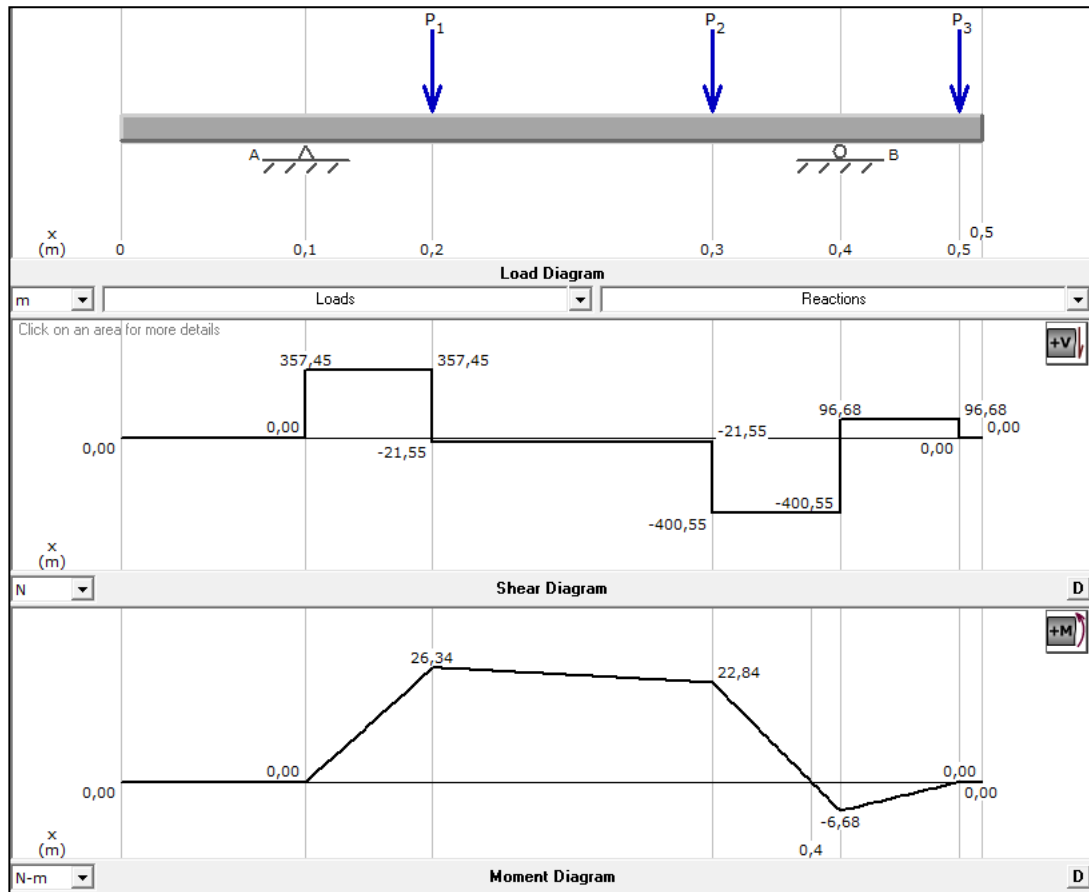
$$\Sigma M_{1xz}=0:$$

$$-F_{desbalanceo} \cdot (X_2 - X_1) - F_{desbalanceo} \cdot (X_4 - X_1) + R_4 \cdot (X_5 - X_1) - F_n \cdot (X_6 - X_1) = 0$$

$$R_3 = 357,4 \text{ [N]}$$

$$R_4 = 497,2 \text{ [N]}$$

Figura 23. Análisis plano XZ.



Fuente: Los autores.

$$V_{xz} = 357,4 \text{ [N]}$$

$$M_{xz} = 26,34 \text{ [N-m]} = 233,2 \text{ [lb-in]}$$

Cortante máximo

$$V_{\max} = \sqrt{V_{xy}^2 + V_{xz}^2}$$

$$V_{\max} = 488,3 \text{ [N]} = 109,8 \text{ [Lb]}$$

Momento máximo

$$M_{\max} = \sqrt{Mxy^2 + Mxz^2}$$

$$M_{\max} = 35,99 \text{ [N-m]} = 318,5 \text{ [lb-in]}$$

Datos de la sección crítica

$$M_{Max} = 318,5 \text{ Lb.in}$$

$$V_{Max} = 109,8 \text{ Lb}$$

$$S_y = 134885,1 \text{ Psi}$$

$$T_{motor} = 179,1 \text{ Lb.in}$$

$$N_{seguridad} = 2,5$$

Criterio de falla por resistencia de materiales

Las siguientes ecuaciones, para definir esfuerzos normales principales, esfuerzos normales y esfuerzo cortante, son tomadas del libro de Hamrock, ecuación 2-16, 4-48, 4-34, respectivamente.

$$\sigma_{1-2} = \left(\frac{\sigma_x}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * M_{Max}}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T_{motor}}{\pi * d^3} + \frac{2 * V_{Max}}{A}$$

$$A = \pi * \left(\frac{d^2}{4}\right)$$

$$\sigma_{1-2} = \frac{S_y}{N_{seguridad}}$$

Resolviendo por EES tenemos.

$$d = 0,4034 \text{ in}$$

5.1.7 Cálculos del diámetro por fatiga

Para el acero denominado AISI 4340, acero al cromo-níquel-molibdeno, el cual se caracteriza por su gran combinación de ductilidad, tenacidad y resistencia a la fatiga en piezas sometidas a altos esfuerzos dinámicos, se tienen las siguientes propiedades.

$$S_{ut} = 152869,8 \text{ Psi o } 1054 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 134885,1 \text{ Psi o } 930 \text{ Mpa}$$

Se determina el límite de resistencia a la fatiga, tomando como referencia el libro de diseño de Hamrock.

$$S'_e = 0,5 * S_{ut}$$

Ecuación 7-7, teniendo en cuenta una desviación estándar de 15%, para cuando no se presenta un estudio detallado del material.

Los factores que se manejan a continuación son tomados del libro de Hamrock y el de Shigley, ver **anexo G**.

$$K_d = 0,886 * d_{fatiga}^{-0,112} = 0,93$$

$$K_{Temp} = 1$$

$$K_s = 0,69$$

$$K_c = 0,897$$

$$K_l = 1$$

$$K_m = 1$$

Por tanto, el límite de fatiga final se obtiene con la siguiente ecuación.

$$S_e = S'_e * K_l * K_d * K_{Temp} * K_s * K_c * K_m$$

Según la ecuación 12-24 del libro de Mott, la cual es compatible con la norma ANSI B 106.IM-1985, se puede usar la siguiente ecuación para flexión pura, torsión pura y esfuerzos combinados.

El factor de seguridad asumido, es usado normalmente donde existe una confianza promedio en los datos de resistencia del material y las cargas.

El factor de concentrador de esfuerzos, es tomado del libro de Diseño I, capítulo de fatiga de Alfredo Parada, este factor es dado por el chavetero de patín.

$$N = 2,5$$

$$K_f = 1$$

$$T_m = 179,1 \text{ Lb. in}$$

$$M_{Max} = 318,2 \text{ Lb. in}$$

$$d_{fatiga} = \left\{ \frac{32 * N}{\pi} * \left[\sqrt{\left(\frac{K_f * M_{Max}}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2} \right] \right\}^{1/3}$$

Resolviendo por EES, del anterior sistema se encuentra.

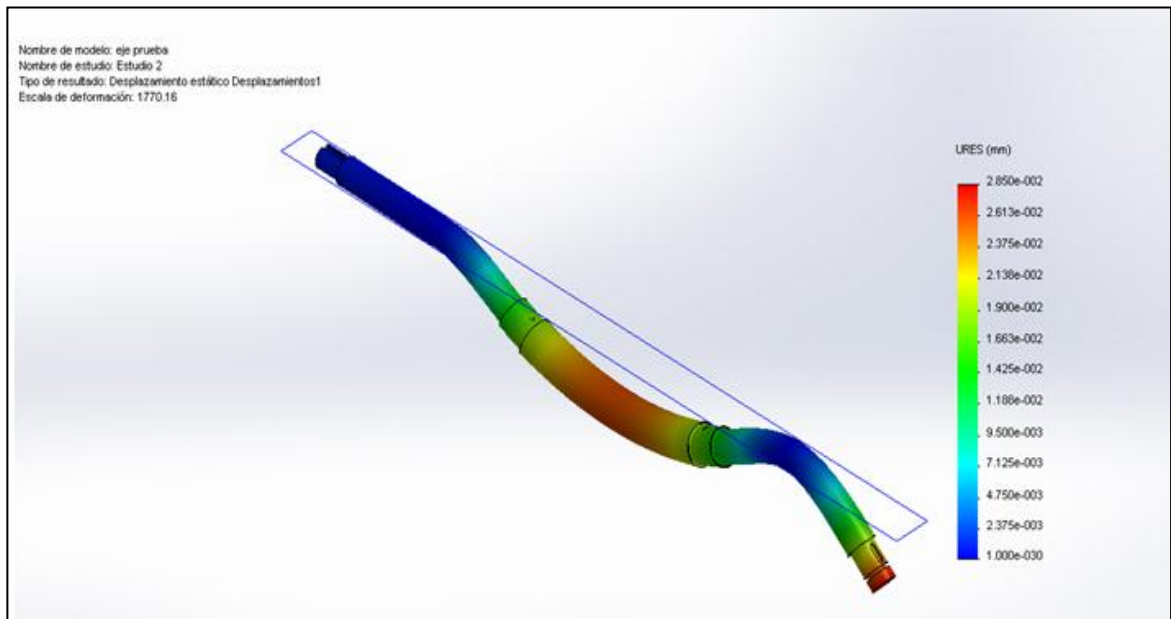
$$d_{fatiga} = 0,627 \text{ in}$$

5.1.8 Análisis CAD- CAE en SolidWorks

Se realiza un estudio de comportamiento del eje diseñado, basado en la distribución de cargas y tipo de material en que se elabora dicho eje, donde se puede observar el comportamiento que presenta bajo las condiciones de operación.

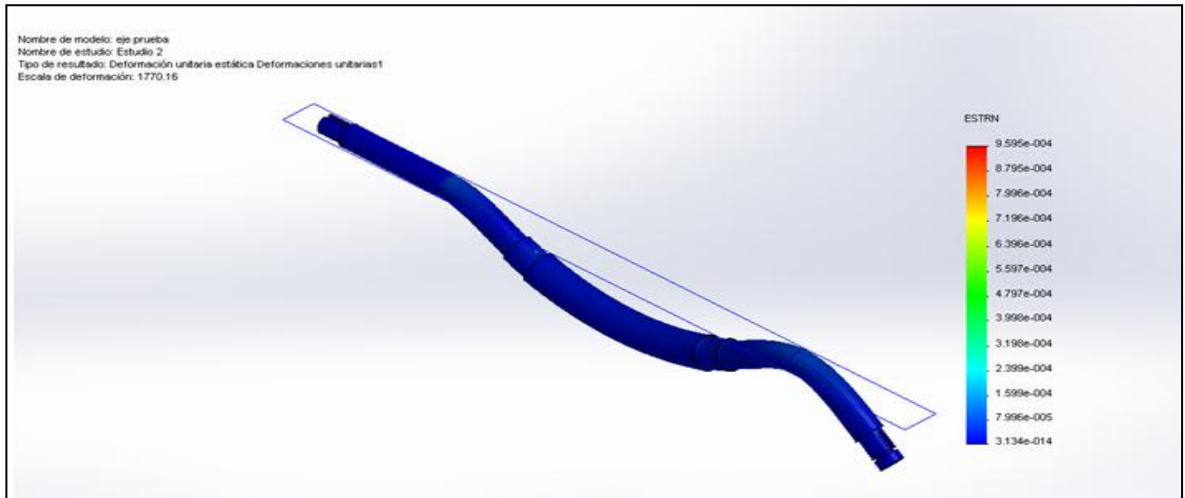
Con éste estudio se busca analizar, desplazamiento resultante, deformaciones unitarias y además, encontrar un factor de seguridad para el diseño presentado. Los resultados de éste análisis se pueden ver a continuación.

Figura 24. Análisis de desplazamiento.



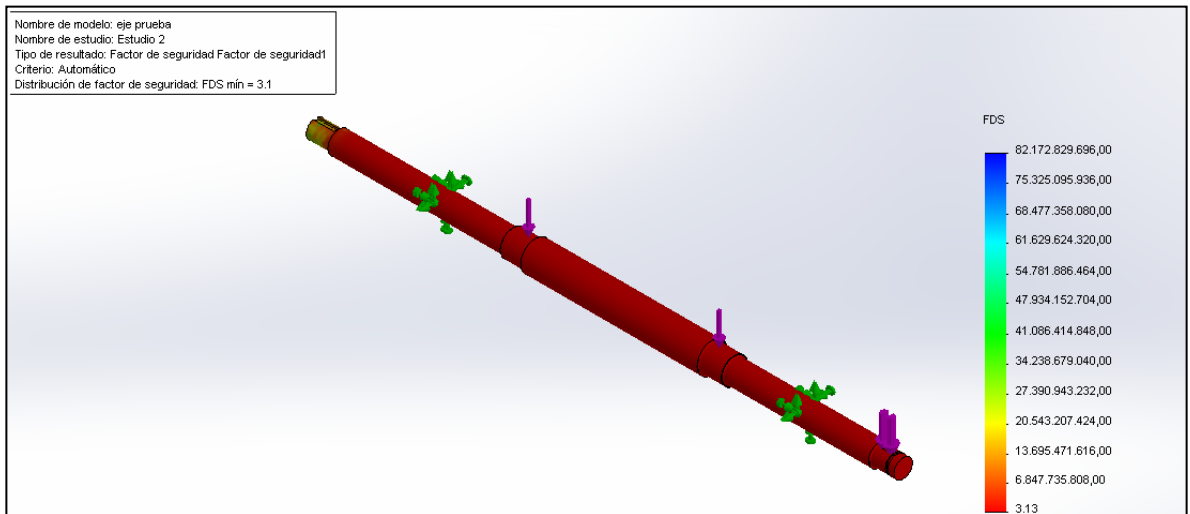
Fuente: Los autores.

Figura 25. Deformaciones unitarias.



Fuente: Los autores.

Figura 26. Factor de seguridad.



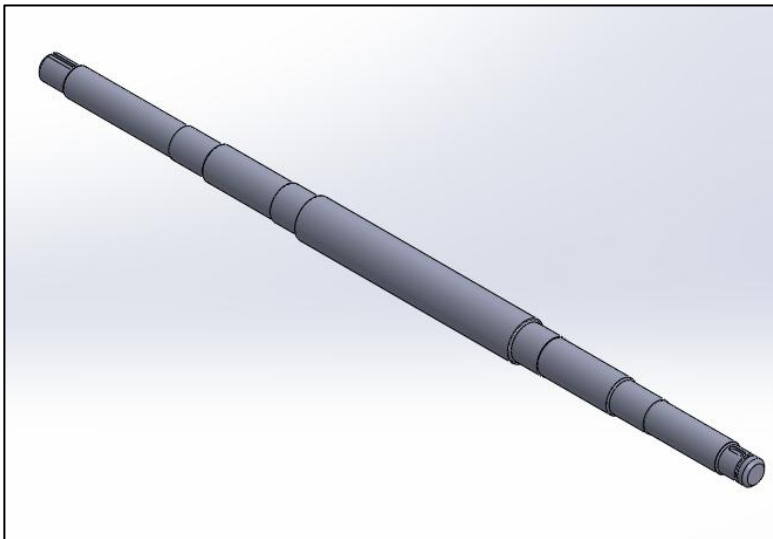
Fuente: Los autores.

De los anteriores gráficos se puede concluir, que en general el eje se encuentra sobredimensionado para las cargas a las cuales se va a encontrar sometido, además se observa que los desplazamientos y deformaciones no implican mayor importancia en el diseño anterior, dando como resultado un factor de seguridad muy conservativo.

5.1.9 Diseño final del eje

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente, se puede establecer el diámetro mínimo necesario para la construcción e implementación del eje principal. Se toma como referencia el diámetro encontrado en el análisis de fatiga, donde se determina la sección crítica y con respecto a ésta se desarrolla el modelo final del eje. Como se ve en la siguiente figura.

Figura 27. Modelo final.



Fuente: Los autores.

5.1.10 Tolerancias sobre el eje

Para montar las diferentes piezas, que hacen parte del tren principal, es necesario definir el tipo de ajuste con sus respectivas tolerancias. Estas tolerancias se deben tener en cuenta al momento de la fabricación para lograr lo establecido según los diseñadores.

- El ajuste que se selecciona para el conjunto eje-acople, es de tipo interferencia, con el cual se logra una unión solidaria entre la manzana del acople y el eje, de esta manera se evitan vibraciones inducidas por este ensamble. El ajuste que se aplica es FN1, este se caracteriza por ser de tipo

forzado ligero, requiere poca presión de montaje y produce ensambles más o menos permanentes.

Para este ajuste se tienen las siguientes tolerancias:

Figura 28. Tolerancias eje - acople.

Tamaño nominal, pulgadas	Límites de interferencia	Clase FN 1			Clase FN 2			Clase FN 3		
		Límites estándares			Límites estándares			Límites estándares		
		Agujero H6	Eje	Límites de interferencia	Agujero H7	Eje s6	Límites de interferencia	Agujero H7	Eje js	Límites de interferencia
0 - 0.12	0.05 0.5	+0.25 -0	+0.5 +0.3	0.2 0.85	+0.4 -0	+0.85 +0.6				
0.12 - 0.24	0.1 0.6	+0.3 -0	+0.6 +0.4	0.2 1.0	+0.5 -0	+1.0 +0.7				
0.24 - 0.40	0.1 0.75	+0.4 -0	+0.75 +0.5	0.4 1.4	+0.6 -0	+1.4 +1.0				
0.40 - 0.56	0.1 0.8	+0.4 -0	+0.8 +0.5	0.5 1.6	+0.7 -0	+1.6 +1.2				
0.56 - 0.71	0.2 0.9	+0.4 -0	+0.9 +0.6	0.5 1.6	+0.7 -0	+1.6 +1.2				
0.71 - 0.95	0.2 1.1	+0.5 -0	+1.1 +0.7	0.6 1.9	+0.8 -0	+1.9 +1.4				
0.95 - 1.19	0.3 1.2	+0.5 -0	+1.2 +0.8	0.6 1.9	+0.8 -0	+1.9 +1.4	0.8	+0.8	+2.1	

Fuente: Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica.

- El ajuste que se selecciona para el conjunto discos de balanceo-eje, debe ser un ajuste de tipo de interferencia, ya que esta unión no posee elementos mecánicos que sujeten los discos con el eje, por tanto se toma como referencia un ajuste de clase FN2, debido a que es un ajuste forzado de nivel medio, adecuado para piezas de acero o para ajustes de contracción en secciones delgadas. Por tanto mediante el diámetro del eje se toman las siguientes tolerancias

Figura 29. Tolerancias eje - discos de balance.

Tamaño nominal, pulgadas	Límites de interferencia	Clase FN 1			Clase FN 2			Límites de interferencia
		Límites estándares			Límites estándares			
		Agujero H6	Eje	Límites de interferencia	Agujero H7	Eje s6	Límites de interferencia	
0 - 0.12	0.05 0.5	+0.25 -0	+0.5 +0.3	0.2 0.85	+0.4 -0	+0.8 +0.6		
0.12 - 0.24	0.1 0.6	+0.3 -0	+0.6 +0.4	0.2 1.0	+0.5 -0	+1.0 +0.7		
0.24 - 0.40	0.1 0.75	+0.4 -0	+0.75 +0.5	0.4 1.4	+0.6 -0	+1.4 +1.0		
0.40 - 0.56	0.1 0.8	+0.4 -0	+0.8 +0.5	0.5 1.6	+0.7 -0	+1.6 +1.2		
0.56 - 0.71	0.2 0.9	+0.4 -0	+0.9 +0.6	0.5 1.6	+0.7 -0	+1.6 +1.2		
0.71 - 0.95	0.2 1.1	+0.5 -0	+1.1 +0.7	0.6 1.9	+0.8 -0	+1.9 +1.4		
0.95 - 1.19	0.3 1.2	+0.5 -0	+1.2 +0.8	0.6 1.9	+0.8 -0	+1.9 +1.4	0.8 2.1	

Fuente: Dibujo en ingeniería y comunicación gráfica.

5.2 DISEÑO DE EJE AUXILIAR

Para la determinación del diámetro del eje auxiliar, se tiene en cuenta inicialmente la disponibilidad de material que se genera al concluir el diseño del eje principal, ya que, éste tipo de materia prima comercialmente se encuentra en longitudes de 6 [m], por tanto, para lograr un aprovechamiento de los recursos se plantea generar un diseño a partir de los medios existentes.

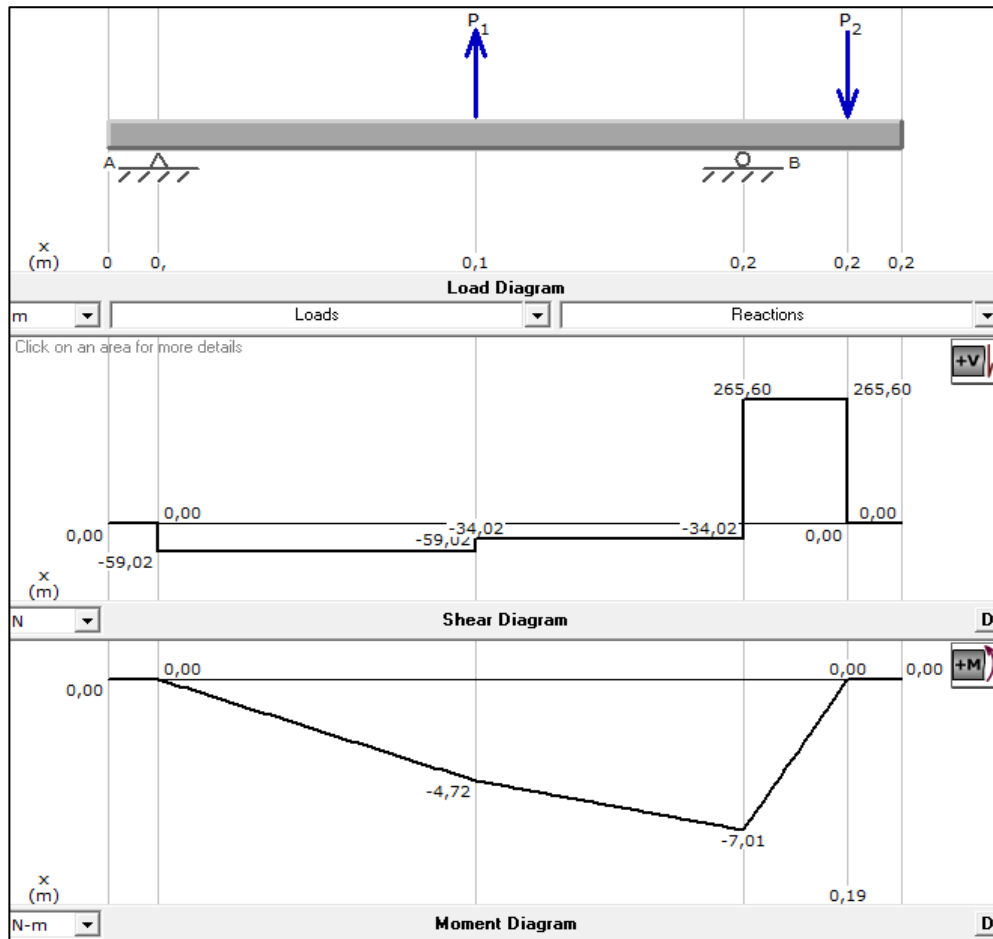
Dado lo anterior, el estudio de ésta pieza está enfocada simplemente al conocimiento de su capacidad en el diseño frente a las cargas inducidas, por lo cual, el análisis crítico se genera con respecto al diámetro obtenido en el estudio de fatiga.

Teniendo en cuenta que se utiliza el mismo material base para la construcción del anterior eje, algunos factores son similares.

5.2.1 Análisis por resistencia

Se toma el valor máximo de momento en la sección crítica, en el plano donde se encuentran las mayores fuerzas.

Figura 30. Análisis eje auxiliar.



Fuente: Los autores.

Momento máximo

$$M_{\max 2} = 7.01 \text{ [N-m]} = 62.06 \text{ [lb-in]}$$

5.2.2 Cálculos del diámetro por fatiga

$$S_{ut} = 152869,8 \text{ Psi o } 1054 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 134885,1 \text{ Psi o } 930 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 0,5 * S_{ut}$$

$$K_l = 1$$

$$K_d = 0,886 * d_{fatiga}^{-0,112}$$

$$K_{Temp} = 1$$

$$K_s = 0,69$$

$$K_c = 0,897$$

$$K_m = 1$$

Por tanto, el límite de fatiga final se obtiene con la siguiente ecuación.

$$S_e = S'_e * K_l * K_d * K_{Temp} * K_s * K_c * K_m$$

$$N = 2,5$$

$$K_f = 1$$

$$T_m = 179,1 \text{ Lb.in}$$

$$M_{Max} = 62.06 \text{ Lb.in}$$

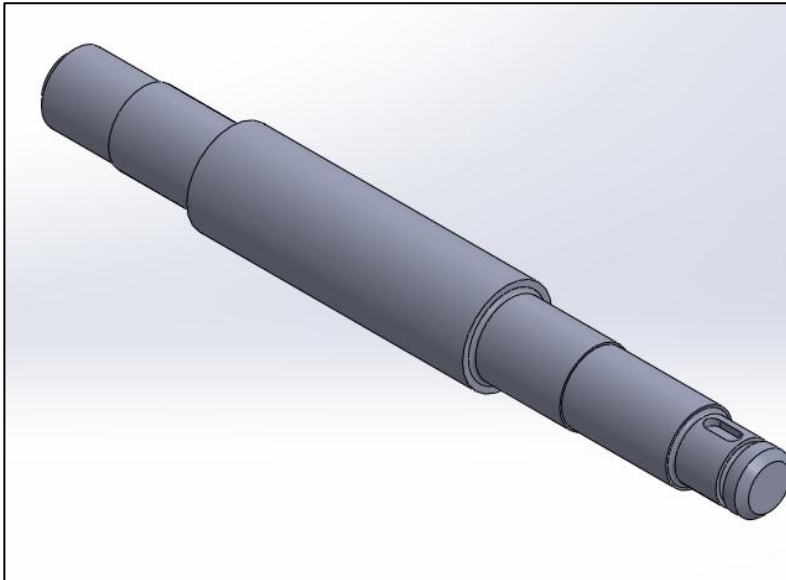
$$d_{fatiga} = \left\{ \frac{32 * N}{\pi} * \left[\sqrt{\left(\frac{K_f * M_{Max}}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T_m}{S_y} \right)^2} \right] \right\}^{1/3}$$

Resolviendo por EES, del anterior sistema se encuentra.

$$d_{fatiga} = 0,377 \text{ in}$$

En conclusión, el diámetro calculado por el análisis de fatiga cumple satisfactoriamente debido a que las dimensiones del eje son mayores a las especificaciones mínimas requeridas por el diseño de fatiga. El modelo final de éste se puede ver a continuación.

Figura 31. Modelo eje auxiliar.



Fuente: Los autores.

5.3 DISEÑO DE CHAVETAS

Para el diseño de las chavetas, se asume un acero con un límite elástico de 3600[kg-cm] y con un diámetro de eje de 5/8 in, se selecciona según el **cuadro 12**. las dimensiones de la sección de una cuña cuadrada de 4x4 [mm].

De acuerdo a la información anterior se determina la longitud mínima, a compresión y a cortadura, que debe tener para poder transmitir el torque generado. Ésta longitud se halla siguiendo el procedimiento descrito en el libro Diseño de máquinas II, de Hernán Rojas García.

5.3.1 Nomenclatura

$T = \text{Torque de arranque}$

$S_y = \text{Límite de elasticidad}$

$d = \text{diámetro de eje}$

$t =$ dimensión sección transversal de cuña

$L_c =$ Longitud por compresión

$L_s =$ Longitud por corte

Cuadro 9. Dimensiones comercial de cuñas.

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
3/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 3/8	3/16	3/16	1/4
1 3/8	1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 3/4	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	3/8	3/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: ANSI Standard B17.1-1967. Keys and keyseats (American Society of Mechanical Engineers, New York)

5.3.2 Cálculo de longitud mínima

$$T = 206,4 \text{ [Kgf.cm]}$$

$$S_y = 3600 \text{ [Kgf/cm}^2\text{]}$$

$$d = 1,59 \text{ [Cm]}$$

$$t = 0,4 \text{ [Cm]}$$

Cálculo de longitud por compresión

$$L_c = \frac{4T}{S_y * t * d} = \frac{4 * 206,4}{3600 * 0,4 * 1,59} = 0,36 \text{ [cm]}$$

Cálculo de longitud por corte

$$L_s = \frac{2T}{S_{ys} * t * d} = \frac{2 * 206,4}{3600 * 0,4 * 1,59} = 0,181 \text{ [cm]}$$

Como las longitudes calculadas son tan pequeñas, se sobredimensiona el diseño de las cuñas dejando como longitud final el ancho del engranaje y la manzana del acople, como se ve en la figura 27. Modelo final.

5.4 ANÁLISIS DE VELOCIDADES CRÍTICAS

Para el análisis de velocidades críticas, existen diversos métodos desarrollados para situaciones específicas y casos particulares, este análisis se hace necesario, debido a que todo eje, aun sin la presencia de cargas externas aplicadas sobre él, presentan deformación al momento de la rotación, estas deformaciones dependen de la rigidez del eje y los soportes, de la masa del eje y demás partes adicionadas sobre el eje, del desequilibrio másico del eje y del amortiguamiento final que presente el sistema.

Cuando se inicia un análisis de velocidades críticas se debe tener en cuenta, que la deformación es función de la velocidad y esta presenta sus máximos valores en las velocidades críticas, teniendo en cuenta que las más representativas son la primera y la segunda, después de estas primeras velocidades, las demás son tan altas que resultan muy lejanas a las velocidades frecuentes de operación de las máquinas.

Existen tres métodos comunes para el cálculo de las velocidades críticas, estos son:

- Método de Rayleigh.

Este método proporciona una aproximación primera para el cálculo de la velocidad crítica, en un sistema de masas múltiples, pero genera una sobrestimación en el resultado final.

- Método de Ecuación de Frecuencias.

Este método muestra valores exactos para el cálculo de n velocidades, pero resulta ser un método muy complejo, al momento del desarrollo de cálculos.

- Método de Dunkerley.

Este método entrega una aproximación de la primera velocidad crítica en un sistema de múltiples masas, pero genera una subestimación al resultado de la primera velocidad.

Por tanto, se puede ver que al generar el análisis de Rayleigh y el de Dunkerley, se genera una sobrestimación y una subestimación respectivamente, lo cual sirve para generar un rango de frecuencia crítica y una mejor estimación de la primera velocidad.

5.4.1 Nomenclatura

$E = \text{Modulo de elasticidad}$

$I = \text{Inercia}$

$d = \text{diámetro de eje}$

$P_1 = \text{Fuerza del disco 1}$

$P_2 = \text{Fuerza del disco 2}$

$P_3 = \text{Fuerza del engranaje}$

$W_{cr1Ray} = \text{Velocidad critica método Rayleigh}$

W_{cr1Dun} = Velocidad critica método Dunkerley

δ_i = Deformación presente en el eje

5.4.2 Cálculo de primera velocidad critica según Rayleigh

Basados en la fórmula de Rayleigh se procede a determinar la primera velocidad critica del eje principal.

$$W_{cr1Ray} = \sqrt{\frac{g(\sum P_i * \delta_i)}{\sum P_i * \delta_i^2}}$$

Con los siguientes valores conocidos y con el uso del software MDSolids se hallan las deformaciones requeridas.

$$E = 2,973e7 \text{ psi}$$

$$I = \frac{\pi * d^4}{64} = 0,01553 \text{ in}^4$$

$$g = 386 \text{ in/s}^2$$

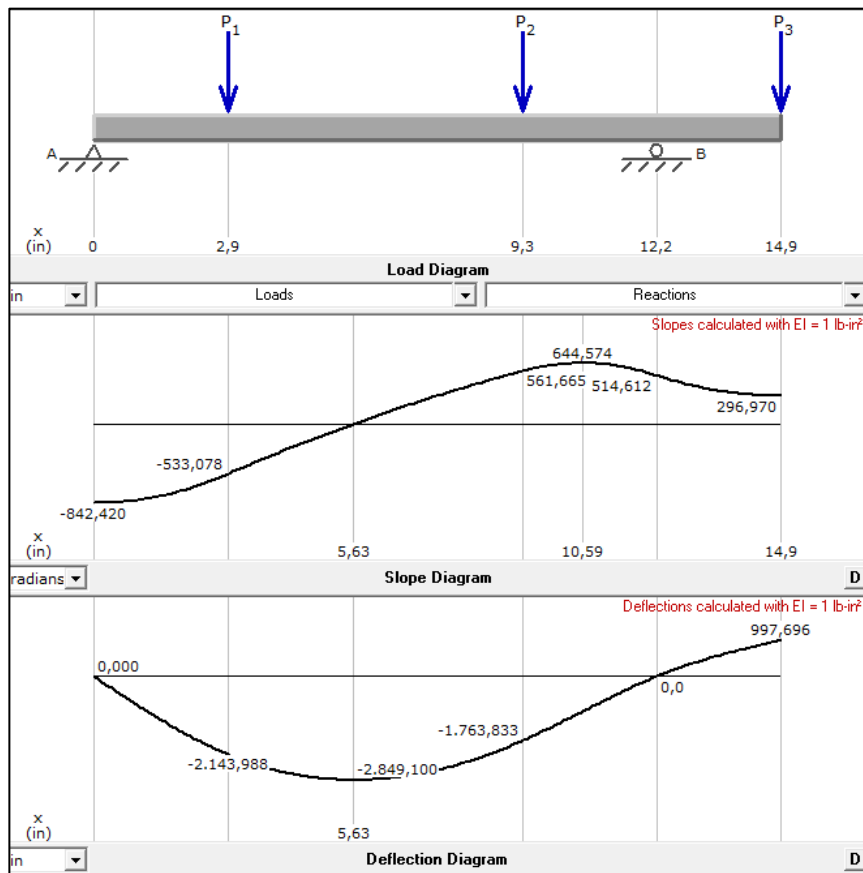
$$d = 0,75 \text{ in}$$

$$P_1 = 86,78 \text{ lbf}$$

$$P_2 = 86,78 \text{ lbf}$$

$$P_3 = 59,71 \text{ lbf}$$

Figura 32. Deformaciones método Rayleigh.



Fuente: Los autores.

Mediante la herramienta EES se calcula:

$$\delta_1 = \frac{2143,988}{EI} = 0,004643 \text{ in}$$

$$\delta_2 = \frac{1763,833}{EI} = 0,00382 \text{ in}$$

$$\delta_3 = \frac{997,696}{EI} = 0,00216 \text{ in}$$

Dando, una velocidad critica

$$W_{cr1Ray} = 2498 \text{ RPM}$$

5.4.3 Cálculo de primera velocidad crítica según Dunkerley

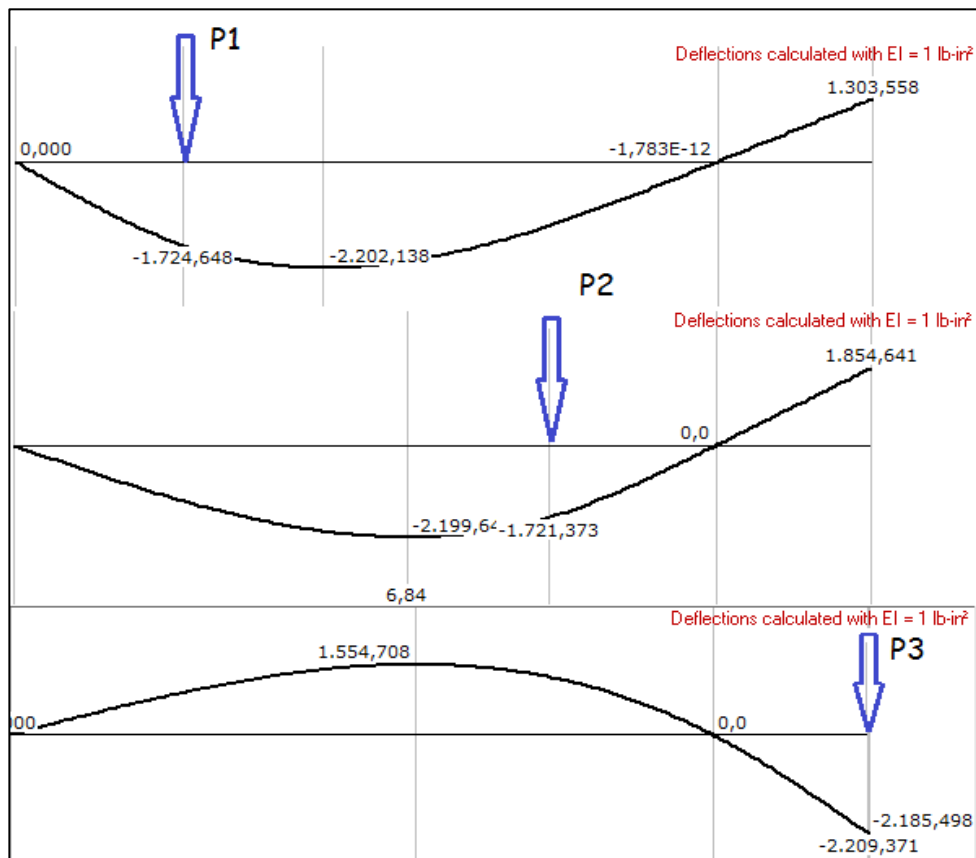
Se halla la velocidad crítica por el método de Dunkerley procediendo de la siguiente forma.

$$\frac{1}{W_{crDun}^2} = \frac{1}{W_{cr1}^2} + \frac{1}{W_{cr2}^2} + \frac{1}{W_{cr3}^2}$$

Donde, $W_{cr1} = \sqrt{\left(\frac{g}{\delta}\right)}$

Con la ayuda del software MDSolids se obtienen los valores de deformación en el eje, causada por el efecto individual de las cargas.

Figura 33. Deformaciones método Dunkerley.



Fuente: Los autores.

En el entorno EES se obtiene

$$\delta_1 = \frac{1724,648}{EI} = 0,003735 \text{ in}$$

$$\delta_2 = \frac{1721,373}{EI} = 0,003728 \text{ in}$$

$$\delta_3 = \frac{2185,498}{EI} = 0,004733 \text{ in}$$

Dando, una velocidad critica $W_{cr1Dun} = 1700 \text{ RPM}$

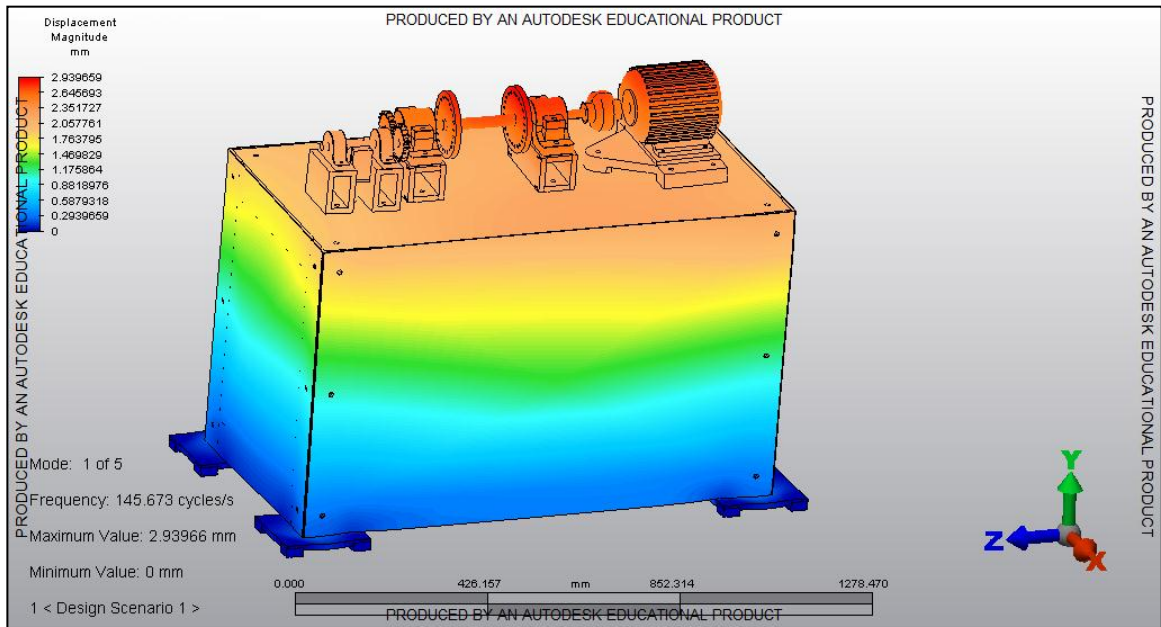
En conclusión, se puede analizar que el rango de velocidades críticas por los métodos aplicados, se encuentra entre 1700 y 2498 RPM, este rango es solo una estimación matemática de la velocidad crítica, durante las pruebas se debe tener en cuenta este rango y se estima una posible velocidad crítica real, con el fin de evitar trabajar cerca de esta velocidad.

5.5 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DEL BANCO

El análisis de frecuencia de este banco se genera en el programa Autodesk, debido a su practicidad y menor cantidad de fallos al correr el programa, con este software se ubican los primeros cinco modos de vibración del banco en general, a diferencia del análisis de velocidades críticas que solo se centra en el estudio del eje y su posible deflexión. A continuación se muestran los posibles 5 modos y sus respectivas frecuencias.

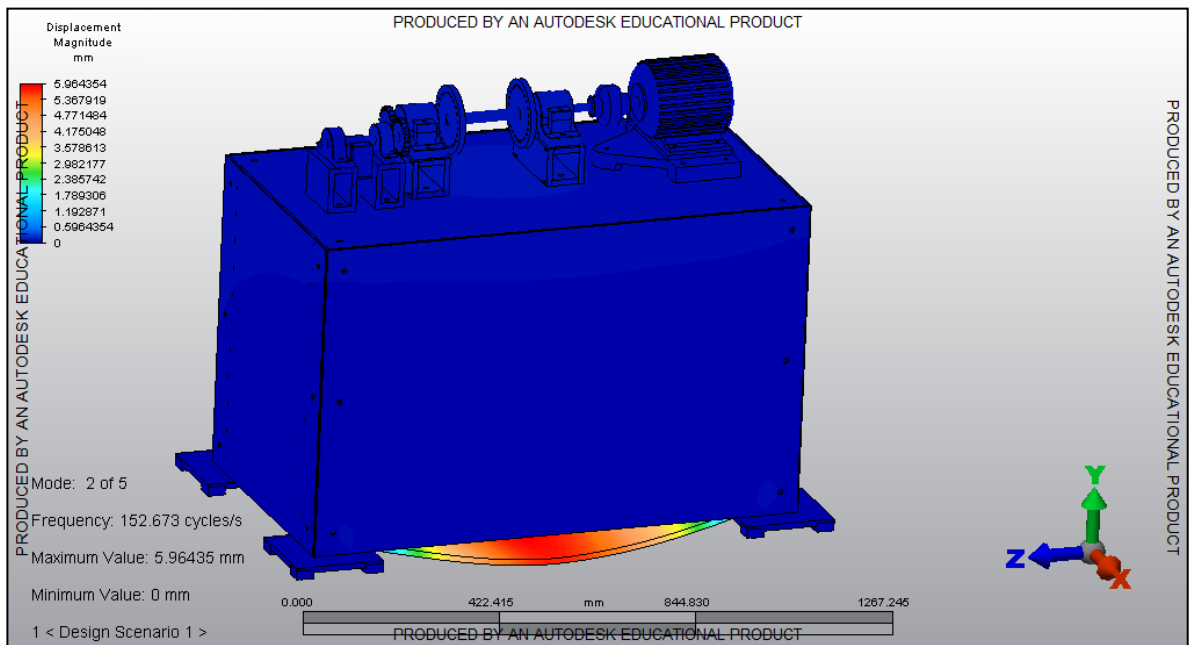
Al momento del análisis se detecta un problema con el software SolidWorks, la versión 2012, ya que no permite un estudio de frecuencia para el banco en general, además se debe tener en cuenta que el análisis generado por el programa, toma unas relaciones de ensamble del banco que algunas ocasiones, no son las mismas de ensamble del banco real, por tanto estas se toman como una aproximación y en caso de trabajar en estas velocidades, detectar la real para no trabajar cerca al rango de los modos de vibración.

Figura 34. Primer modo de Vibración.



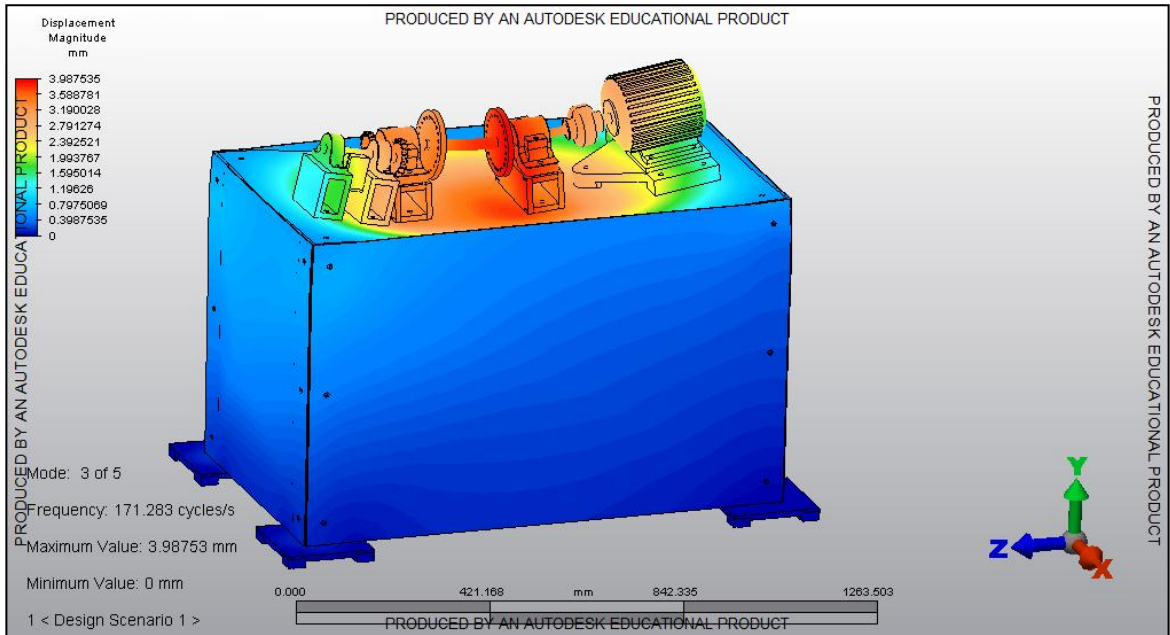
Fuente: Los autores.

Figura 35. Segundo modo de vibración.



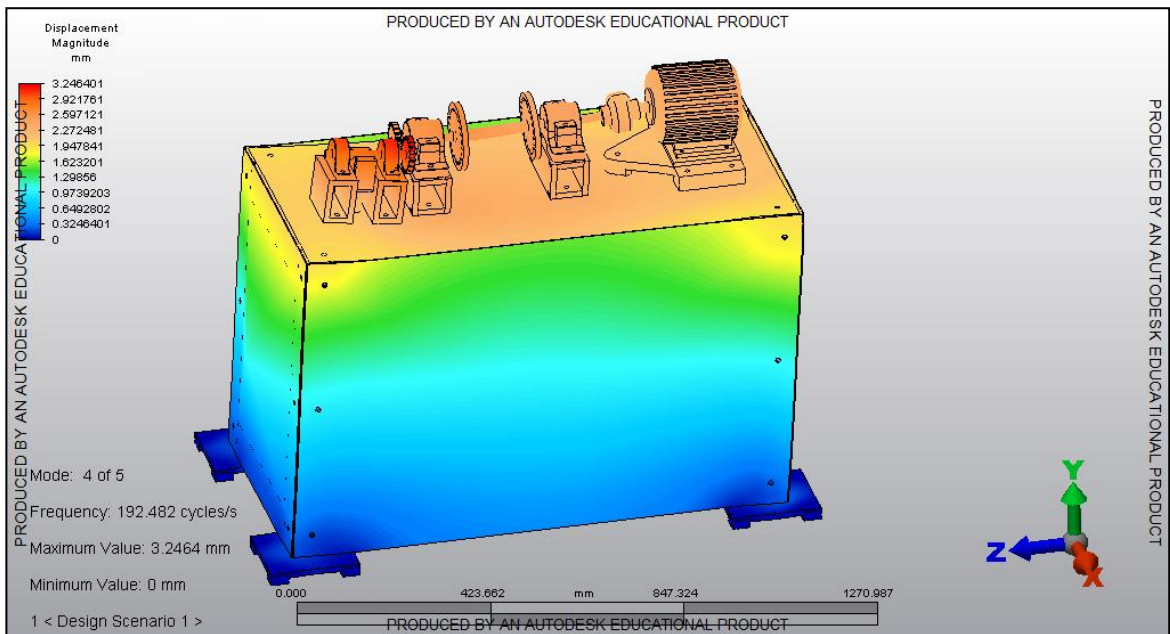
Fuente: Los autores.

Figura 36. Tercer modo de vibración.



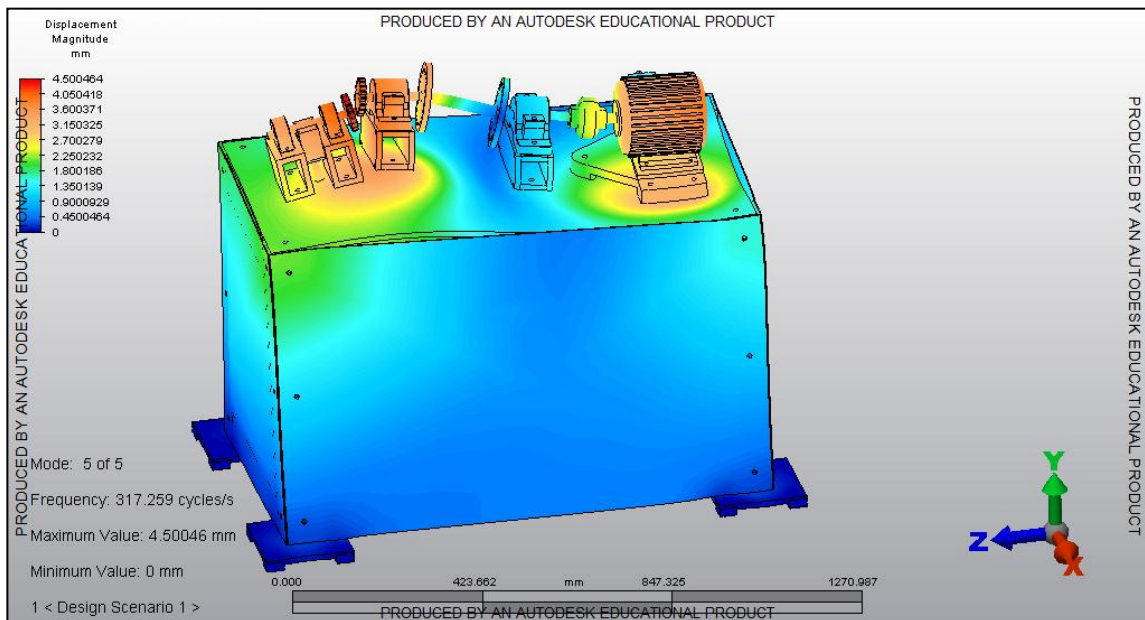
Fuente: Los autores.

Figura 37. Cuarto modo de vibración.



Fuente: Los autores.

Figura 38. Quinto modo de vibración.



Fuente: Los autores.

Por tanto se puede concluir, que las velocidades donde se presentan los modos de vibración son muy altos con respecto a la velocidad a trabajar, ya que el más bajo de ellos es 145,7 Hz y la máxima frecuencia de operación es 80 Hz, por tanto este análisis muestra que no se tienen problemas con los modos de vibración del banco en general.

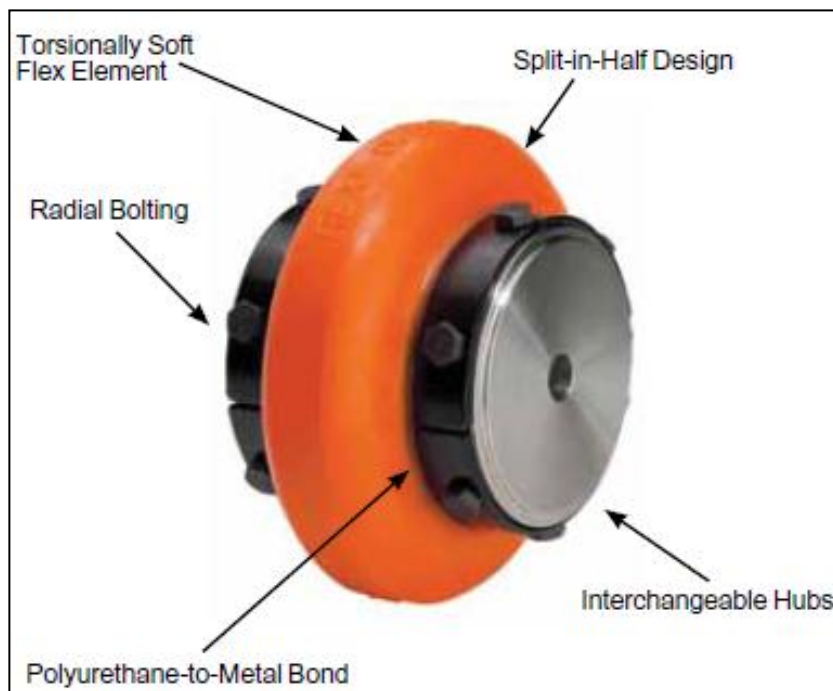
6. SELECCIÓN DE ELEMENTOS

6.1 SELECCIÓN DE ACOPLER

Se instala un acople flexible tipo Omega, capaz de transmitir potencia del motor al eje principal, éste tipo de acople puede trabajar bajo condiciones de desalineamiento, durante el funcionamiento de la máquina, ya sea, desalineamiento angular o paralelo.

Una de las grandes ventajas de los acoples flexibles, es ser amortiguadores de efectos torsionales y/o vibratorio, también proteger el equipo de sobrecargas por fallas en el sistema y además, servir de aislante eléctrico entre el elemento conductor y el conducido.

Figura 39. Acople omega.



Fuente: Catálogo Omega Elastomer Coupling.

A continuación se muestra el proceso de selección del acople según Rexnord.

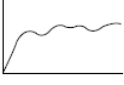
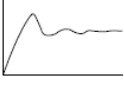
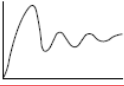
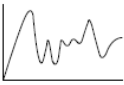
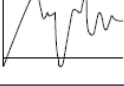
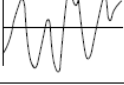
- Se determina el HP/100RPM

$$\frac{HP}{100RPM} = (2,4 * 100)/4800$$

$$\frac{HP}{100RPM} = 0,05$$

- Se multiplica el anterior término por el factor de servicio hallado en el siguiente cuadro, obteniendo el equivalente HP/100RPM.

Cuadro 10. Factor de servicio.

	Load Classifications	Service Factors
	Continuous service and running loads vary only slightly.	1.0
	Torque loading varies during operation of the equipment.	1.5
	Torque loading varies during operation, frequent stop/start cycles are encountered.	2.0
	For shock loading and substantial torque variations.	2.5
	For heavy shock loading or light reversing drives.	3.0
	Reversing torque loads do not necessarily mean reversal of rotation. Depending upon severity of torque reversal, such loads must be classified between "medium" and "extreme."	Consult Rexnord

Fuente: Catálogo Omega Elastomer Coupling.

$$\text{Equivalente} \frac{HP}{100RPM} = \frac{HP}{100RPM} * FDS$$

$$\frac{HP}{100RPM} * FDS = 0,05 * 2,0$$

$$\text{Equivalente} \frac{HP}{100RPM} = 0,1$$

- Se selecciona el tamaño del acople del cuadro a continuación, según el equivalente HP/100RPM.

Cuadro 11. Tamaño de acople.

Size		Equivalent HP/100 RPM
Standard	Spacer	
E2	ES2	0.3
E3	ES3	0.58
E4	ES4	0.88
E5	ES5	1.48
E10	ES10	2.3
E20	ES20	3.65
E30	ES30	5.79
E40	ES40	8.85
E50	ES50	12.14
E60	ES60	19.84
E70	ES70	35.12
E80	ES80	62.7
E100	NA	135
E120	NA	270
E140	NA	540

Fuente: Catálogo Omega Elastomer Coupling.

- Se verifica las condiciones límite de velocidad de operación, con respecto al cuadro siguiente.

Cuadro 12. Límite de velocidad de operación.

Omega Coupling Size	Recom. Max. Bore (In.) ①	Continuous HP/100 RPM	Continuous Torque (In. Lbs.)	Max. RPM
E2	1.13	0.30	190	7500
E3	1.38	0.58	365	7500
E4	1.63	0.88	550	7500
E5	1.88	1.48	925	7500
E10	2.13	2.30	1450	7500
E20	2.38	3.65	2300	6600
E30	2.88	5.79	3650	5800

Fuente: Catálogo Omega Elastomer Coupling.

- Se comprueba que el diámetro de los ejes no sean mayores al máximo diámetro admisible del agujero del acople, con el siguiente cuadro.

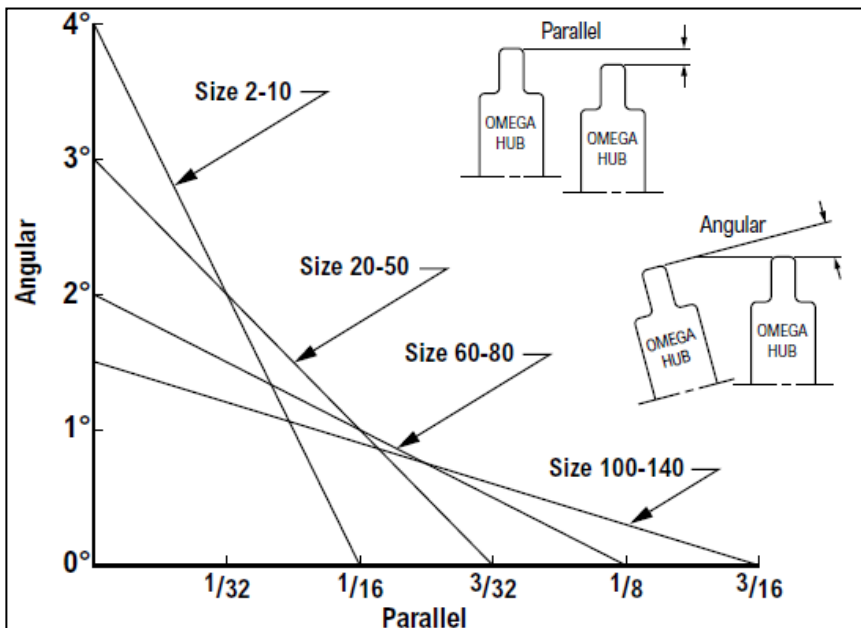
Cuadro 13. Dimensiones admisibles.

Hub Size	Straight Bore	
	② Min. Bore	③ Max. Bore
2	No Min.	1 ³ / ₁₆
3	⁵ / ₈	1 ³ / ₈
4	³ / ₈	1 ³ / ₄
5	³ / ₈	1 ¹⁵ / ₁₆

Fuente: Catálogo Omega Elastomer Coupling.

En conclusión, se selecciona el tipo de acople E2, ya que por sus ventajas y características, cumple con los requerimientos necesarios a los cuales va a estar sometido como lo son, un desalineamiento paralelo de 1/16 in y un desalineamiento angular de 4°, como se puede ver a continuación.

Figura 40. Características de acoples.



Fuente: Catálogo Omega Elastomer Coupling.

6.2 SELECCIÓN CHUMACERAS Y COJINETES

Basados en las dimensiones finales de los ejes y de acuerdo a las opciones comerciales, se seleccionan tanto chumaceras para el eje auxiliar, como cojinetes para el eje principal. Además se eligen estos cojinetes, que permiten la opción de desarme y desmontaje del rodamiento, para así poder inducir y observar distintos fenómenos en éstos, ya que las fallas se pretenden generar únicamente en el eje principal. Por otro lado, la mejor opción para soportar el eje secundario fueron las chumaceras, debido a su bajo costo y fácil adquisición en el mercado.

Los cojinetes y chumaceras seleccionados, según ejes de diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada son:

- Cojinetes de referencia SNV 052 marca FAG.

Figura 41. Cojinete.



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

- Chumaceras de referencia UCP 3/4" marca FAG.

Figura 42. Chumacera.



Fuente: <http://www.spanish.alibaba.com>

6.3 SELECCIÓN MECANISMO DE DESPLAZAMIENTO

El mecanismo de desplazamiento necesario para suplir las necesidades que garantiza el desalineamiento paralelo y angular, se enfoca en las siguientes premisas:

- Diseño compacto.
- Capacidad de generar los dos tipos de desalineamiento.
- Precisión en el desplazamiento.
- Uso de elementos mecánicos para minimizar costos.
- Facilidad del montaje y maniobrabilidad.

6.3.1 Descripción del mecanismo

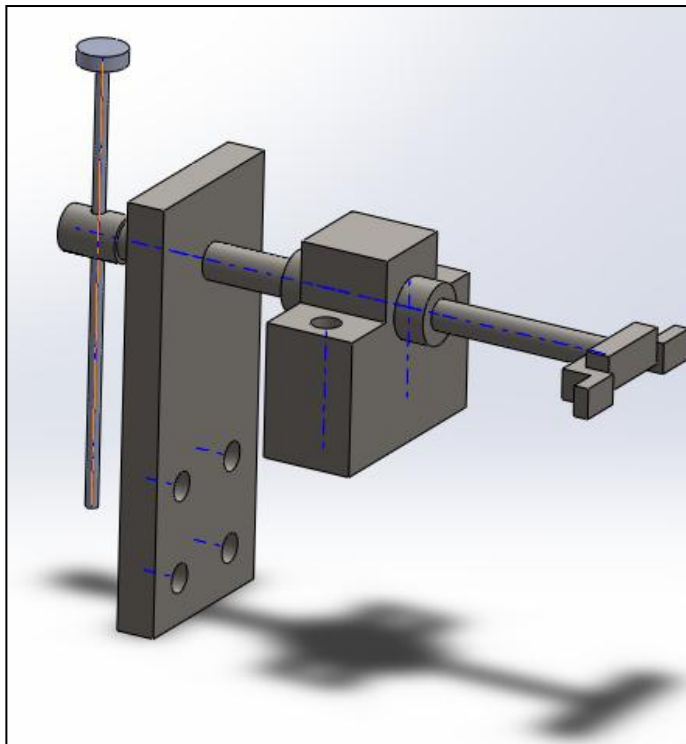
El accionamiento del mecanismo consta de una palanca, cuya función es realizar el desplazamiento indicando el respectivo ángulo barrido, además, esta pieza es desmontable, con el fin de evitar inducción de vibraciones durante la operación del

banco. En general, el dispositivo cuenta con dos puntos de apoyo, uno de los cuales, es una placa fija a la mesa, encargada de controlar el paso del tornillo en su primera etapa. El otro, es el elemento usado como soporte y conector de las dos etapas de los tornillos de desplazamiento.

El elemento de unión de los dos tornillos se encuentra solidario al tornillo de la primera etapa y además, tiene como característica, una rosca interna en sentido contrario a la disposición presentada en el tornillo de la primera etapa, teniendo en cuenta un paso diferente, para así obtener un desplazamiento total menor que el dado por cada tornillo.

El tornillo de la segunda etapa tiene en su extremo derecho una terminación cuadrada, que ensambla dentro de una pieza en forma de “C”, la cual se encuentra fija a la base del motor.

Figura 43. Mecanismo de desplazamiento.

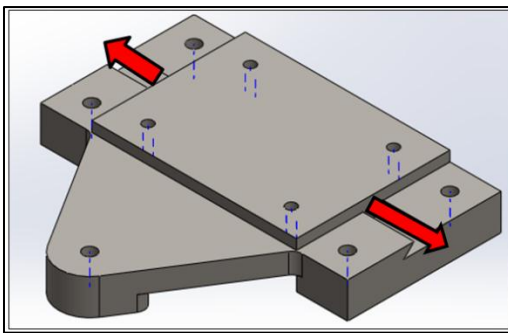


Fuente: Los autores.

Mediante el mecanismo de tornillos se genera el desplazamiento del motor, pero éste solo no garantiza el desalineamiento bajo las condiciones requeridas, por tanto, se diseñan dos placas, que aparte de servir como soporte para el motor, se usan para obtener los desplazamientos necesarios.

El desalineamiento paralelo se induce por medio de una cola de milano, construida en las dos placas mencionadas anteriormente, donde la placa superior se desliza sobre la inferior que se encuentra fija a la mesa.

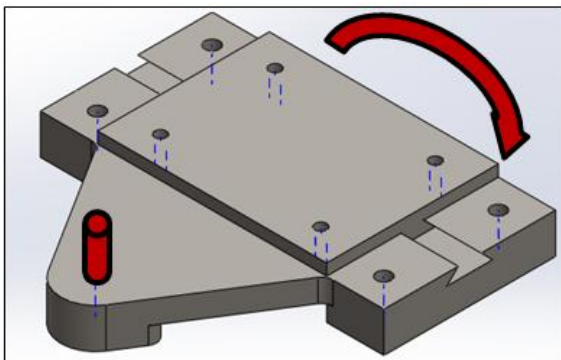
Figura 44. Desalineamiento paralelo.



Fuente: Los autores.

El desalineamiento angular se obtiene mediante un pivote de la placa inferior, ubicado estratégicamente bajo el centro geométrico del acople. Para ésta función las placas se encuentran fijas entre sí.

Figura 45. Placas de desalineamiento.



Fuente: Los autores.

6.3.2 Especificaciones de los tornillos

Para generar los movimientos descritos anteriormente, se hace necesario seleccionar un par de tornillos que cumplen con las expectativas planteadas. Conociendo el desplazamiento máximo permitido por el acople, se busca una relación entre la configuración de los tornillos que dan un avance final de 0,25 mm por revolución, con esto se logra una mayor precisión y al mismo tiempo una selección óptima con respecto al mercado.

Para cumplir con la condición dada del paso final, se cuenta con la selección de tornillos de dimensiones comerciales, y las especificaciones finales son las siguientes:

- Tornillo de rosca fina de 10 mm con paso 1.25 mm, rosca derecha.
- Tornillo de rosca fina de 12 mm con paso de 1.5 mm, rosca izquierda.

6.4 SELECCIÓN DE FRENO

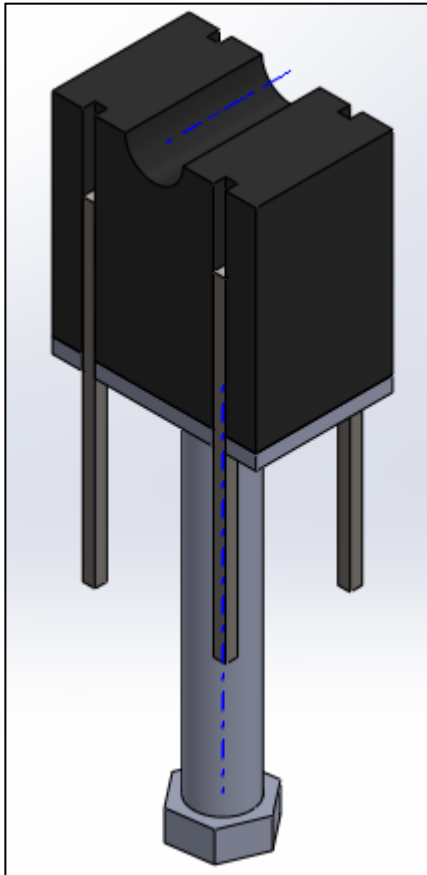
La necesidad de simular una carga que restrinja el libre movimiento de los engranajes, para así, hacer visible dentro del análisis espectral el paso de dientes por engranajes, conlleva la inclusión de un freno, capaz de generar esta limitación, inducida a partir de la experiencia y de pruebas realizadas anteriormente.

Este freno se encuentra ubicado en el eje auxiliar, entre las bases de las chumaceras, guiado por medio de dos barras verticales que impiden la tendencia a la desviación o vibración de éste en funcionamiento. La carga aplicada en este dispositivo es controlada por medio de un tornillo, el cual puede ser ajustado a un determinado rango de fuerza de apriete con el uso de un torquímetro.

El material usado para este freno es una lona, que posee buenas propiedades mecánicas al desgaste y la tracción, cabe resaltar que el uso de este freno se ve

limitado a la prueba de paso de dientes por engranajes, lo que da un tiempo de vida útil considerable.

Figura 46. Freno.

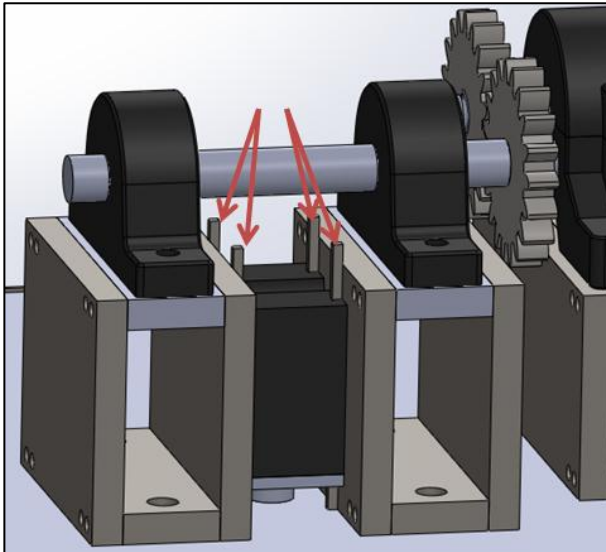


Fuente: Los autores.

6.4.1 Funcionamiento del freno propuesto

Consta de 4 guías, que aseguran el desplazamiento vertical del freno y además evitan la inducción de vibraciones indeseadas por parte de éste. Las guías se encuentran fijadas a los soportes de las chumaceras.

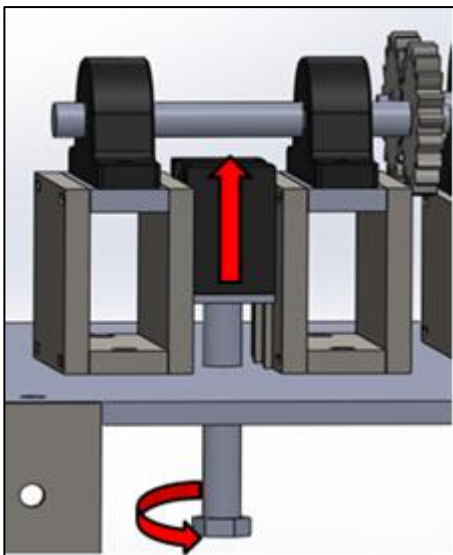
Figura 47. Guías de freno.



Fuente: Los autores.

Mediante un Torquimetro se genera el desplazamiento vertical del tornillo haciendo que el freno se deslice hacia arriba o abajo según se necesite.

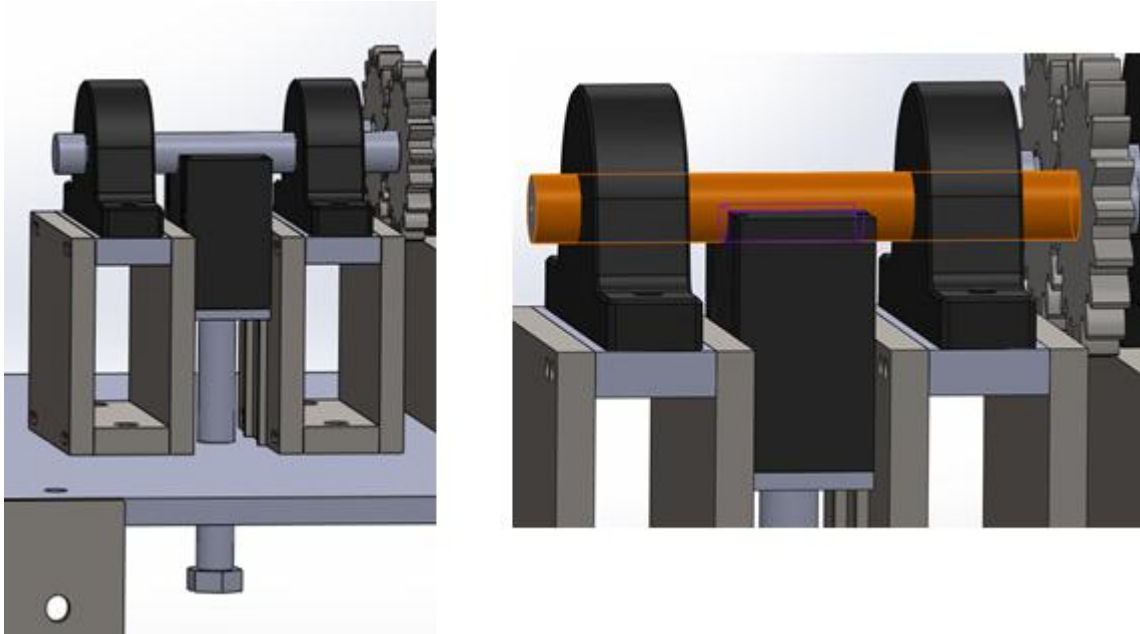
Figura 48. Desplazamiento del freno.



Fuente: Los autores.

El material del freno es un caucho, que posee la forma del eje para aumentar el área superficial de contacto y además, se limita en el torquímetro una fuerza máxima de 10[N], que pretende generar la restricción en el movimiento de este eje y así, hacer más notorio el paso de dientes por engranajes en el espectro.

Figura 49. Freno en funcionamiento.



Fuente: Los autores.

7. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA

El estudio de costos y viabilidad económica del banco de vibraciones es trabajo conjunto con Bavaria S.A. y la empresa contratista INDUSTRIAS GOMAT, con quienes se elabora una propuesta basada en la calidad de los materiales, los procesos de fabricación, terminado de las piezas, valor de mano de obra y tiempos de fabricación. Además, la planta Bavaria S.A. cuenta con varios equipos y elementos mecánicos, los cuales son incluidos necesariamente en este análisis.

En el siguiente cuadro se presentan los valores totales de las piezas y del banco en general. Sin embargo, estos valores pueden disminuir al cambiar la preferencia del material.

Cuadro 14. Presupuesto total para construcción.

ORDEN DE PRODUCCION No.			
DESCRIPCION	Totales Banco Vibraciones Bavaria		
CANTIDAD	1,00		
CLIENTE	BAVARIA		
FECHA APERTURA			
FECHA CIERRE	LISTADO OPS		
DESCRIPCION	CANTIDAD	V/R UNITARIO	V/R TOTAL
Materia Prima			
1 Base Pata	4,00	\$99.767	\$399.070
2 Pata	4,00	\$100.900	\$403.601
3 Placa Inferior	1,00	\$556.390	\$556.390
4 Caja Base	1,00	\$710.000	\$710.000
5 Placa Superior	1,00	\$956.390	\$956.390
6 Base motor Inferior	1,00	\$1.060.341	\$1.060.341
7 Base Motor Cola milano	1,00	\$604.050	\$604.050
8 Base cojinete	2,00	\$316.258	\$632.517
9 Eje	1,00	\$197.335	\$197.335
10 Discos Balanceo	2,00	\$225.457	\$450.913
11 Engrane M=4 Z=19	2,00	\$289.042	\$578.084
12 Eje Secundario	1,00	\$104.632	\$104.632
13 Base Chumacera	2,00	\$481.473	\$962.946
14-15-19 Palanca, Tornillos	1,00	\$220.407	\$220.407
16 Placa Desplazamiento	1,00	\$72.517	\$72.517
17 Unión	1,00	\$54.249	\$54.249
18 Soporte tornillo	1,00	\$177.808	\$177.808
20 C	1,00	\$114.245	\$114.245

<u>21-22-23 Freno</u>	1,00	\$352.317	\$352.317
<u>Tapas Frontal y Laterales</u>	1,00	\$295.934	\$295.934
			\$0
		Subtotal	\$ 8.903.745
ELEMENTOS POR COMPRAR			VENTA
Acople omega N°2 marca Rexnord	1,00	\$ 250.000	\$250.000
Chumacera ref: UCP 3/4" marca FAG	2,00	\$ 30.000	\$60.000
Cojinete ref: SNV 052 (3/4" completa) marca FAG	2,00	\$ 180.000	\$360.000
Motor (Disponible en la empresa)	1,00	\$ 320.000	\$320.000
Variador de velocidad (Disponible en la empresa)	1,00	\$ 150.000	\$150.000
Equipo de alineación SKF TKSA 40 (Disponible en la empresa)	1,00	\$ 75.000.000	\$75.000.000
Analizador de vibraciones Leonova Infinity y Kit de balanceo (Disponible en la empresa)	1,00	\$ 90.000.000	\$90.000.000
		Subtotal	\$ 166.140.000
OTROS			
Asesorías y aporte intelectual (asumido por Bavaria S.A.)			\$ 4.000.000
		Suma de Subtotales	\$ 179.043.745
		Empaque	\$ 0
		Fletes y seguros 1%	\$ 1.790.437
		Subtotal	\$ 180.834.182
		A.I.U 5%	\$ 9.041.709
		TOTAL	\$ 189.875.892

Fuente: Los Autores e Industrias Gomat.

8. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

8.1 PRUEBA DE ALINEAMIENTO HORIZONTAL

- Objetivo:

Identificar y practicar el procedimiento de alineación de dos ejes, usando un equipo de alineamiento por láser.

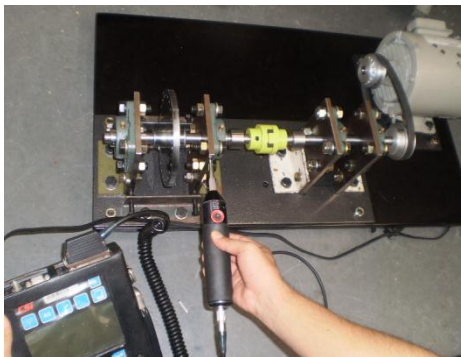
- Concepto general:

El desalineamiento se produce cuando el eje motriz y el conducido no tienen la misma línea de centro, debido a múltiples factores entre los cuales, los más comunes en máquinas rotativas, se encuentra la falta de precisión al momento del montaje, el desnivel en la cimentación, entre otras. Estos pueden ser desalineamiento angular o paralelo.

- Procedimiento:

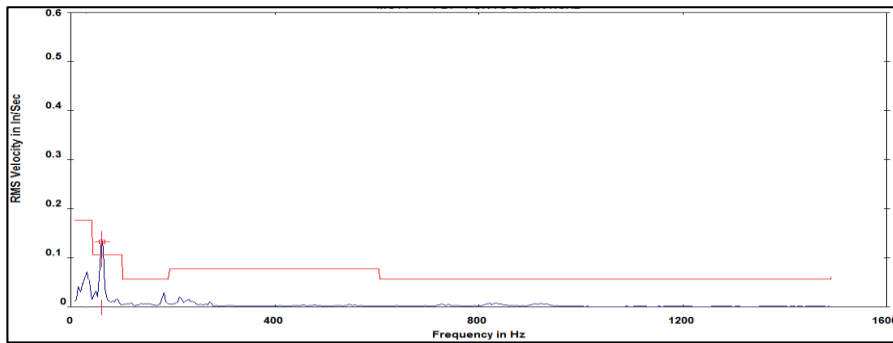
1. Toma de vibraciones con el analizador (detección de desalineamiento).

Figura 50. Toma de vibraciones.



Fuente: Los autores.

Figura 51. Espectro de desalineamiento al 2x.

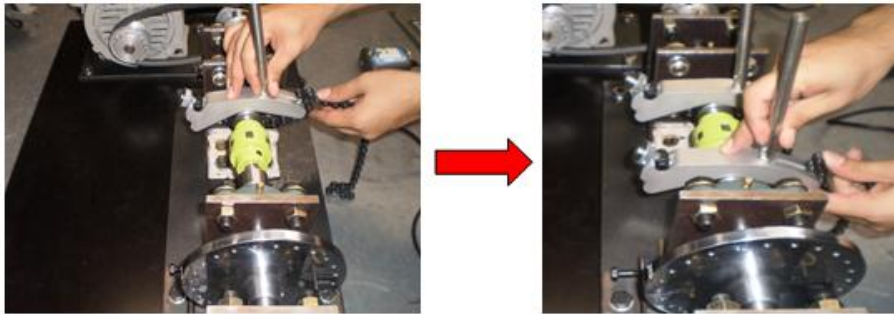


Fuente: Los autores.

2. Montaje del equipo de alineamiento.

2.1 Ubicación de mordazas sobre ejes.

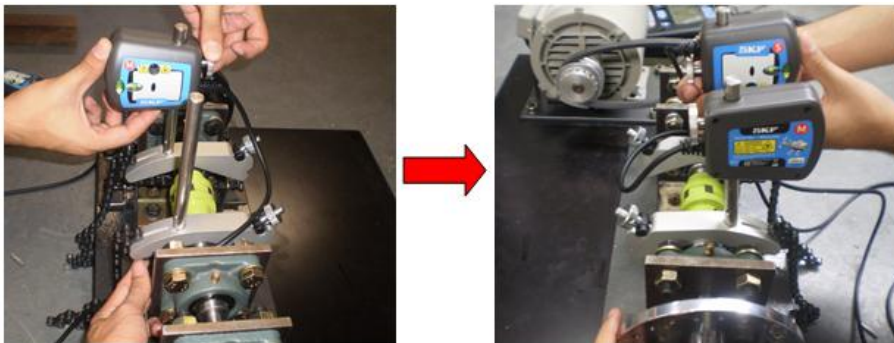
Figura 52. Montaje mordazas.



Fuente: Los autores.

2.2 Montaje de sensores.

Figura 53. Montaje sensores.



Fuente: Los autores.

2.3 Conexión de sensores al dispositivo de alineación SKF.

Figura 54. Conexión de sensores.



Fuente: Los autores.

2.4 Alinear los haces de luz según referencia del sensor.

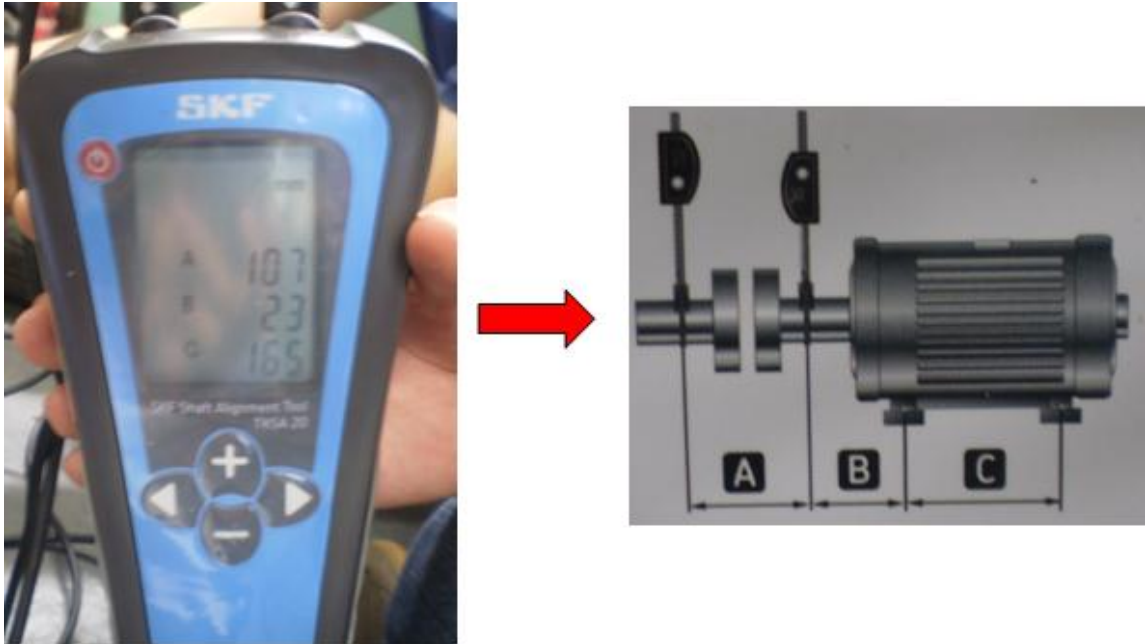
Figura 55. Alineación de sensores.



Fuente: Los autores.

3. Introducir las dimensiones (A, B y C) en el dispositivo de alineación.

Figura 56. Dimensiones básicas.



Fuente: Los autores.

4. Marcar las 3 posiciones (9, 3 y 12 según manecillas del reloj) llevando los sensores a dichas posiciones.

Nota: En cada posición esperar 5 segundos aproximadamente y dar click a la tecla “flecha derecha” para guardar la posición.

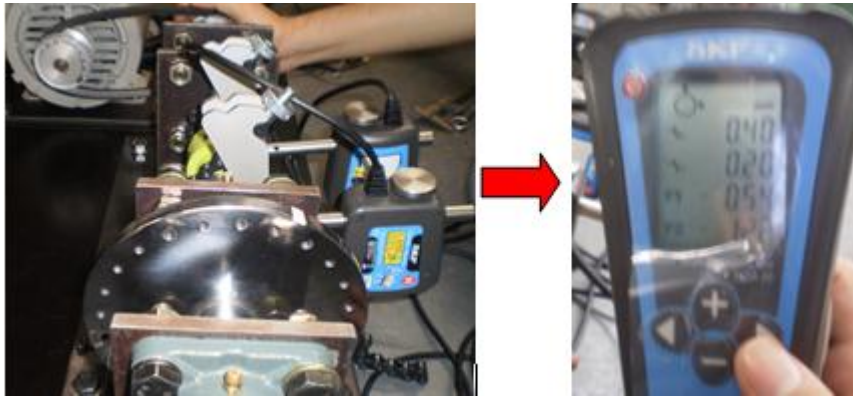
Figura 57. Toma de datos con alineador.



Fuente: Los autores.

5. Teniendo los sensores orientados a las 3 (según manecillas del reloj) registramos los valores de desalineamiento paralelo y angular presentes.

Figura 58. Resultados de desalineamiento horizontal.



Fuente: Los autores.

Nota: En esta misma ventana podemos observar los valores de corrección según sentido y magnitud, para alcanzar un alineamiento óptimo.

- Los valores registrados en la prueba son los siguientes:





Cuadro 15. Resultados primera toma de datos.

	MAGNITUD [mm]
Desalineamiento angular	0,40
Desalineamiento paralelo	0,20
Corrección plano 1	0,54
Corrección plano 2	1.22

Fuente: Los autores.

6. Observar las tolerancias permitidas para la velocidad de rotación del eje, para el caso de una velocidad de rotación de 1800 RPM.

Figura 59. Tolerancias admitidas.

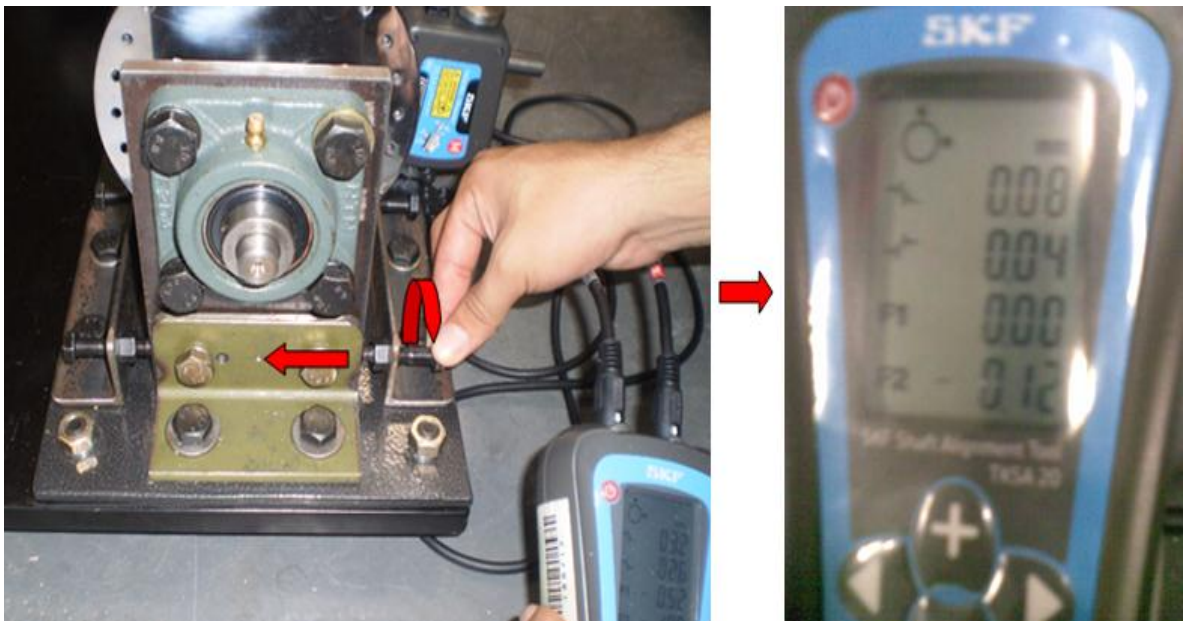
rpm	 mm/100 mm	 mm	 0.001"/1"	 0.001"
0 - 1000	0.10	0.13	1.0	5.1
1000 - 2000	0.08	0.10	0.8	3.9
2000 - 3000	0.07	0.07	0.7	2.8
3000 - 4000	0.06	0.05	0.6	2.0
4000 - 6000	0.05	0.03	0.5	1.2

Fuente: Catálogo alineador SKF 20.

7. Proceder a corregir el desalineamiento hasta llegar a las tolerancias admitidas,

Nota: se debe soltar levemente los tornillos de sujeción de los soportes para realizar el debido alineamiento.

Figura 60. Corrección desalineamiento.



Fuente: Los autores.

- Valores después de corrección.

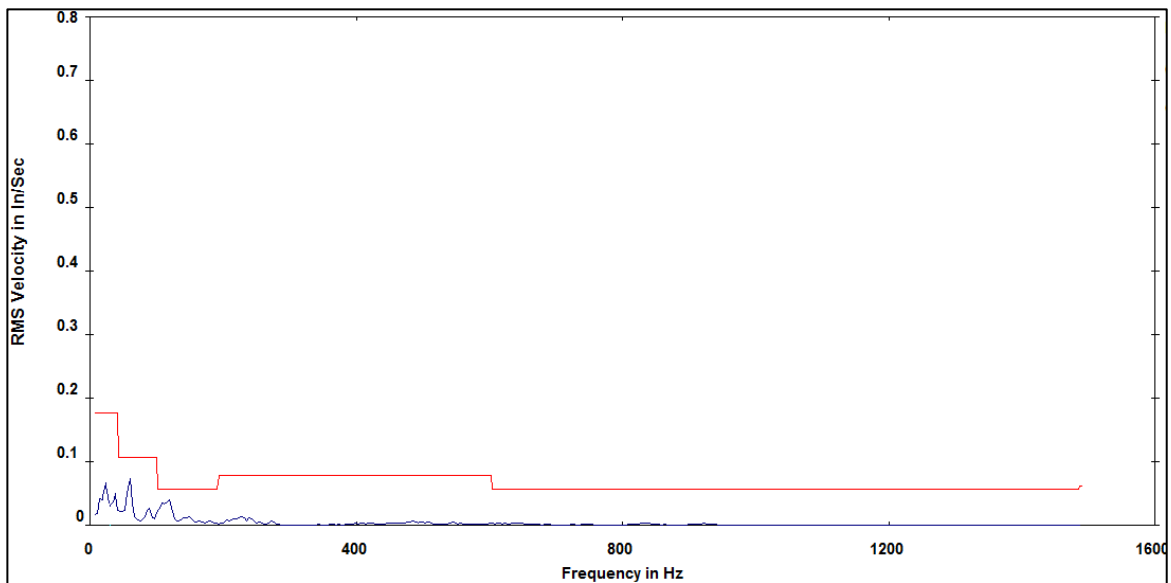
Cuadro 16. Segunda toma de datos.

	MAGNITUD [mm]
Desalineamiento angular	0,08
Desalineamiento paralelo	0,04
Corrección plano 1	0,00
Corrección plano 2	0,12

Fuente: Los autores.

8. Realizar una nueva toma de vibraciones para verificar la disminución de amplitud característica de desalineamiento.

Figura 61. Espectro sin desalineamiento.



Fuente: Los autores.

- Conclusión: Al realizar esta práctica, siguiendo correctamente el procedimiento anterior, se puede asegurar la disminución de la amplitud, causada por el desalineamiento.

8.2 PRUEBA DE BALANCEO DINÁMICO EN DOS PLANOS

- Objetivo:

Analizar y practicar el balanceo de rotores en dos planos, según el método de los coeficientes de influencia.

- Concepto general:

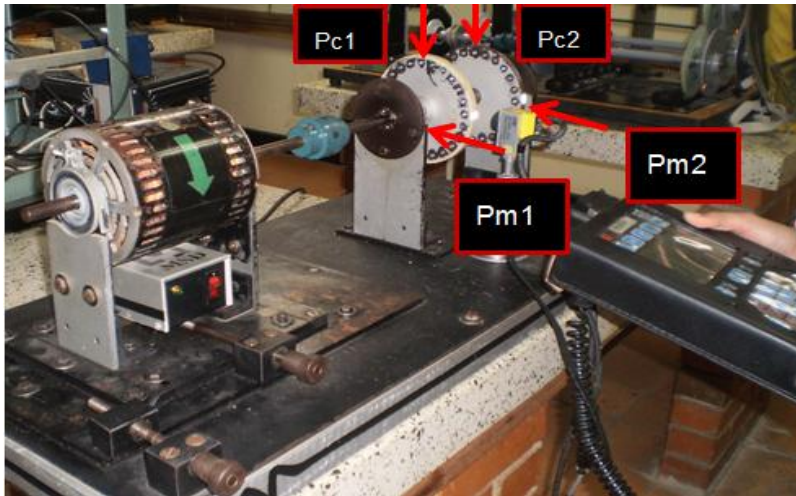
Es una condición de la máquina en la cual el eje de inercia no coincide con el centro geométrico del mismo. La razón de esto es debido a la no uniformidad de masa alrededor del centro geométrico del cuerpo, generando fuerzas y momentos de inercia adicionales sobre los rodamientos.

El desbalance puede ser inducido de diferentes formas, tales como, no uniformidad en el material, proceso de maquinados y tolerancias en la manufactura, adhesión o abrasión de material debido a las condiciones de operación, entre otras,

- Procedimiento:

1. Realizar el montaje.

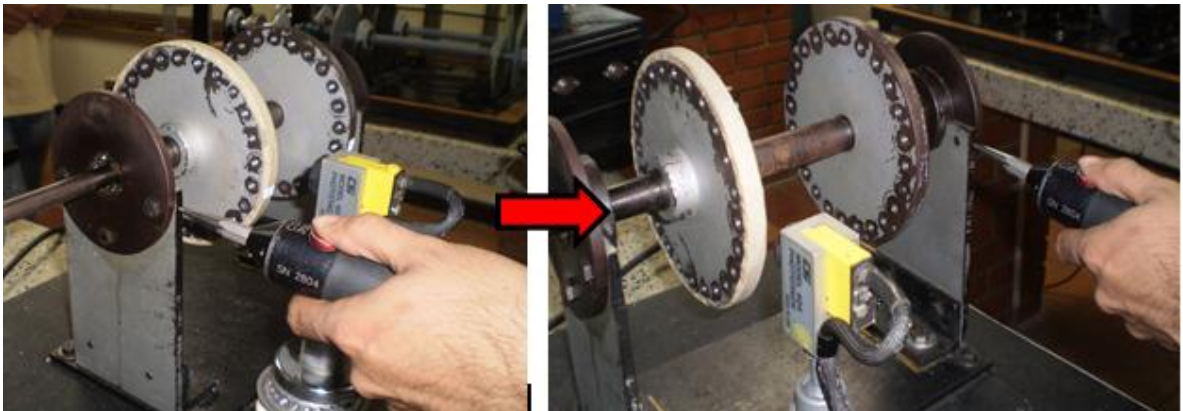
Figura 62. Selección de referencias.



Fuente: Los autores.

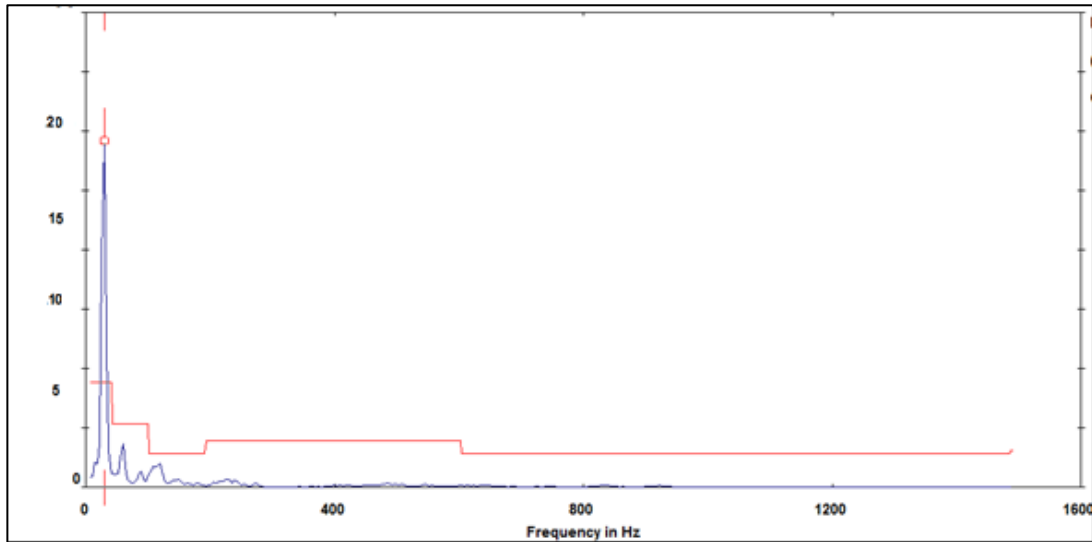
2. Medir la vibración inicial en los planos de medición P_{m1} y P_{m2} en desplazamiento P_k , con su respectivo ángulo de fase.

Figura 63. Medición de vibración en planos.



Fuente: Los autores.

Figura 64. Espectro de desbalance al 1x.

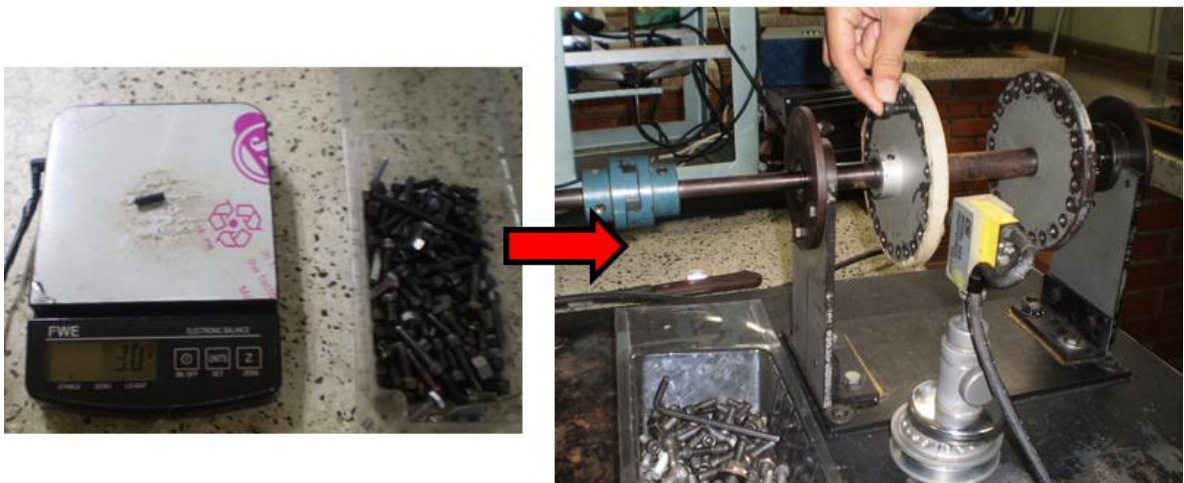


Fuente: Los autores.

Nota: Verificar el estado de severidad, teniendo en cuenta la amplitud del pico más alto y la norma 2372.

3. Ubicar una masa de prueba m_p1 a ϕ_p1 en el primer plano de corrección P_c1 y medir la vibración en los dos planos de medición. Retirar la masa de prueba.

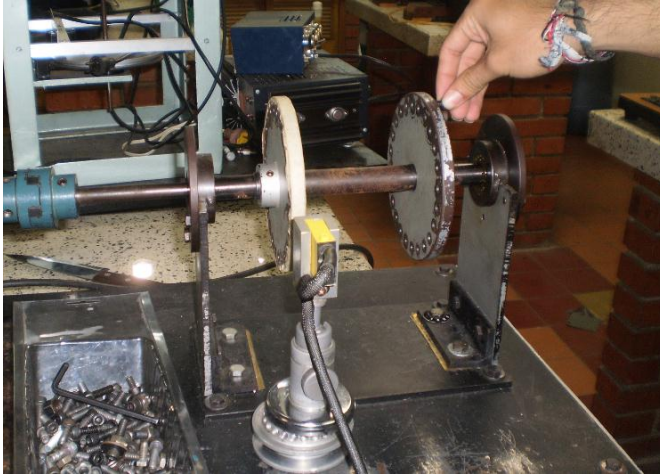
Figura 65. Ubicación de masa en plano 1.



Fuente: Los autores.

4. Ubicar una segunda masa de prueba m_{p2} a ϕ_{p2} , (m_{p2} puede ser igual a m_{p1}), en el segundo plano de corrección P_{c2} y medir la vibración en ambos planos de medición. Retirar la masa de prueba.

Figura 66. Ubicación masa de prueba plano 2.



Fuente: Los autores.

- Resultados obtenidos después de las tomas de vibraciones.

Cuadro 17. Datos de toma de vibraciones.

N° DE PLANO DE EXCITACION	EXCITACIÓN		MEDICIONES			
	VALORES		PLANO 1		PLANO 2	
	Masa [gr]	posicion ang. [°]	Amplitud [μm]	fase [°]	Amplitud [μm]	fase [°]
-----	-----	-----	19,8	263	11,7	273
1	4	225	6,63	20	11,9	29
2	3	90	31,5	272	13	277

Fuente: Los autores.

5. Efectuar los cálculos y determinar los vectores de corrección (m_{c1} y m_{c2}) con su respectiva fase.

Figura 67. Valores calculados - Valores puestos.

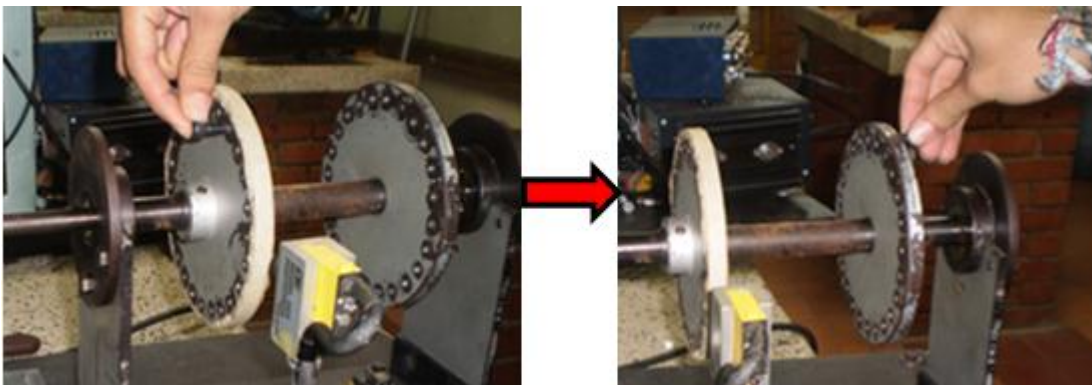
PLANO	Masa [gr]	posición ang. [°]
1	4,5	230,5
2	1,85	33,41

PLANO	Masa [gr]	posición ang. [°]
1	4,5	225
2	1,8	30

Fuente: Los autores.

6. Ubicar la masa de corrección.

Figura 68. Ubicación de masas de corrección.



Fuente: Los autores.

7. Medir la vibración después de hacer dicha corrección.

Figura 69. Valores después de corrección.

PLANO	Amplitud [μm]	fase [°]
1	3,6	294
2	2,,94	117

Fuente: Los autores.

8. Calcular el porcentaje de reducción y determinar el grado de calidad del balanceo.

Plano 1.

$$\%Reducción = \frac{Valor\ inicial - Valor\ final}{Valor\ inicial} \times 100$$

$$\%Reducción = \frac{19,8 - 3,6}{19,8} \times 100 = 81,82\%$$

Plano 2.

$$\%Reducción = \frac{Valor\ inicial - Valor\ final}{Valor\ inicial} \times 100$$

$$\%Reducción = \frac{11,7 - 2,94}{11,7} \times 100 = 74,87\%$$

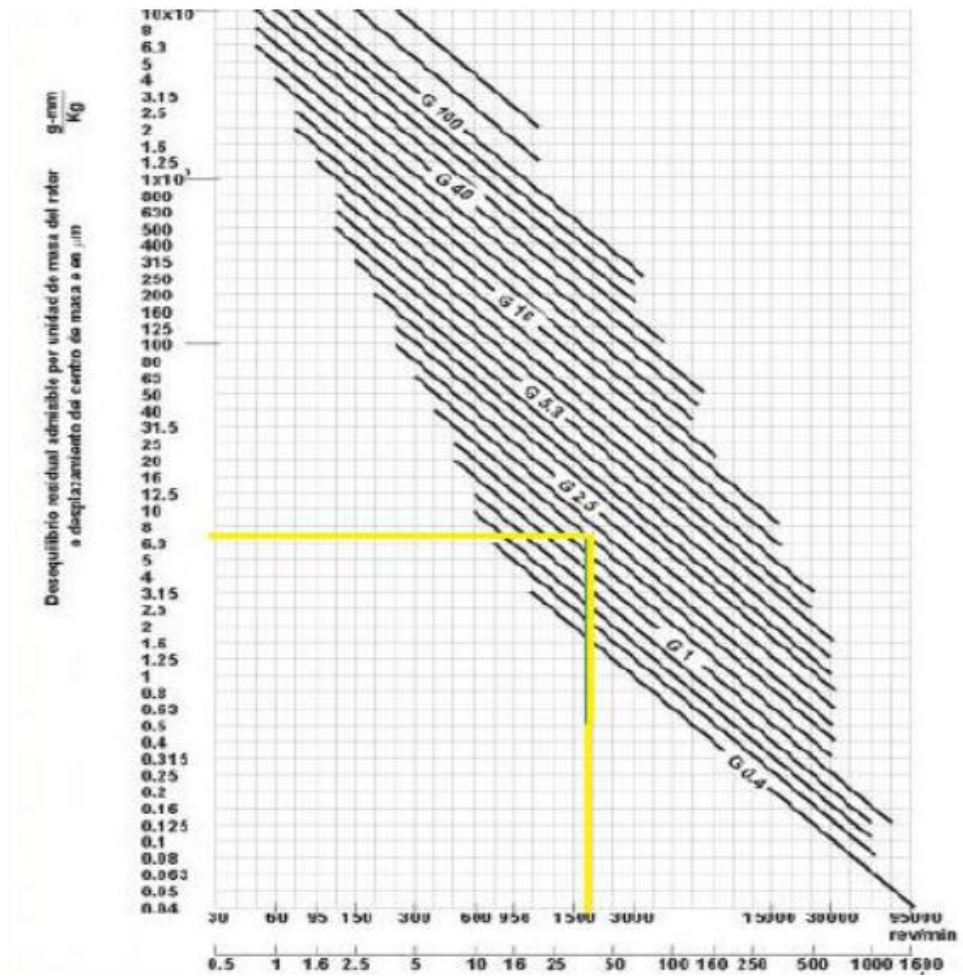
- Grado de calidad del balanceo.

Para determinar el grado de calidad es necesario dirigirse a la norma ISO 1940 y ver la figura de desequilibrio específico máximo. Los datos para utilizar la figura son:

Las revoluciones por minuto del rotor 1695[rpm]

El doble de la mayor amplitud obtenida en el balanceo $2 \times 3,6 = 7,2$ [μm].

Figura 70. Grado de calidad de balanceo.



Fuente: Norma ISO 1940.

- Conclusión:

La disminución en la amplitud de la vibración del rotor indica que se aplica correctamente el método de balanceo en dos planos, además se observa que la selección y ubicación de las masas de corrección son óptimas, este método se puede aplicar nuevamente para mejorar la calidad del balanceo, ya que para esta práctica la calidad da 2,5.

8.3 PRUEBA DE PASO DE DIENTES POR ENGRANAJES

- Objetivo:

Inducir y observar el efecto que produce el paso de dientes por engranaje, mediante la simulación de una carga restrictiva que incrementa el efecto.

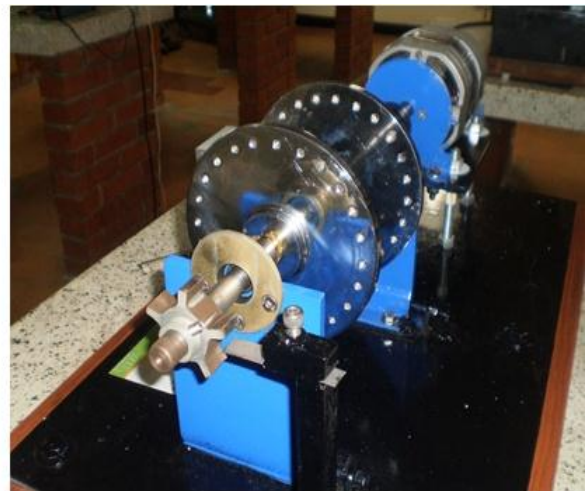
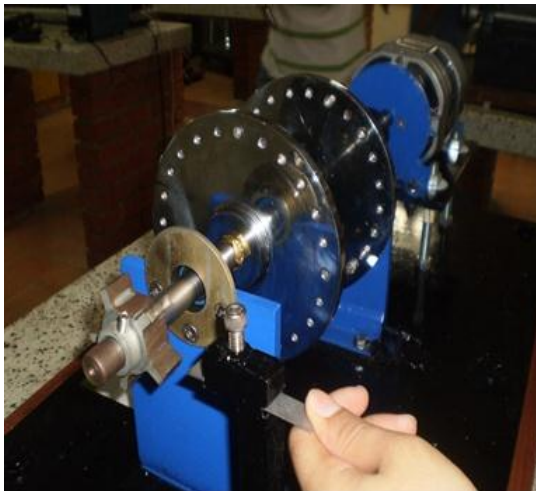
- Concepto general:

Un engranaje en óptimas condiciones genera una señal característica a una frecuencia de paso de dientes por engranajes, con baja amplitud y un juego de bandas equidistantes simétricas, espaciadas a ambos lados de la señal principal a la velocidad de rotación del eje multiplicada por el número de dientes. Al observar alguna desviación en la simetría de las bandas, se presume un problema en el engranaje, que se deberá diagnosticar, evaluar y corregir.

- Procedimiento:

1. Ubicar el “zuncho” en el soporte.

Figura 71. Montaje en soporte.



Fuente: Los autores.

2. Encender el motor y variar las RPM desde cero hasta 1800 RPM, con ayuda del variador de velocidad.

Figura 72. Establecer RPM.



Fuente: Los autores.

3. Hacer la toma de vibraciones con el analizador.

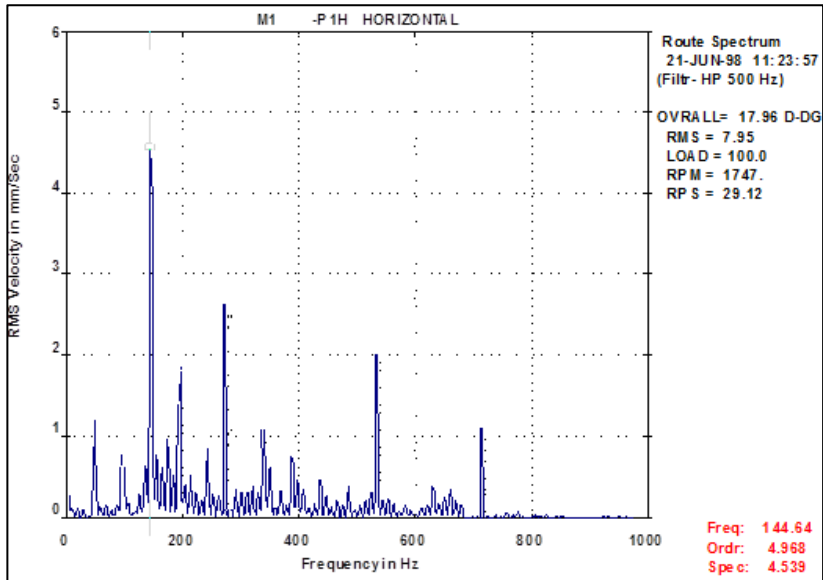
Figura 73. Toma de vibraciones.



Fuente: Los autores.

4. Analizar el espectro, teniendo en cuenta los picos característicos, según el número de dientes.

Figura 74. Espectro de paso de dientes.



Fuente: Los autores.

- Conclusión:

Al seguir el procedimiento anterior se puede observar el efecto vibracional que genera el paso de dientes por engranaje y los picos característicos dependientes del valor de las revoluciones por minuto y el número de dientes (Observar picos a la frecuencia de engranaje con bandas vecinas). Este efecto no es considerado una falla hasta no realizar un análisis detallado de los espectros adquiridos.

8.4 PRUEBA DE SOLTURA MECÁNICA

- Objetivo:

Inducir e identificar mediante un analizador de vibraciones, la soldadura mecánica presente en equipos rotativos.

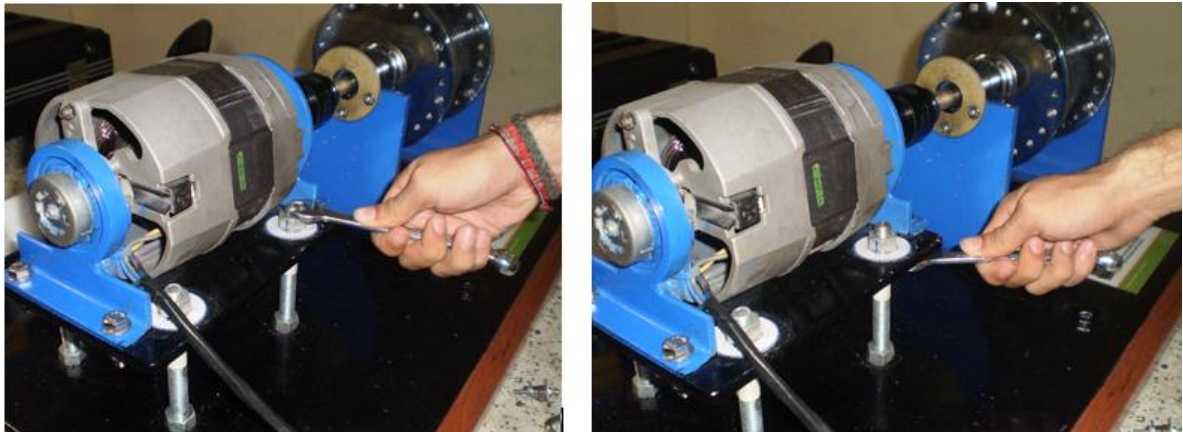
- Concepto general:

Cuando se tienen pernos de sujeción sueltos, fisuras en la estructura o cuando debido a la dinámica del movimiento, se presenta desgaste en los elementos de máquina, se generan vibraciones a una frecuencia de $1/4$, $1/3$, o $1/2$ y también múltiplos mayores. Otra causa de estas vibraciones, es la manera de como la máquina se encuentre apoyada.

- Procedimiento:

1. Inducir la soldadura mecánica, la cual se logra al dejar suelto uno de los pernos de la base del motor.

Figura 75. Inducción de soldadura mecánica.



Fuente: Los autores.

2. Realizar la toma de vibraciones con el uso del equipo dispuesto para esto.

Figura 76. Toma de vibraciones con analizador CSI.

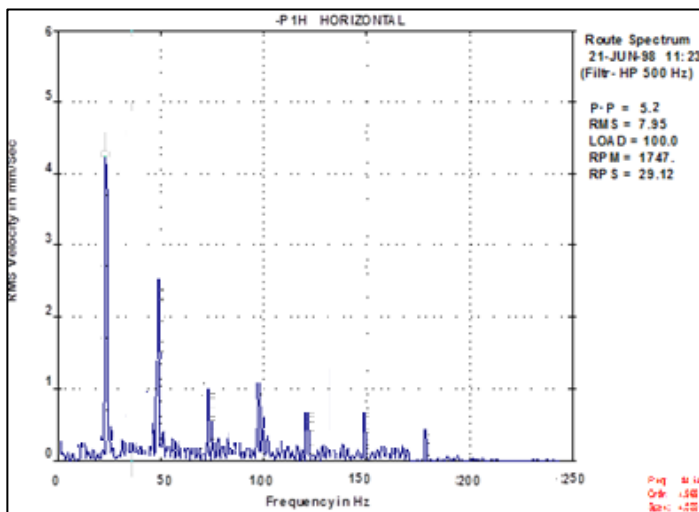


Fuente: Los autores.

3. Analizar e identificar el comportamiento de los picos representativos en el espectro que caracterizan soldadura mecánica.

Nota: La amplitud de los picos debe superar los límites de alerta, previamente dispuestos para el equipo, y de esta forma proceder a tomar una acción correctiva. Este análisis se basa en la aplicación de la norma 2372.

Figura 77. Espectro de soldadura mecánica.

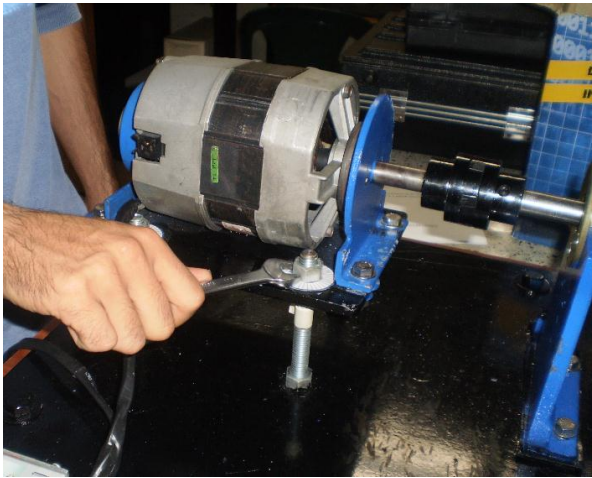


Fuente: Los autores.

Se pueden ver claramente picos a varias armónicas de 1/2x y 1x con bajos valores, característicos de una posible soldadura mecánica.

4. Hacer el respectivo ajuste para llevar la máquina a un estado óptimo.

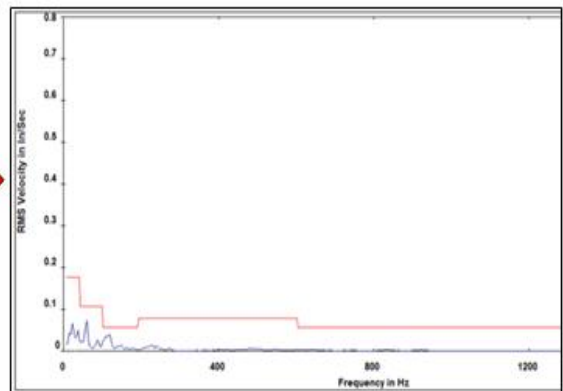
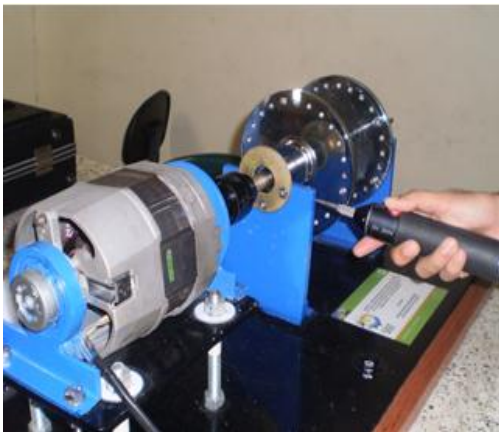
Figura 78. Ajuste de máquina.



Fuente: Los autores.

5. Nuevamente realizar el análisis de vibraciones, verificando que las amplitudes se encuentren dentro de los niveles permitidos.

Figura 79. Estado final.



Fuente: Los autores.

- Conclusión:

Cuando se presenta soltura mecánica es conveniente cambiar los componentes que presenten desgaste o simplemente monitorear periódicamente el ajuste de pernos. En otros casos es posible que se necesite aumentar la rigidez de la estructura o máquina, según sea el nivel de desajuste que muestre al transcurrir cierto tiempo de operación.

Es importante realizar un buen análisis de los espectros tomados en una prueba vibracional, para así evitar posibles daños que produce la soltura mecánica.

9. CONCLUSIONES

- Se diseñó un banco de pruebas de vibraciones mecánicas idóneo para desarrollar prácticas importantes en esta área tales como, alineamiento de ejes, balanceo másico de rotores rígidos en dos planos, soldadura mecánica y paso de dientes por engranajes, útil para simular el funcionamiento de equipos de la planta y así lograr a futuro un proceso de capacitación del personal adscrito a la sección de ingeniería y servicios.
- Se documentaron las prácticas de balanceo másico de rotores, soldadura mecánica y paso de dientes por engranajes por medio de un analizador de Vibraciones Leonova Infinity y un analizador CSI. Además, se utilizaron los equipo de Alineación SKF TKSA 20/40 para la implementación de la práctica de alineamiento de ejes. El fácil manejo de estos equipos los hace importantes para la adquisición de conocimientos en los análisis de vibraciones mecánicas.
- Se implementaron las prácticas, planteadas en el proyecto, en la base de datos e información de la compañía, siguiendo un formato predeterminado por ésta, denominado lección de un punto.
- Se desarrollaron las instrucciones de mantenimiento o lecciones de un punto (LUP) soportadas gráficamente, que orientan paso por paso como realizar el montaje del banco, como proceder en la toma de datos y además, brindan una breve explicación del efecto o falla inducida y como identificarla en un espectro.

10. RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES

- Para el momento de la construcción del banco se recomienda tener en cuenta que los materiales y las dimensiones se mantengan dentro del máximo como fueron dadas, debido a la fácil generación de vibraciones por desajustes o falta de precisión al momento del montaje.
- Es recomendable que al momento de la generación de las pruebas en el banco, excepto en la de paso de dientes por engranaje, se desacople la unión con el segundo eje, ya que este puede generar picos que pueden ser malinterpretados por el operario y analizador del espectro.
- Se recomienda que en la realización del montaje e iniciación de pruebas se generen correcciones que eliminen al máximo respuestas de cualquier falla presentes en el sistema, debido a que es improbable eliminarlas totalmente sería de ayuda buscar minimizar la presencia de estas.
- Las dimensiones y funciones del banco fueron generadas para las pruebas establecidas en este proyecto, pero al mismo tiempo se deja abierta la posibilidad para la implementación de nuevas pruebas vibratorias que amplíen el margen del conocimiento de la persona instruida en campos como vibraciones en transmisiones por correas y daños en rodamientos.
- Este proyecto de grado está basado en el estudio de vibraciones por medio del analizador Leonova Infinity y aunque las imágenes de los espectros no pertenecen a un estudio generado con dicho analizador, si muestran las características importantes de un estudio de vibraciones, las cuales deben ser las mismas al realizarse la toma de espectros adecuadamente con el equipo mencionado.

- Es importante resaltar que el estudio de las vibraciones mecánicas, es un campo bastante amplio y es necesario entender que se necesita un conocimiento previo acerca del tema para generar un posible diagnóstico y resolución del problema, frente a una maquinaria diferente al banco.

BIBLIOGRAFÍA

- BERTOLINE, Gary R. y Otros. Dibujo en Ingeniería y Comunicación Gráfica. 2 ed. México: Mc Graw-Hill, 1997.
- BODRE, Ron. Vibraciones en Máquinas. Bainbridge Island: s.n, 2010.
- CAPISTRÁN, Vicente y PAREDES, Iván. Diagnóstico de Condiciones de operación de Rodamientos en Máquinas Usando Espectros de alto Orden. Cuernavaca, 2005. Trabajo de grado (Maestro en ciencias en ingeniería mecatrónica. Cenidet. Facultad de ingeniería mecatrónica.
- DE SILVA, Clarence W. Vibration-fundamentals and practice. United States of America: CRC Press LLC, 2000.
- ESHLEMAN, Ronald L. Vibraciones Básicas de Máquinas. Clarendon Hills: s.n, 1999.
- GARCIA CASTRO, Alfonso. Vibraciones Mecánicas. Colombia: Ediciones UIS, 1995.
- HAMROCK, Jacobson Y SCHMID. Ed. ELEMENTOS DE MAQUINAS. México: Mc Graw-Hill, 2000.
- MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Maquinas. 4 ed. México: Pearson Educación. 2006.
- PALOMINO MARÍN, Evelio. La Medición y el Análisis de vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias. Cuba: s.n. 1997. 113 p.

- PARADA CORRALES, Alfredo. Fatiga-fisura progresiva. Colombia: Ediciones UIS, 1990. 72 p.
- SCHEFFER, Cornelius y GIRLHAR, Paresh. Practical machinery vibration analysis and predictive maintenance. London: Elsevier, 2004. 264 p.
- SHIGLEY, Joseph y MITCHELL, Larry. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA 3 ed. México: Mc Graw-Hill, 1985. 465 p.

ANEXOS

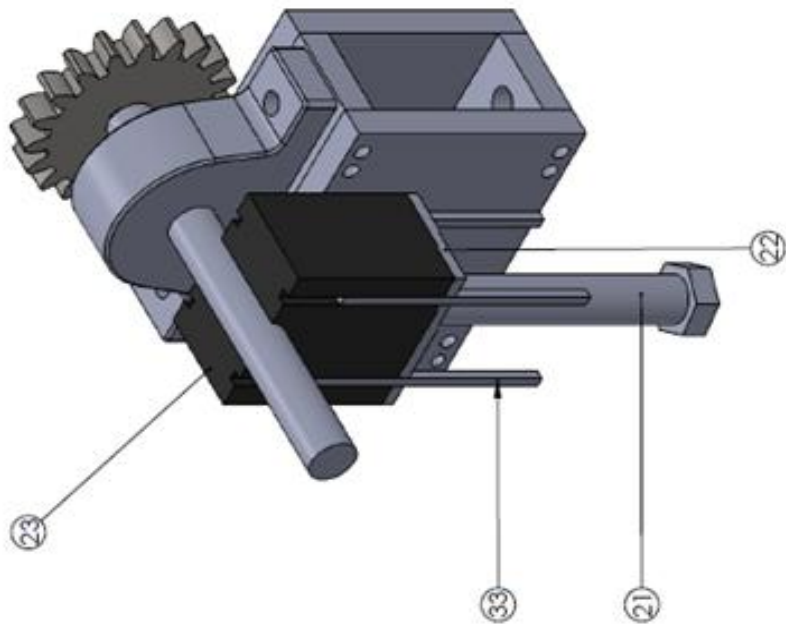
Anexo A. Planos.

Nº.	Nombre	Cantidad
32	Variador	1
27	Aislador	16
26	Tapa frontal	2
13	Base chumacera	2
12	Eje secundario	1
11	Eje	1
10	Engranaje	2
9	Disco Balanceo	2
8	Base cojinete	2
5	Placa superior	1
4	Caja base	1
3	Placa inferior	1
2	Pata	4
1	Base pata	4

SINO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM.			FECHA	
DISEÑO	HOBBE	FECHA	DISEÑO	FECHA
	LOS AUTORES	13/12/12		
REVISÓ	ING. OSCAR	20/01/13		
APROBÓ	LOS AUTORES	20/01/13		
			A4	

PLANO: 010201		HOJA 1 DE 24	
MATERIAL			

BANCO



Nº.	NOMBRE	CANTIDAD
33	Guía	4
23	Freno	1
22	Base freno	1
21	Tornillo freno	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM

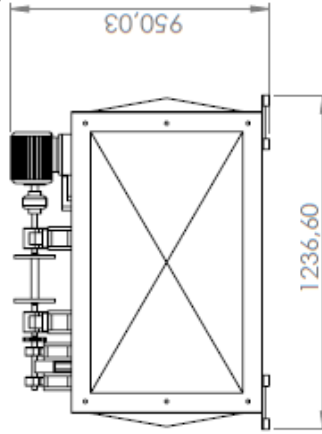
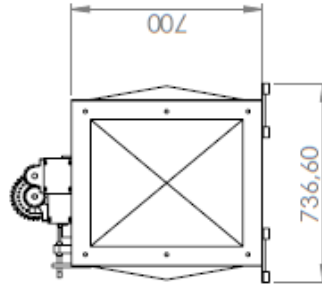
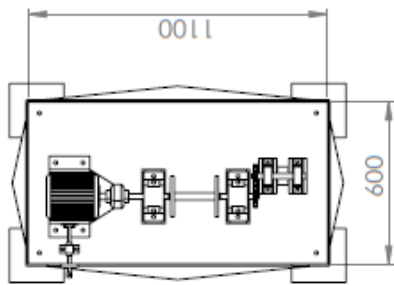
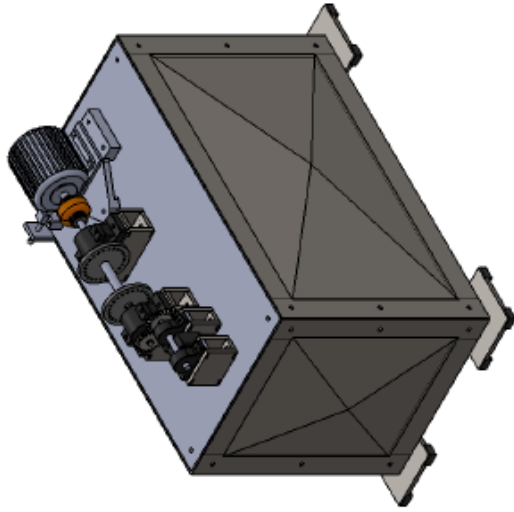
DISEÑO	NOMBRE	FECHA
DISEÑO	LOS AUTORES	13/10/12
REVISÓ	ING. DOMAT	26/01/13
APROBÓ	LOS AUTORES	26/01/13
A4		

TÍTULO

FRENO

PLANO: 010/008

MATERIAL: HOJA 3 DE 24

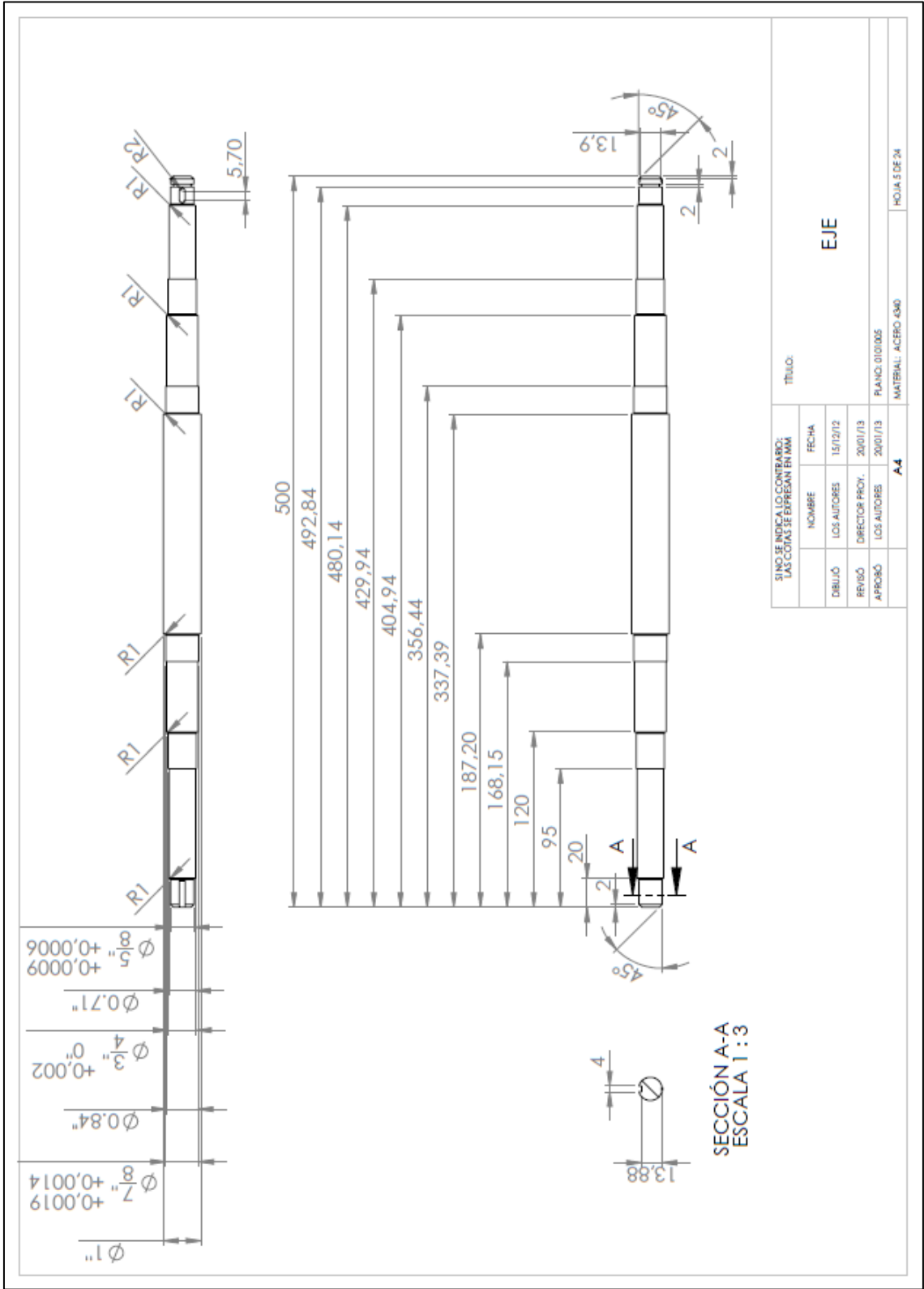


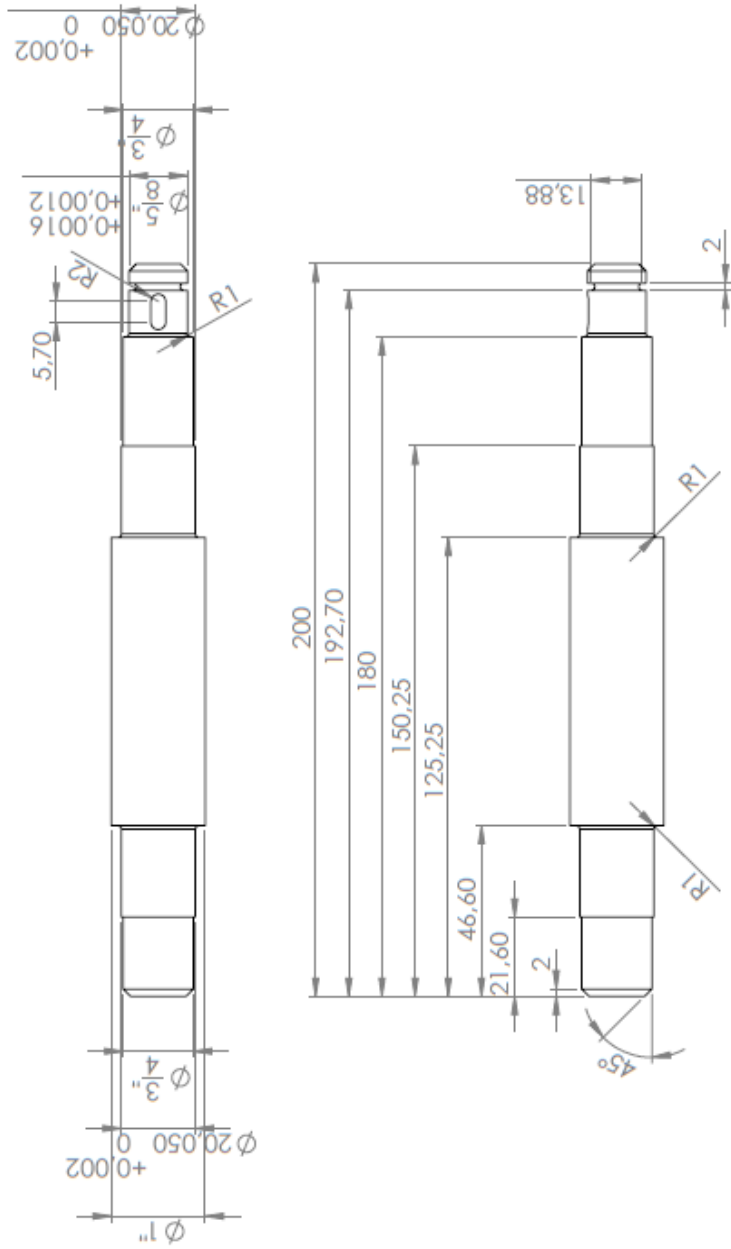
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

TITULO: **DIMENSIONES GENERALES**

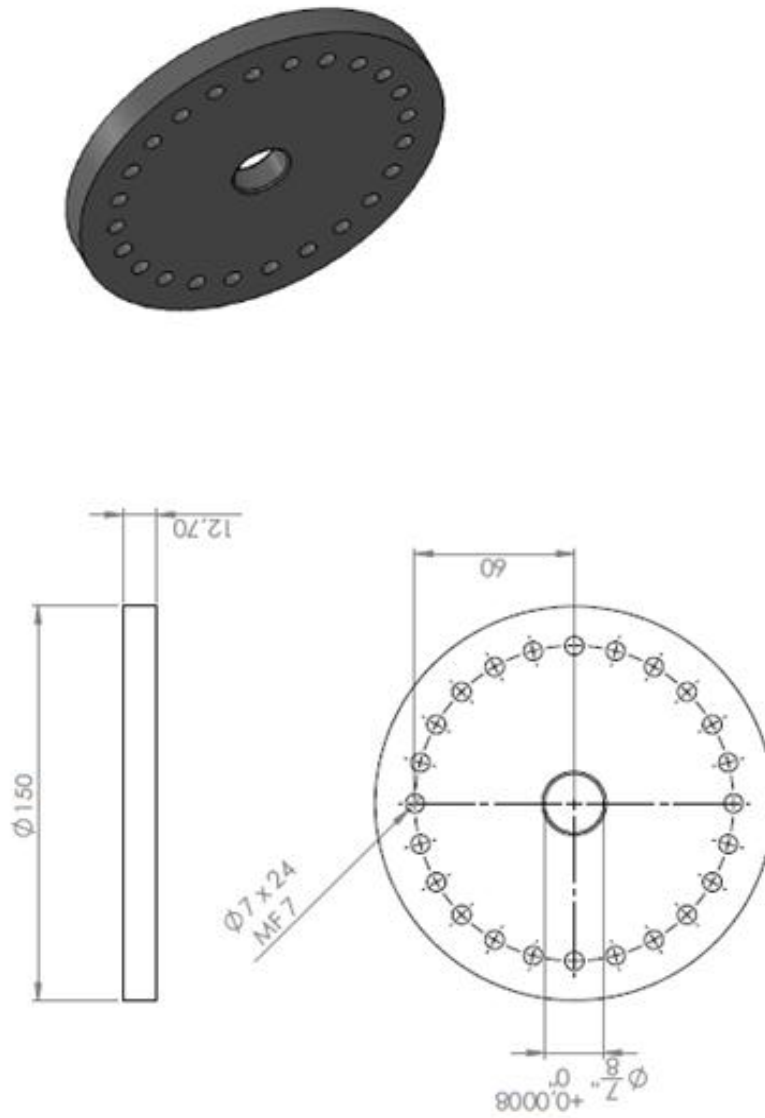
NO.	NOMBRE	FECHA
01	LOS AUTORES	15/12/12
02	IND. COMAT	20/01/13
03	BAVABA	20/01/13

PLANO: 0101/04 MATERIAL: A4 HOJA 4 DE 10





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN M/M		TÍTULO:	
NOMBRE	FECHA	EJE SECUNDARIO	
DIBUJÓ	15/12/12		
REVISÓ	20/01/13		
APROBÓ	20/01/13		
A4		PLANO: 01/01/06	HOJA 6 DE 24
		MATERIAL: ACERO A340	

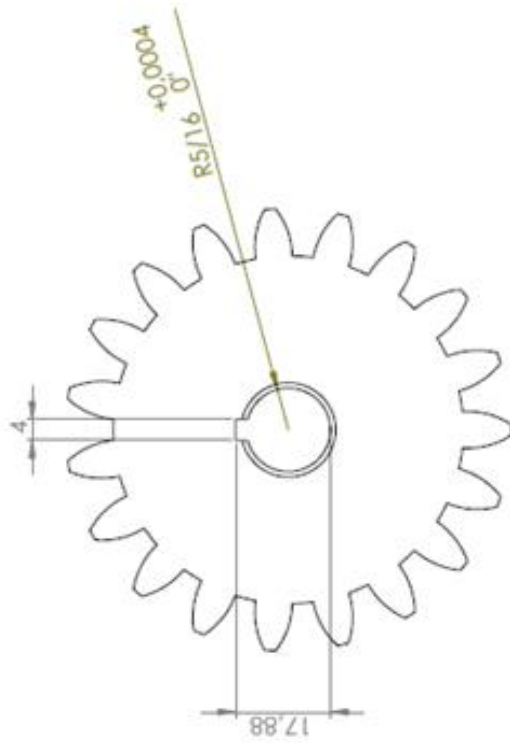


SINO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM.		FECHA		REVISIÓN	
DIBUJO	NOMBRE	FECHA	DIBUJO	NOMBRE	FECHA
	LOS AUTORES	15/12/12		ING. GOMATI	20/01/13
	REVISO			LOS AUTORES	20/01/13
	APROBÓ				
TÍTULO: DISCO BALANCEO				PLANO: 010007	
MATERIAL ALUMINIO				HOJA: 1 DE 26	
A4					

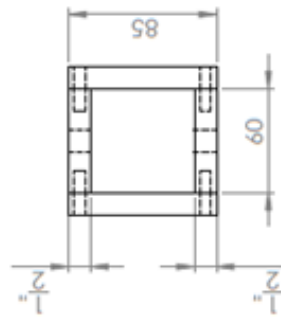
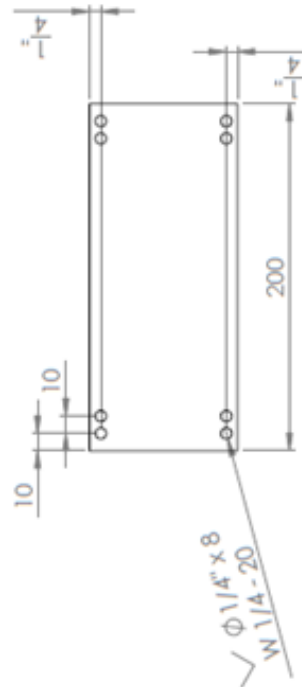
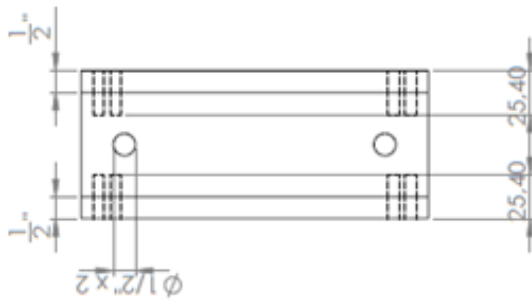
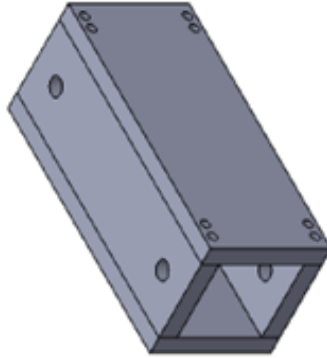


ESPECIFICACIONES:

Dp: 76mm
 Nro de dientes: 19
 Modulo: 4
 Ang. Pres: 20°



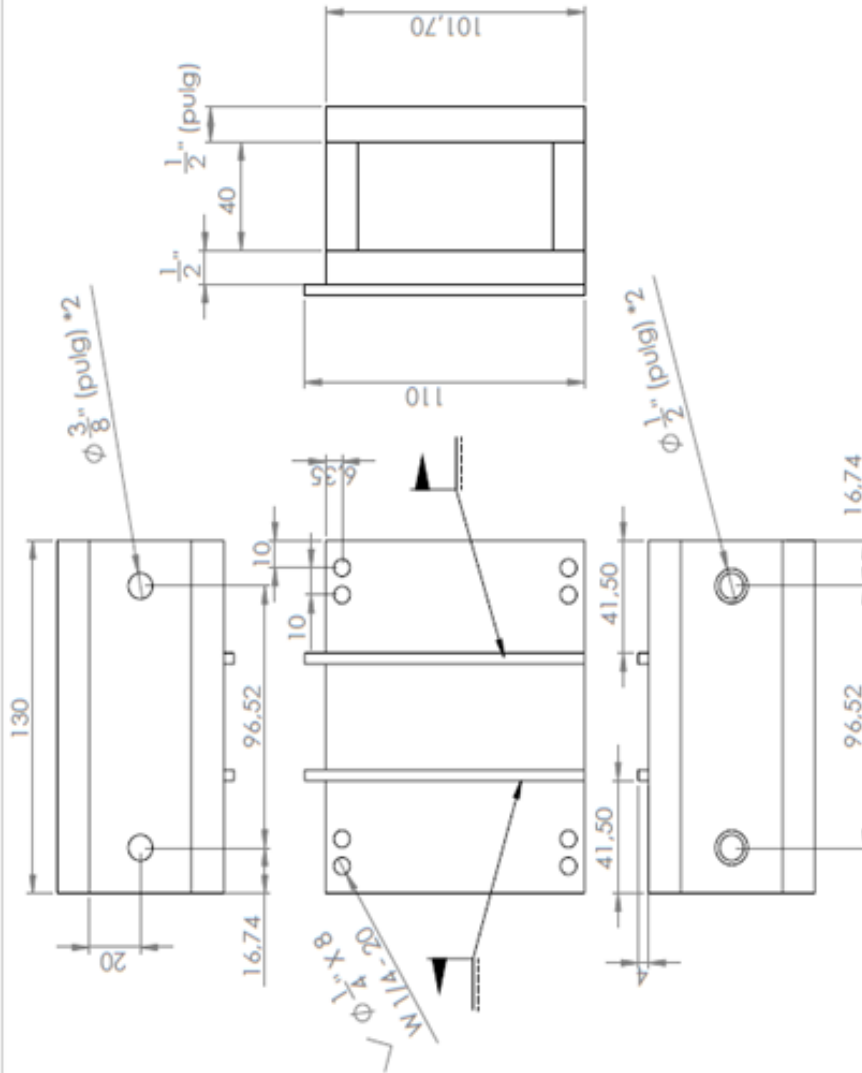
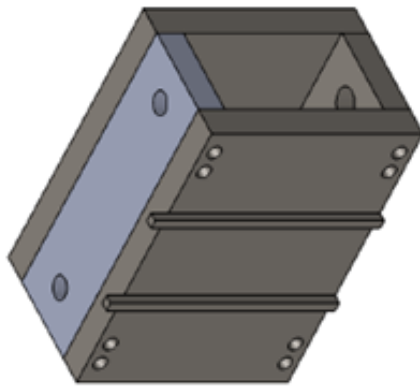
SIN USAR PARA ALGO CONTAR, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		TITULO	
NOMBRE	FECHA	ENGRANAJE	
DESUO LOS AUTORES	11/11/13		
REVISO ING. OCMAT	26/01/13		
APROBO LOS AUTORES	26/01/13		
A4			
		PLANO: 010308	
		MATERIAL: ACERO 1020	
		HOJA 8 DE 24	



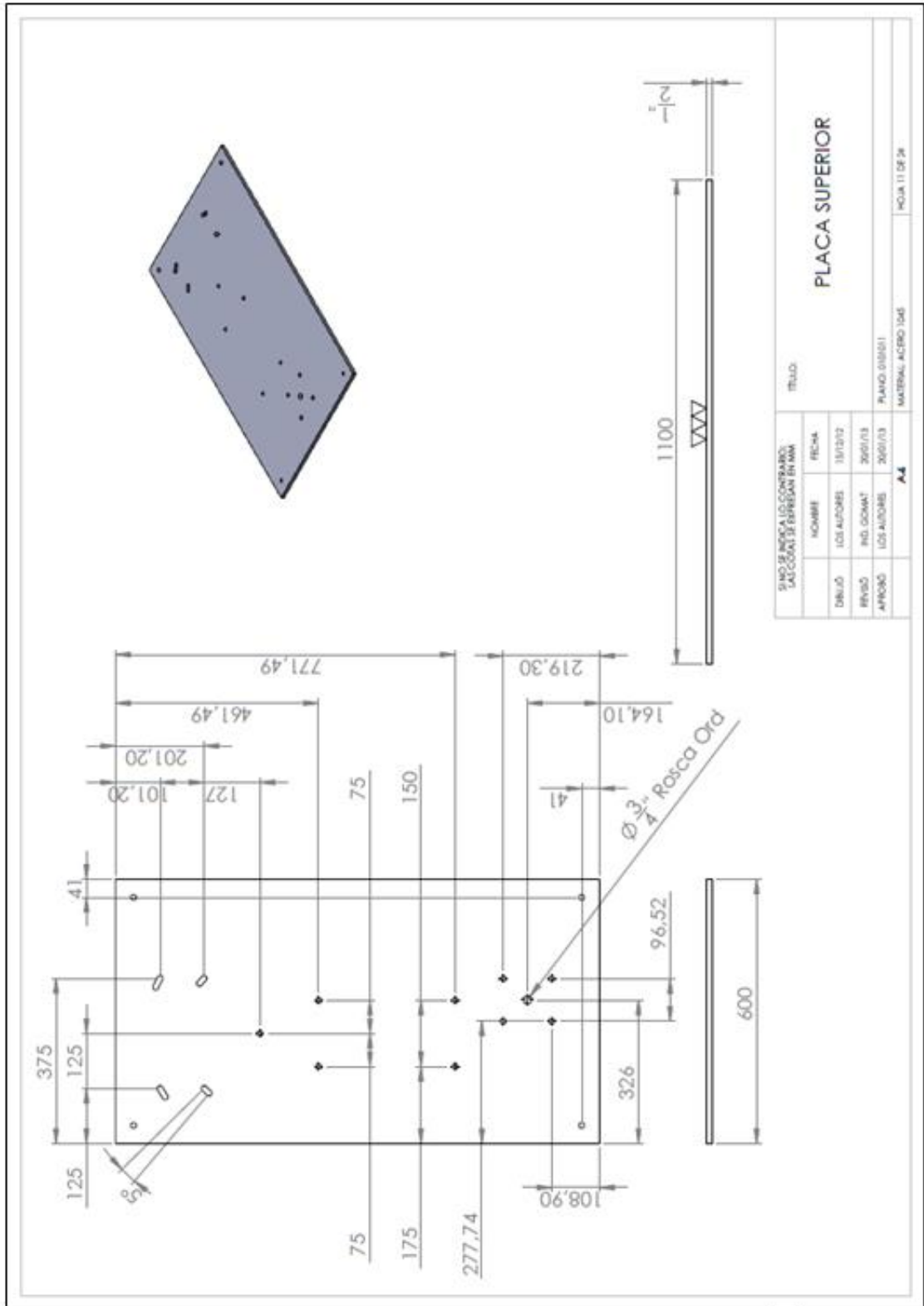
SINO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		TITULO:	
NO. DIB.	FECHA	NO. DIB.	FECHA
001	18/10/12	001	18/10/12
002	20/01/13	002	20/01/13
003	20/01/13	003	20/01/13
004	20/01/13	004	20/01/13
005	20/01/13	005	20/01/13
006	20/01/13	006	20/01/13
007	20/01/13	007	20/01/13
008	20/01/13	008	20/01/13
009	20/01/13	009	20/01/13
010	20/01/13	010	20/01/13
011	20/01/13	011	20/01/13
012	20/01/13	012	20/01/13
013	20/01/13	013	20/01/13
014	20/01/13	014	20/01/13
015	20/01/13	015	20/01/13
016	20/01/13	016	20/01/13
017	20/01/13	017	20/01/13
018	20/01/13	018	20/01/13
019	20/01/13	019	20/01/13
020	20/01/13	020	20/01/13
021	20/01/13	021	20/01/13
022	20/01/13	022	20/01/13
023	20/01/13	023	20/01/13
024	20/01/13	024	20/01/13
025	20/01/13	025	20/01/13
026	20/01/13	026	20/01/13
027	20/01/13	027	20/01/13
028	20/01/13	028	20/01/13
029	20/01/13	029	20/01/13
030	20/01/13	030	20/01/13
031	20/01/13	031	20/01/13
032	20/01/13	032	20/01/13
033	20/01/13	033	20/01/13
034	20/01/13	034	20/01/13
035	20/01/13	035	20/01/13
036	20/01/13	036	20/01/13
037	20/01/13	037	20/01/13
038	20/01/13	038	20/01/13
039	20/01/13	039	20/01/13
040	20/01/13	040	20/01/13
041	20/01/13	041	20/01/13
042	20/01/13	042	20/01/13
043	20/01/13	043	20/01/13
044	20/01/13	044	20/01/13
045	20/01/13	045	20/01/13
046	20/01/13	046	20/01/13
047	20/01/13	047	20/01/13
048	20/01/13	048	20/01/13
049	20/01/13	049	20/01/13
050	20/01/13	050	20/01/13
051	20/01/13	051	20/01/13
052	20/01/13	052	20/01/13
053	20/01/13	053	20/01/13
054	20/01/13	054	20/01/13
055	20/01/13	055	20/01/13
056	20/01/13	056	20/01/13
057	20/01/13	057	20/01/13
058	20/01/13	058	20/01/13
059	20/01/13	059	20/01/13
060	20/01/13	060	20/01/13
061	20/01/13	061	20/01/13
062	20/01/13	062	20/01/13
063	20/01/13	063	20/01/13
064	20/01/13	064	20/01/13
065	20/01/13	065	20/01/13
066	20/01/13	066	20/01/13
067	20/01/13	067	20/01/13
068	20/01/13	068	20/01/13
069	20/01/13	069	20/01/13
070	20/01/13	070	20/01/13
071	20/01/13	071	20/01/13
072	20/01/13	072	20/01/13
073	20/01/13	073	20/01/13
074	20/01/13	074	20/01/13
075	20/01/13	075	20/01/13
076	20/01/13	076	20/01/13
077	20/01/13	077	20/01/13
078	20/01/13	078	20/01/13
079	20/01/13	079	20/01/13
080	20/01/13	080	20/01/13
081	20/01/13	081	20/01/13
082	20/01/13	082	20/01/13
083	20/01/13	083	20/01/13
084	20/01/13	084	20/01/13
085	20/01/13	085	20/01/13
086	20/01/13	086	20/01/13
087	20/01/13	087	20/01/13
088	20/01/13	088	20/01/13
089	20/01/13	089	20/01/13
090	20/01/13	090	20/01/13
091	20/01/13	091	20/01/13
092	20/01/13	092	20/01/13
093	20/01/13	093	20/01/13
094	20/01/13	094	20/01/13
095	20/01/13	095	20/01/13
096	20/01/13	096	20/01/13
097	20/01/13	097	20/01/13
098	20/01/13	098	20/01/13
099	20/01/13	099	20/01/13
100	20/01/13	100	20/01/13

BASE COJINETE

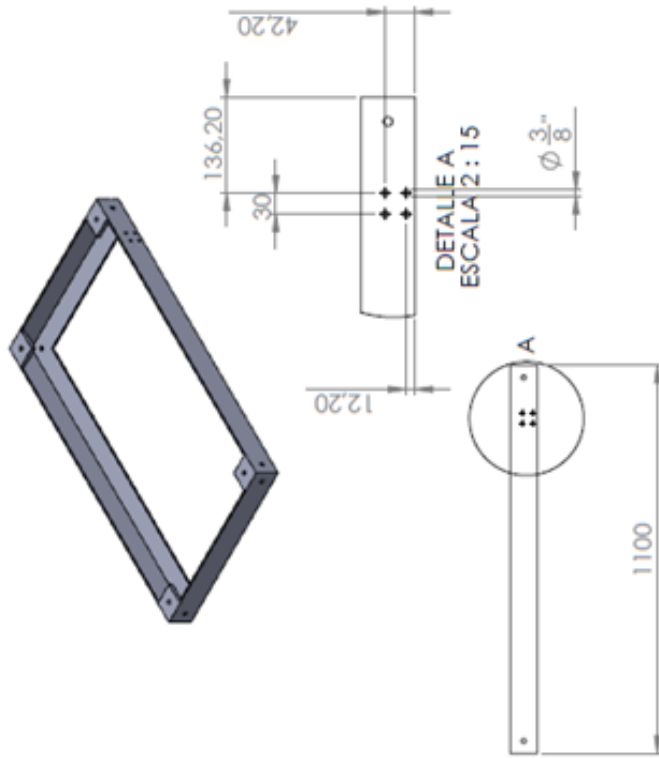
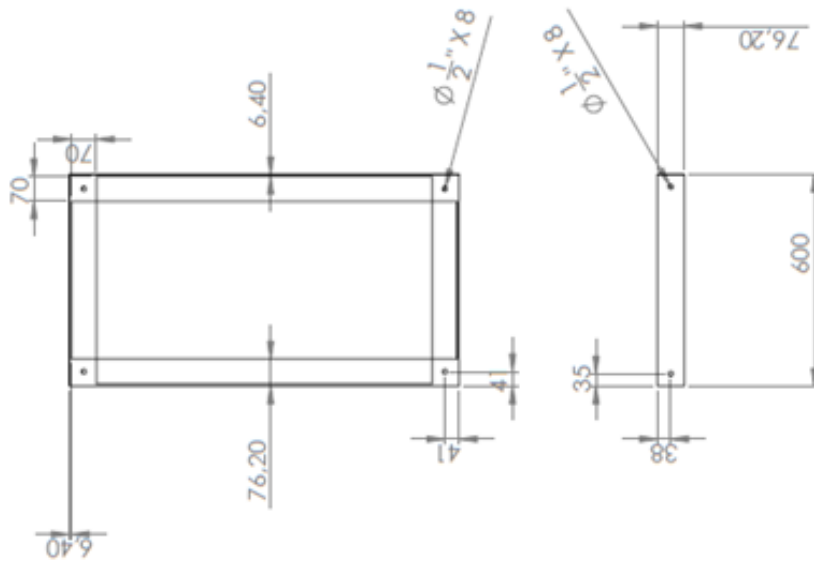
PLANO 010309
 MATERIAL ACERO 1020
 HOJA 9 DE 24



SINO SE ANOTA AL CONTRARIO, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM.		TÍTULO:	
NOMBRE	FECHA		
DIBUJO: LOS AUTORES	15/12/12	BASE CHUMACERA	
REVISO: ING. OOMAT	26/01/13		
APROBO: LOS AUTORES	26/01/13		
A4		PLANO: 0101010	MATERIAL: ACERO 1020
			HOJA 10 DE 24



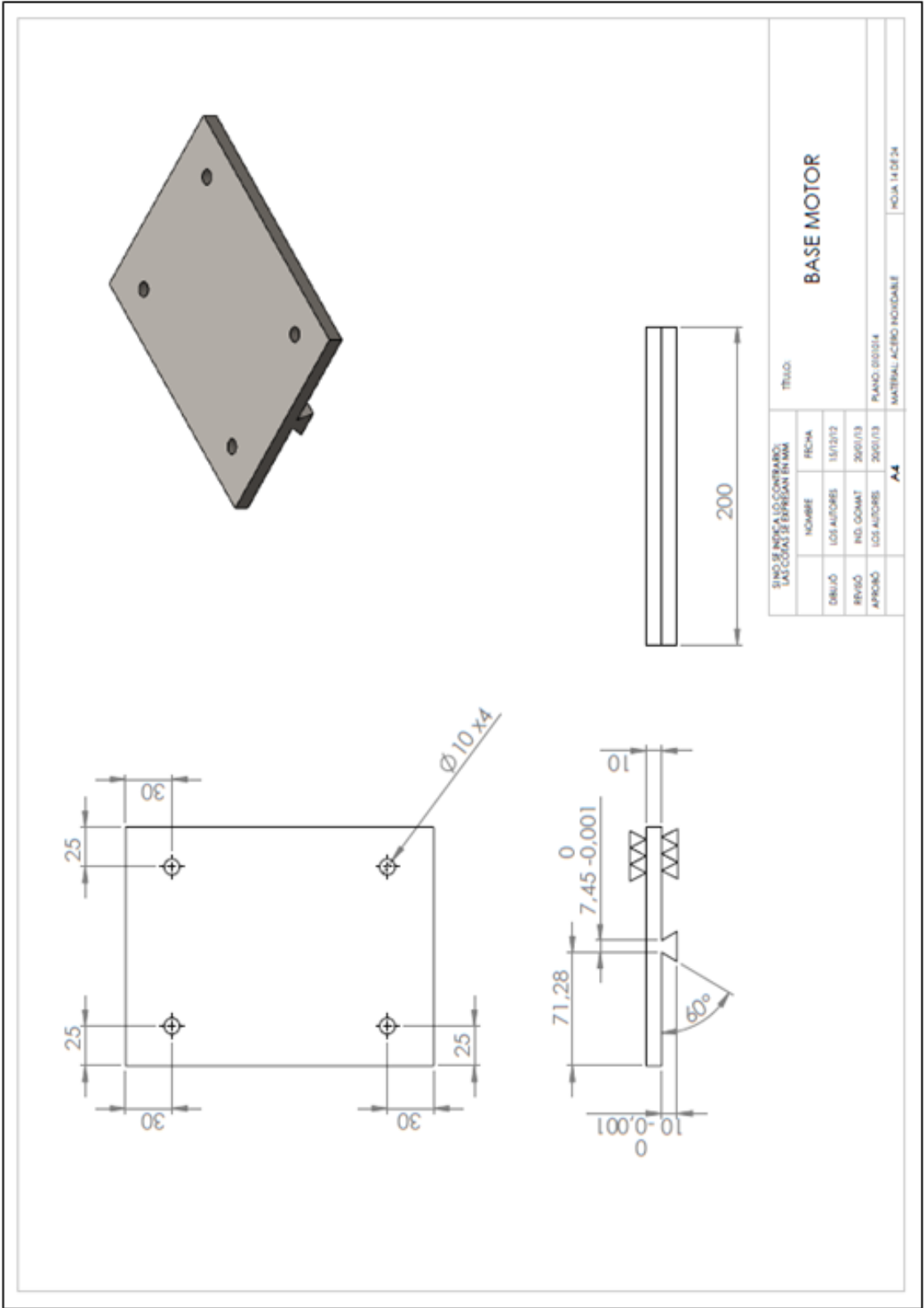
SUNO DE BANCOS U.S. CONGRANS ACCIONES REPRESENT EN MM		TITULO	
DIBUJO	FECHA	NO. DE BANCOS U.S. CONGRANS	FECHA
DIBUJO	13/12/12	101 ALPONES	13/12/12
REVISO	2001/13	IND. COMAT	2001/13
APROBO	2001/13	101 ALPONES	2001/13
PLANO: 010101			MATERIAL: ACERO US6
A4			HOLA: 11 DE 26

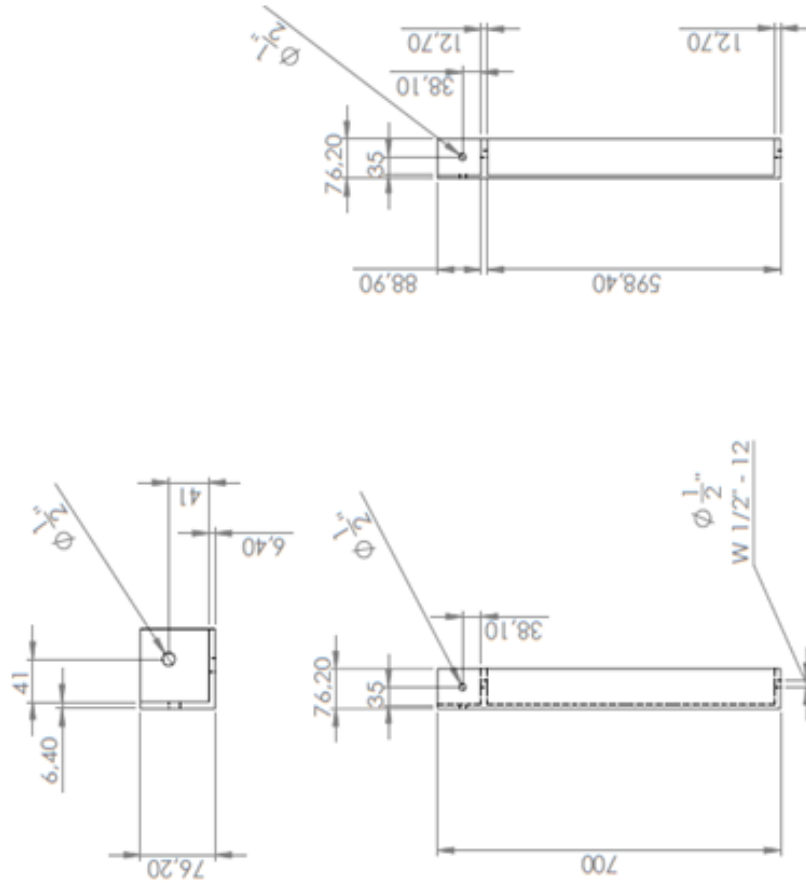


EINDIGING VAN DE WERK		TITEL:	
DIBUJO	IND. AUTORES	NOMBRE	FICHA
REVISO	IND. COMBAT	LOS AUTORES	15/12/12
APROBO	LOS AUTORES	LOS AUTORES	20/01/13

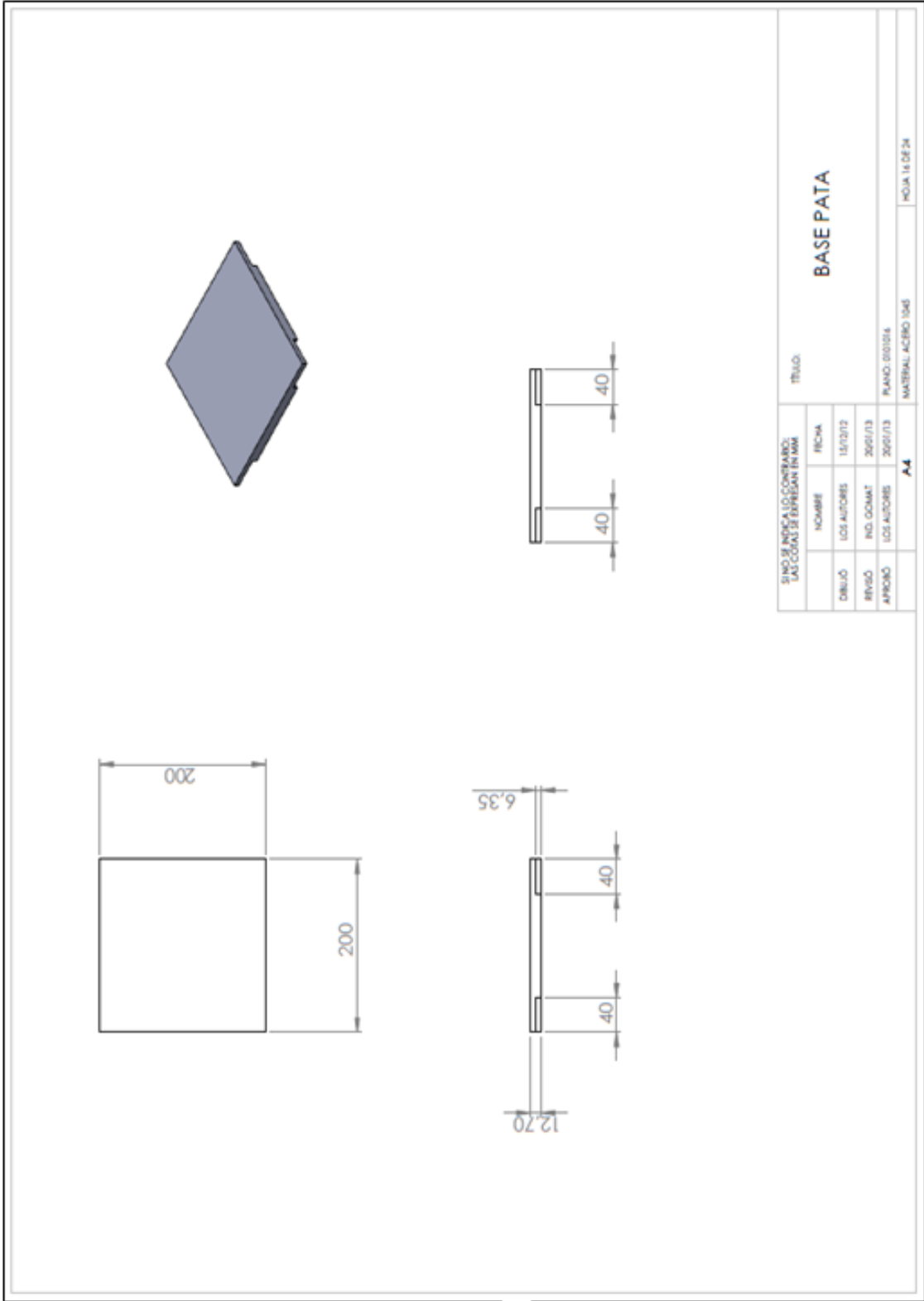
CAJA BASE

PLANO: 001012 MATERIAL: ACERO ALN HOJA: 17 DE 24

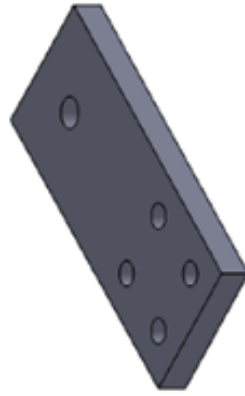
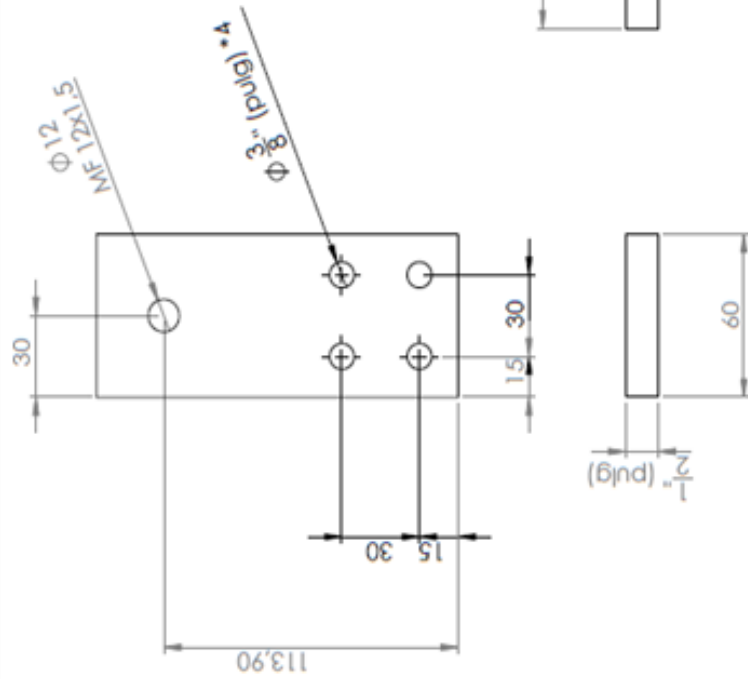




SINO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ESPRESAN EN MM.		FECHA		TITULO	
NOMBRE	FECHA	NOMBRE	FECHA		
DIBUJO	LOS AUTORES	15/12/12		PATA	
REVISO	ING. COMAT	26/01/13			
APROBÓ	LOS AUTORES	26/01/13			
A4				PLANO 010301	HOJA 13 DE 24
				MATERIAL: ACERO A36	

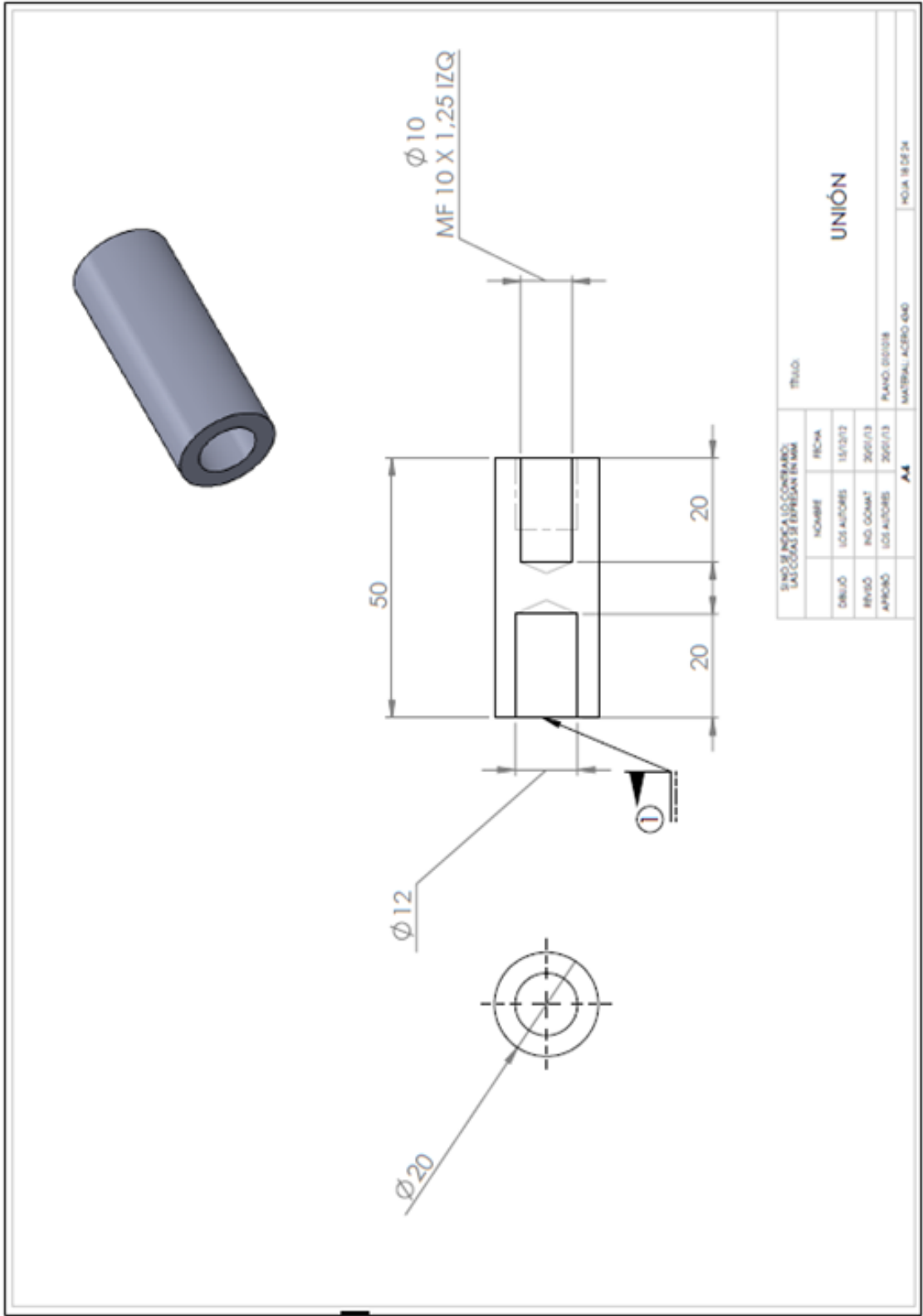


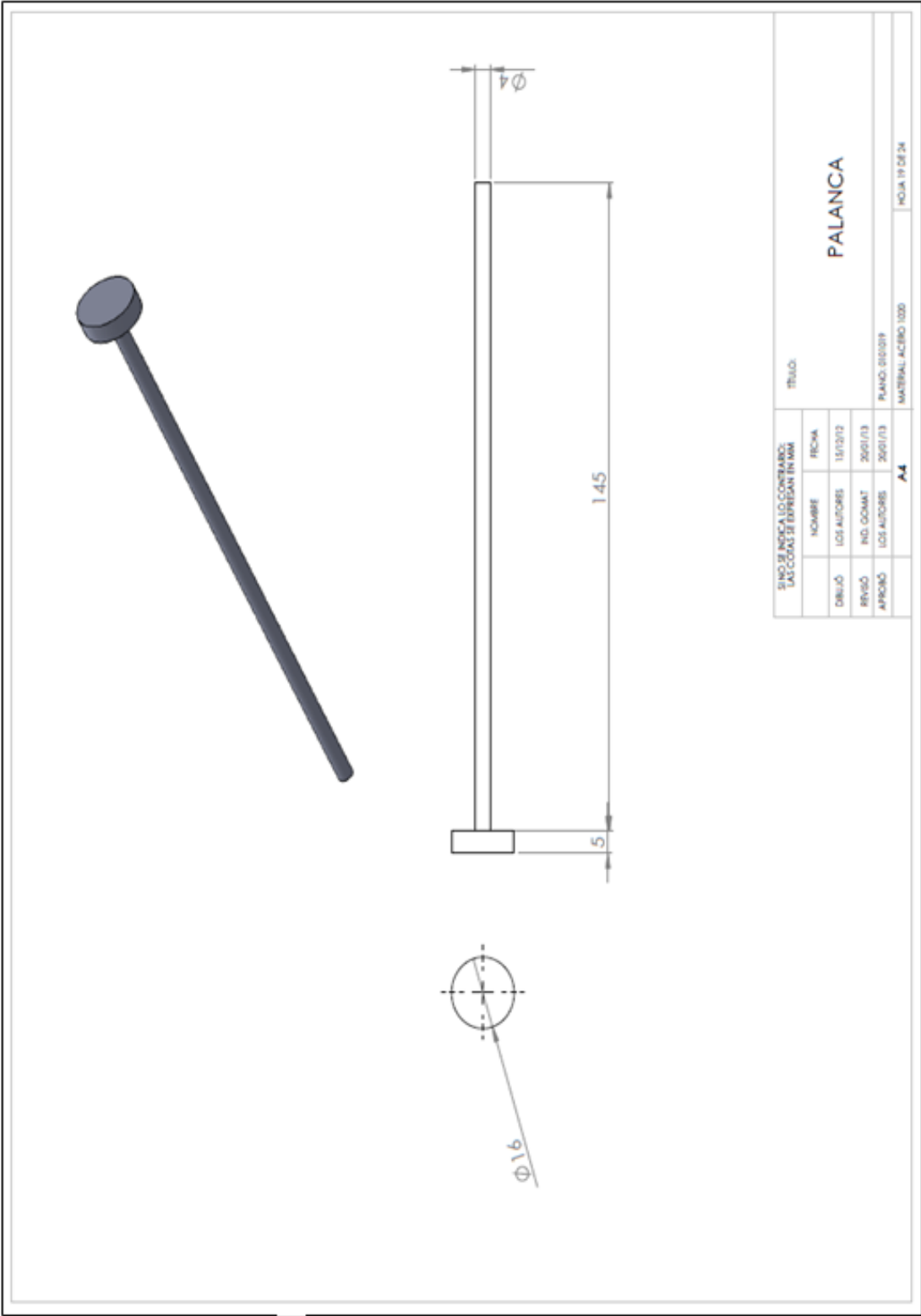
SINQUE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM		FECHA		TITULO	
DIBUJO	LOS AUTORES	15/12/12	BASE PATA		
REVISO	ING. GOMAT	2021/13			
APROBÓ	LOS AUTORES	2021/13			
		A4	MATERIAL: ACERO 1045		HOJA 16 DE 24

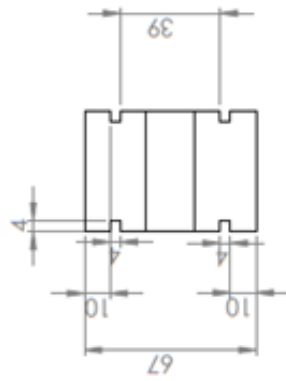
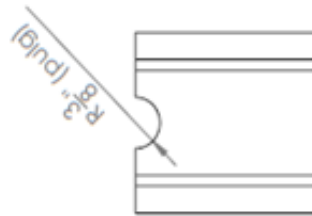


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		TÍTULO	
DIBUJO	NOMBRE	FECHA	
REVISO	LOS AUTORES	15/12/12	
APROBO	ING. GOMAT	20/01/13	
	LOS AUTORES	20/01/13	
A4			
PLANO: 01/01/17			HOJA 17 DE 24
MATERIAL: ACERO 1045			

PLACA PARA DESPLAZAMIENTO







SINO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

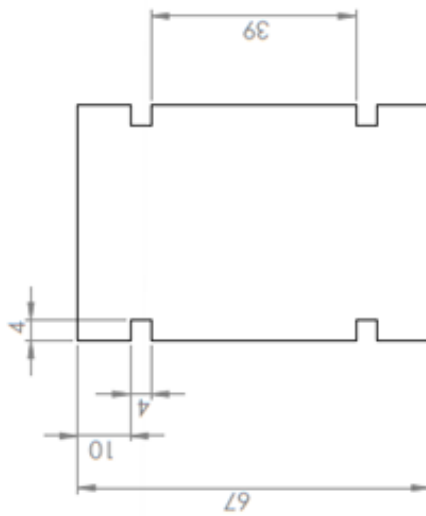
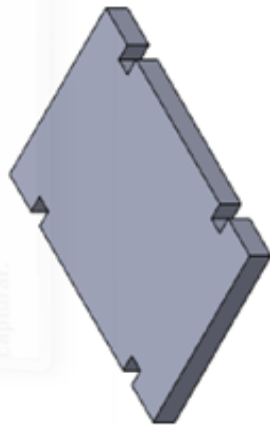
TRUJO		FRENOS	
NOMBRE	FECHA	NOMBRE	FECHA
LOS ALFOROS	15/12/12	LOS ALFOROS	15/12/12
IND. COMAT	20/01/13	IND. COMAT	20/01/13
APROBADO	20/01/13	APROBADO	20/01/13

PLANO: 0101026
MATERIAL: CAUCHO

FRENOS

HOJA 30 DE 34

Arrastre el cursor al área que desee capturar.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM.

NOMBRE		FECHA
DIBUJÓ	LOS ALFAROS	18/12/12
REVISÓ	ING. GONZALEZ	26/01/13
APROBÓ	LOS ALFAROS	26/01/13

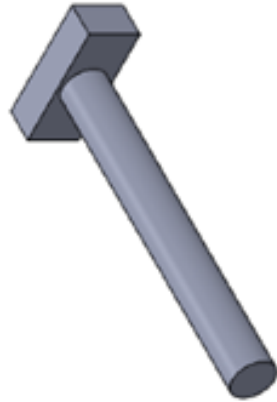
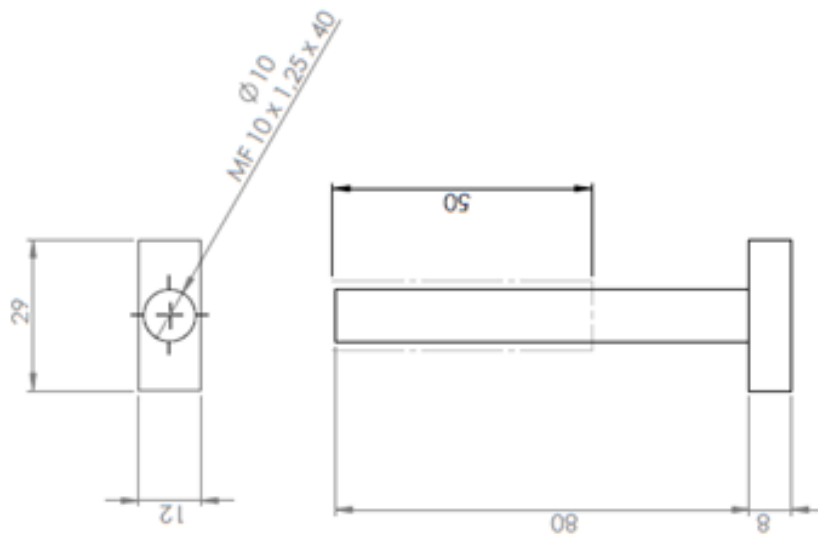
TÍTULO:

BASE FRENO

PLANO: 001/001
MATERIAL: ACERO 1020

A4

HOJA 2 DE 24



TIPO DE PIEZA ALICATORIO
 LAS COORDENADAS EXPRESAN EN MM

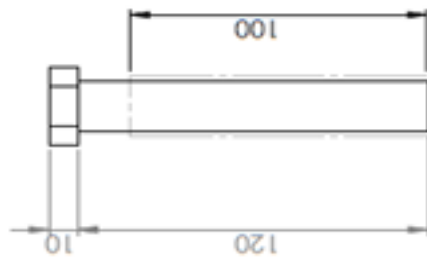
NO. DE PIEZA	FECHA	TIPO
0001	15/12/12	
0002	20/01/13	
0003	20/01/13	

TORNILLO 2

PLANO 000028

MATERIAL: ACERO 4040

FOLIO 23 DE 24



$\varnothing 3 \frac{3}{4}$
W 3/4" - 10



FIG. 18 BOM. 1.5. CROCIANO
LAV. CROCIANO 15.000000

DETAL

DETAL	NOMBRE	PCMA	FECHA
DETAL	001 AUTORES	15/12/12	
REVISO	ING. DOMAT	20/01/13	
APROBADO	001 AUTORES	20/01/13	

PLANO 010104


MATERIAL: ACERO 640

HOJA 14 DE 24

TORNILLO FRENO

Anexo B. Lecciones de un punto (LUP).

1. TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 1 de 20		

Herramientas a utilizar:

Cantidad	Herramientas
1	Equipo de vibraciones Leonova

EPP'S:

Gafas de protección
Guantes de vaqueta
Tapa oídos

Tiempo aproximado: 30 minutos por equipo
No. Personas: 01

Las condiciones de trabajo para realizar Vibraciones en las bombas y en los motores es:

- * Tener el equipo encendido
- * Seguir las rutas de trabajo


Los pasos a seguir son:

1. Diligenciar el formato de entrega y recepción de equipo de mantenimiento predictivo



Figura 1. Formato para préstamo de equipo

Distribuido a: Bavaria S.A.		
Elaboró: Nino Chacón y Danilo Bonilla	Revisó: Carlos Mora	Aprobó: Carlos Mora
Fecha: 16-04-2013	Fecha: 19-04-2013	Fecha: 19-04-2013

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 2 de 20		

2. Para visualizar el estado de carga de la batería, se pulsa con el lápiz óptico en la esquina inferior derecha del equipo de mano.




Figura 2. Botón de verificación para la carga

3. Se carga la ruta:

3.1 Conectar la handheld al equipo



Figura 3. Conexión del equipo al computador

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.:19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 3 de 20		

4. Descargar la ruta desde el computador al equipo.

4.1 Abrir el programa Condwaster Nova



Figura 4. Abrir programa Condwaster Nova

4.2 Digitar SYSTEM y presionar Entrada




Figura 5. Cuadro para Contraseña

4.3 Seleccionar el Área



Figura 6. Panel de Áreas

Código:	INGENIERÍA		
Actualización: 01			
Fecha Rev.: 19/04/2013			INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY
Página 5 de 20			

4.6 Dependiendo de la necesidad podemos escoger Transferir todos los puntos de medida o transferir solo los puntos de medida de la lista de alarmas, luego presionar OK en el cuadro de seleccionar puntos de transferencia.



Figura 9. Seleccionar puntos a transferir

4.7 Luego de escoger los equipos y los puntos a los que se le realizara toma vibraciones se procede a establecer la comunicación con el equipo LEONOVA, en las siguientes figuras se muestra el proceso.



Figura 10. Cuadro de Comunicación del software


Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 6 de 20		



Figura 11. Comunicación del equipo con el PC

4.8 Verificar que el equipo tenga la memoria suficiente para descargar la ruta y presionar YES.

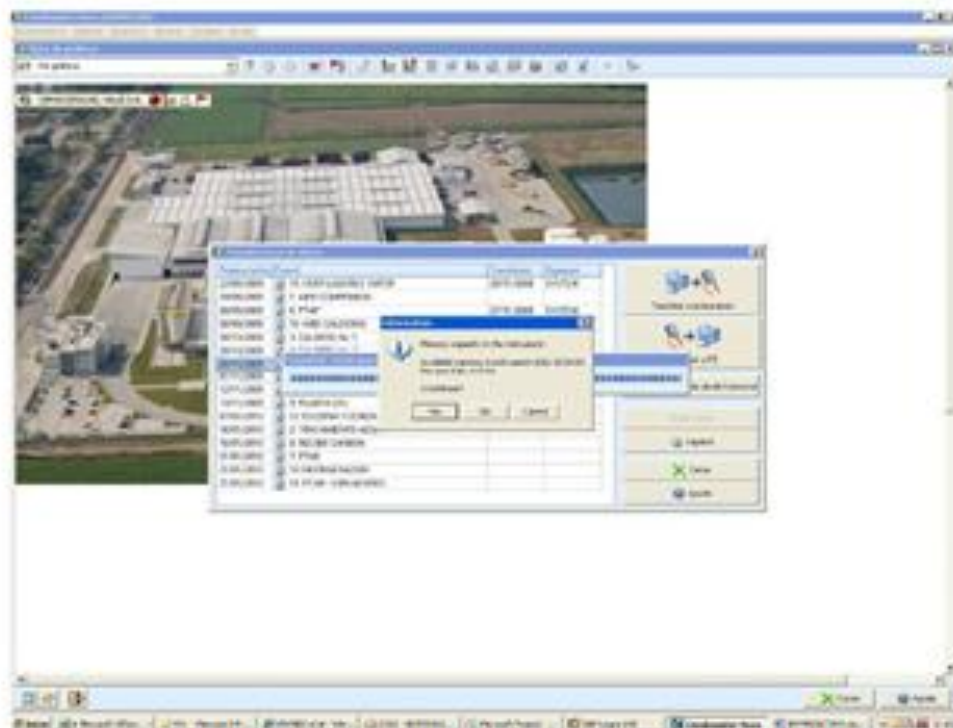



Figura 12. Verificar capacidad de memoria del equipo handheld

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 7 de 20		

Nota: Luego de cargar la ruta al equipo el técnico deberá ir al sitio donde está el motor, bomba o reductor y realizar las mediciones.

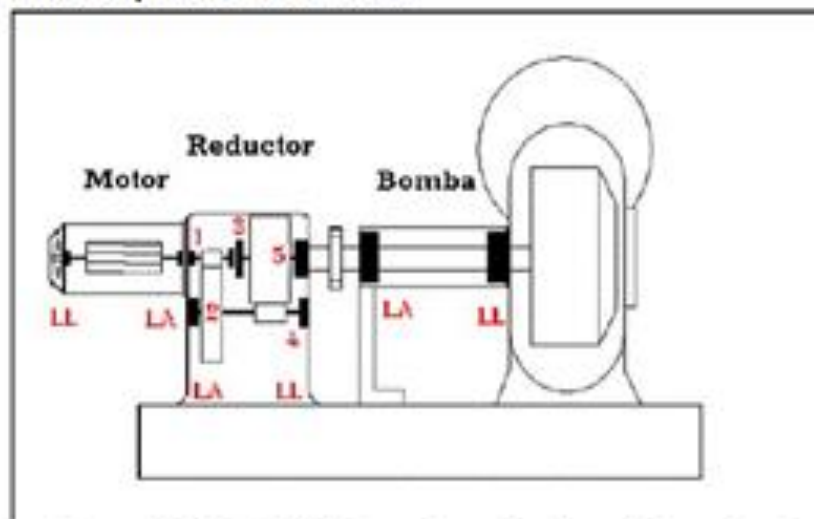


Figura 13. Distribución de los puntos del motor, reductor y bomba.

LL = Lado Libre


LA = Lado Acople

Números del 1 al 5: Rodamientos en un reductor, estos pueden variar dependiendo de las etapas del reductor.

4.9 Seleccionar la ruta y presionar ENTER.



Figura 14. Handheld

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 8 de 20		

5. Conectar el transductor de impulsos de choque con la sonda.



Figura 15. Conector del Transductor de impulsos.

6. Conectar transductor de impulsos de choque con conector rápido para la medición de los adaptadores.




Figura 16. Conector del transductor de impulsos de choque

7. Conectar la sonda del tacómetro



Figura 17. Sonda del tacómetro

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 9 de 20		

8. Tomar revoluciones con el tacómetro, generalmente se debe usar el tacómetro de contacto para realizar esta medición, el cual se debe colocar en el centro del eje del motor, pero en caso de que no sea posible se usara el óptico y para este se realizara el siguiente procedimiento.




Figura 18. Tacómetro óptico

Figura 19. Tacómetro de contacto

- 8.1 Apagar en modo manual el motor o bomba al que se le tomara vibraciones.
- 8.2 Colocar sobre el eje de transmisión una cinta reflectora para tomar los datos con el tacómetro óptico, o poner el tacómetro de contacto.
- 8.3 Prender el motor o la bomba.
- 8.4 Tomar la medida con el handheld, se espera a que se estabilice en un valor y presionamos ENTER luego salvar (S).



Figura 20. Salvar el valor de las revoluciones.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Fecha Rev.: 19/04/2013		
Página 10 de 20		

9. Retirar la tapa de seguridad que protege el ventilador del motor, la herramienta para quitarla variara dependiendo de la marca del motor, en algunos casos será una llave Bristol o un destornillador de estrella.




Figura 21. Tapa de seguridad

10. Luego de retirar la tapa de seguridad procedemos a tomar las medidas el lado libre (LL), para esto es necesario prender el motor a su voltaje nominal, si tenemos el motor conectado a un variador, debemos manipular el variador de tal forma que lo configuremos a 60 Hz o su velocidad normal de trabajo, este movimiento se debe hacer en modo manual del equipo.
11. Ya teniendo el motor prendido a su potencia máxima se procede a evaluar los impulsos de choque en el lado libre (LL), para esto usamos la sonda de impulsos de choque, presionando la punta, al tener presionada la sonda contra el motor en movimiento, se presiona en el handheld la tecla (M) para comenzar la medición y posteriormente se presiona (S) para salvar los datos, se deben tomar tres valores y salvar el valor más alto.



Figura 22. Medición de impulsos de choque

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 11 de 20		

12. Luego proceder a medir vibraciones, debe tener en cuenta si la carcasa es de un material ferroso o no ferroso esto para evaluar cuál es el accesorio para el transductor de vibraciones que se usará.



SLD144B
SLD144F

- SLD144B M8 transductor de vibraciones (2-10 000 Hz)
- SLD144F Vibración transducer UNF 1/4"-28 (2-10 000 Hz)

Figura 23. Transductor de vibraciones



TRX16

- TRX16. Placa magnética para M8 vibración del transductor

Figura 24. Accesorio para carcasas ferrosas



TRX17

- TRX17. Explore M8 vibración del transductor

Figura 25. Accesorio para carcasas no ferrosas

13. Medir vibración horizontal, vertical y axial al motor lado libre (LL), para esto se presiona la tecla (M) cuando ya tengamos el sensor sobre la carcasa, este hará un barrido por un tiempo y tomara los datos, cuando ya se detenga mostrará en la pantalla los valores y en este momento se le dará (S) para salvar.



Figura 26. Medición horizontal


Código:	INGENIERIA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 12 de 20		



Figura 27. Medición Vertical

Figura 28. Medida Axial

14. Se aconseja al técnico que para realizar medición del espectro se haga en el mismo punto de la medida de vibración, es así que cuando se realice la medición de vibración vertical, en el mismo punto realizar la medida del espectro vertical, esta medida se debe tomar dos veces, es así que se presiona la tecla (M) para comenzar el barrido y tomar el primer dato, luego se vuelve a presionar la tecla (M) y ya obteniendo el segundo barrido se procede a presionar (S) para salvar la información.



Figura 29. Medición del espectro Vertical

15. Tomar la temperatura del lado libre (LL), para esto se cambia el tacómetro y se conecta la sonda de temperatura, se espera a que se estabilice en un valor y presionamos ENTER luego salvar (S).


Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 13 de 20		



Figura 30. Pirómetro

16. Cuando se tomen los datos de uno de los puntos en nuestro caso ya se tomaron todos los puntos del (LL) Lado libre del motor, se presiona ENTER sobre la opción (Próximo punto de medición).




Se confirma la toma del punto de medición con la aparición del check.

Figura 31. Próximo punto de medición

17. Medir impulsos de choque en el lado acople (LA) (Motor – Bomba o Motor – reductor), se deben realizar 3 mediciones y salvar el valor más alto.



Figura 32. Medición de impulsos de choque en acople

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 14 de 20		

18. Medir vibración horizontal, vertical y axial al motor lado Acople (LA), para esto se presiona la tecla (M) cuando ya tengamos el sensor sobre la brida de acople, este hará un barrido por un tiempo y tomara los datos, cuando ya se detenga mostrará en la pantalla los valores y en este momento se le dará (S) para salvar.



Figura 33. Medición Horizontal

Figura 34. Medición Vertical




Figura 35. Medición axial

19. Tomar medida de temperatura en el lado de acople (LA).



Figura 36. Medición de temperatura del acople

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 15 de 20		

20. Medición en bomba

20.1 Medir vibraciones en la bomba.



Figura 37. Medición de vibración en la bomba.

20.2 Medir temperatura en la bomba.




Figura 38. Temperatura en la bomba.

21. Ingresar los datos tomados en el PC.

21.1 Conectar la handheld al equipo



Figura 39. Conexión del equipo al computador.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 16 de 20		

21.2 Abrir el programa Condwaster Nova



Figura 40. Abrir programa Condwaster Nova

21.3 Digitar SYSTEM y presionar entrada



Figura 41. Cuadro para Contraseña

21.4 Seleccionar el Área



Figura 42. Panel de Áreas


Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013		
Página 18 de 20		
INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY		



Figura 45. Seleccionar puntos a transferir

21.8 Luego de escoger los equipos y los puntos a los que se le realizo vibraciones, se procede a establecer la comunicación con el equipo LEONOVA, en las siguientes figuras se muestra el proceso.

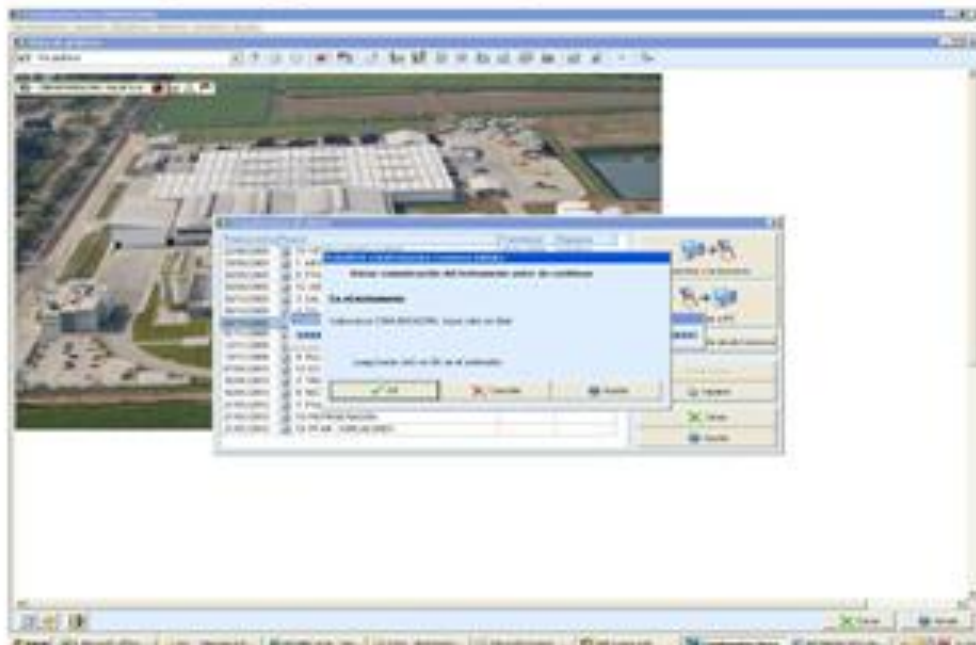


Figura 46. Cuadro de Comunicación del software


Código:	INGENIERIA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 19 de 20		




Figura 47. Comunicación del equipo con el PC

22. Desconectar el Handheld y Apagarlo, para apagarlo dejar presionado el botón de apagado por unos segundos.



Figura 48. Handheld

23. Prosiga con el análisis de vibraciones y reporte los hallazgos.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) TOMA DE VIBRACIONES CON EL EQUIPO LEONOVA INFINITY	
Página 20 de 20		

GESTION AMBIENTAL

a. Recurso suelo

- Los residuos sólidos generados durante el desarrollo de las actividades por personal operativo, de mantenimiento y contratistas deberán ser depositados teniendo en cuenta la correcta separación de estos, en el punto de transferencia o estación satélite designado para tal fin. Ver Documento: 05-002507 Gestión Ambiental.
- Los residuos generados depositados en la zona de transferencia o estación satélite serán recogidos según la frecuencia y horario establecido, llevándolos hasta el centro de acopio para definir su disposición de acuerdo a su clasificación, según documento 03-000355 Plan de Manejo de Residuos.

b. Recurso agua

Dar uso eficiente y racional al recurso agua durante el desarrollo de las actividades de operación, aseo y mantenimiento de en el área o proceso.


Verificar siempre que no existan fugas o derrames hacia los drenajes de aguas residuales de sustancias tóxicas (aceites y grasas, pinturas, desinfectantes) en los equipos, líneas de aseo, mangueras etc.... En caso de emergencias de este tipo contener la fuga o derrame y dar aviso inmediato a la planta de tratamiento de aguas residuales.

c. Recurso Aire

Verifique que no exista fuga o escape de gases o sustancias tóxicas que puedan afectar la atmósfera y deteriorar el ambiente interior de los edificios y perjudicar la salud de sus ocupantes. En caso de ocurrencia, llamar a la línea de emergencia 29406

En cuanto al ruido, se recomienda utilizar aparatos con niveles bajos de emisión de ruido.

2. GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 1 de 10		

Herramientas a utilizar:

Cantidad	Herramientas
1	Equipo para análisis de vibraciones
1	Juego de llaves mixtas
1	Torquímetro
1	Juego de masas de prueba

EPP'S:

Gafas de protección
Guantes de Vaqueta
Tapa oídos

Tiempo aproximado: 15 minutos por equipo
No. Personas: 01

Las condiciones de trabajo para realizar la práctica son:

- Disponibilidad de encendido y apagado del equipo


Los pasos a seguir son:

1. Diligenciar el formato de entrega y recepción de equipo de mantenimiento predictivo



Figura 1. Formato de préstamo de equipo

Distribuido a: Bavaria S.A.		
Elaboró: Nino Chacón y Camilo Bonilla	Revisó: Carlos Mora	Aprobó: Carlos Mora
Fecha: 16-04-2013	Fecha: 19-04-2013	Fecha: 19-04-2013

Código:	INGENIERÍA		
Actualización: 01			
Fecha Rev.: 19/04/2013			INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS
Página 2 de 10			

2. Conociendo la LUP (lección de un punto) Toma de Vibraciones con el Equipo Leonova Infinity, procedemos a inducir cada uno de los efectos vibracionales que se pueden obtener en el banco de pruebas.

2.1 Desalineamiento

2.1.1 Desalineamiento angular

2.1.1.1 Para generar el desalineamiento angular, soltar los tornillos de la base inferior del motor y accionar el mecanismo de palanca.

Nota: Tener en cuenta que el máximo desalineamiento a generar es de 4° (grados)

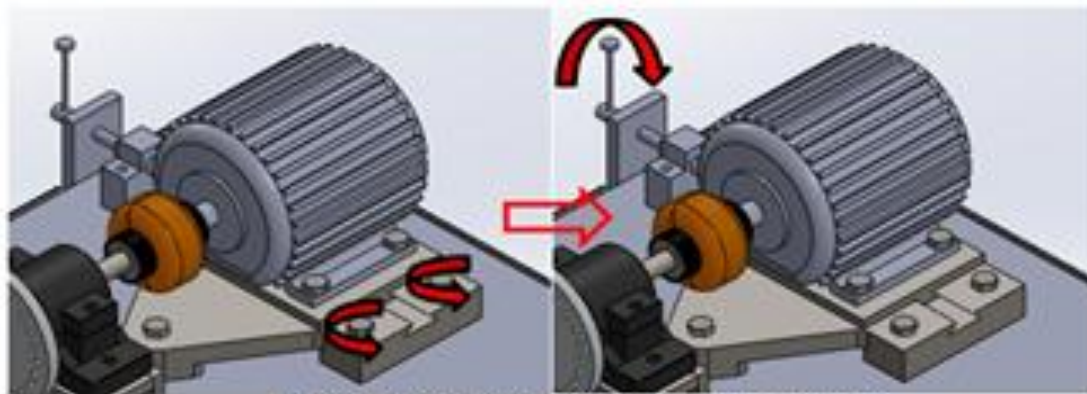


Figura 2. Generación de desalineamiento angular.

2.1.1.2 Después de establecer la posición se deben fijar nuevamente todos los tornillos.

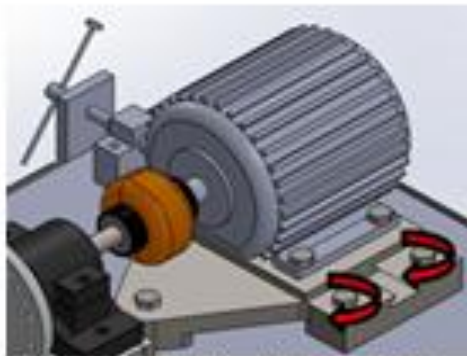



Figura 3. Fijación de base inferior.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 3 de 10		

2.1.1.3 Realice la toma de vibraciones basándose en la LUP Toma de Vibraciones con el Equipo Leonova Infinity.

2.1.1.4 El espectro resultante tras esta práctica debe ser similar al siguiente.

Nota: Un alto nivel de vibración axial en la frecuencia de operación de 30 Hz (1X) y además, la presencia leve de las siguientes armónicas (2X, a veces 3X), es particular de un desalineamiento angular.

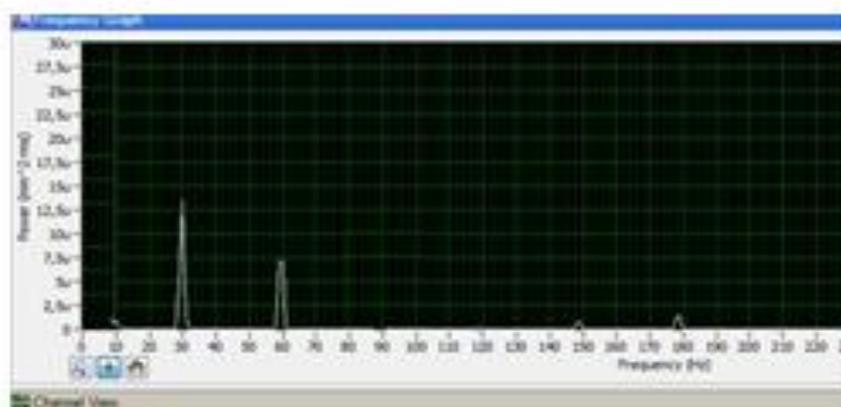



Figura 4. Espectro desalineamiento angular.

2.1.2 Desalineamiento Paralelo

2.1.2.1 Para inducir el desalineamiento paralelo se deben soltar los tornillos de la base superior del motor y accionar el mecanismo de palanca.

Nota: Tener en cuenta que el máximo desalineamiento a generar es aproximadamente 2mm (límite dado por el acople flexible).

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 4 de 10		

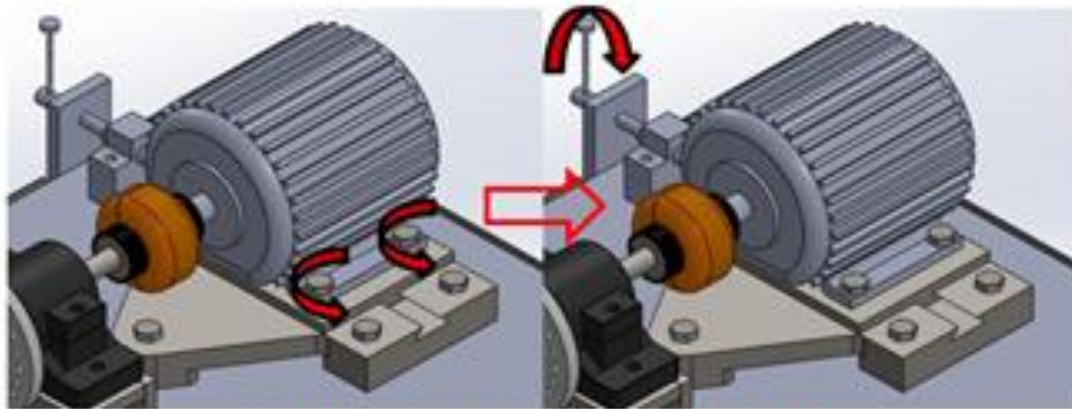


Figura 5. Ajustes para desalineamiento paralelo.

2.1.2.2 Después de establecer la posición se deben fijar nuevamente todos los tornillos.

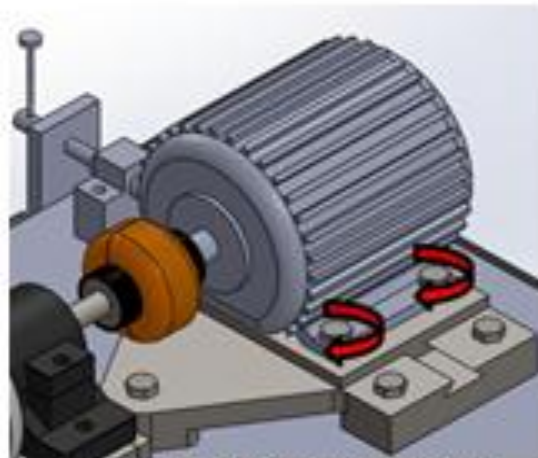



Figura 6. Fijación de nueva posición.

2.1.2.3 Realice la toma de vibraciones basándose en la LUP Toma de Vibraciones con el Equipo Leonova Infinity.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 5 de 10		

2.1.2.4 El espectro resultante de la anterior toma de vibraciones debe tener las siguientes características.

Nota: Nivel de vibración alto en el doble de la frecuencia de operación, 60Hz (2X), con presencia de una amplitud significativa en (1X), es característico de desalineamiento paralelo.

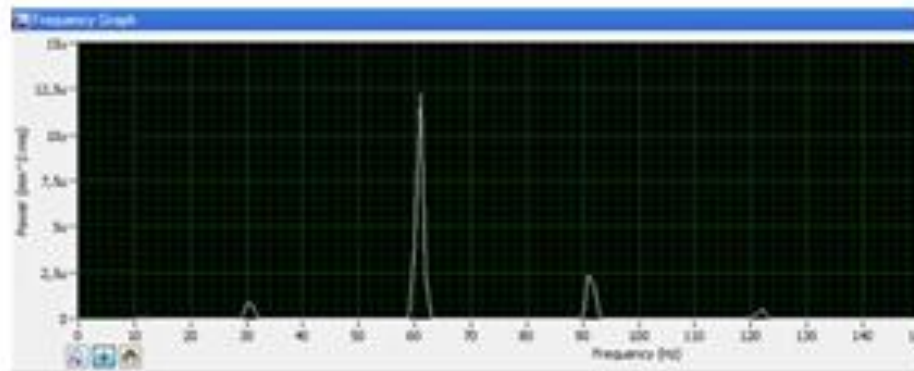



Figura 7. Espectro de desalineamiento paralelo.

2.1.3 Corrección de desalineamiento

2.1.3.1 Para corregir cualquiera de los tipos de desalineamiento se debe seguir el procedimiento descrito en la instrucción de mantenimiento (IM) Práctica de Alineamiento.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 6 de 10		

2.2 Desbalance o desequilibrio máelico

2.2.1 La inducción de un desbalance se puede generar, ubicando una masa de cualquier gramaje en una posición aleatoria, diferente del cero, para no generar confusiones al momento de la corrección.



Figura 8. Postura de masa de desbalance.

2.2.2 Realice la toma de vibraciones basándose en la LUP Toma de Vibraciones con el Equipo Leonova Infinity.

2.2.3 El espectro resultante de la anterior toma de vibraciones debe tener las siguientes características.

Nota: el pico característico resultante del espectro debe estar ubicado en la frecuencia de 30 Hz (1x), o cercano, sin presencia de otros picos influyentes en el caso de solo estar esta falla.

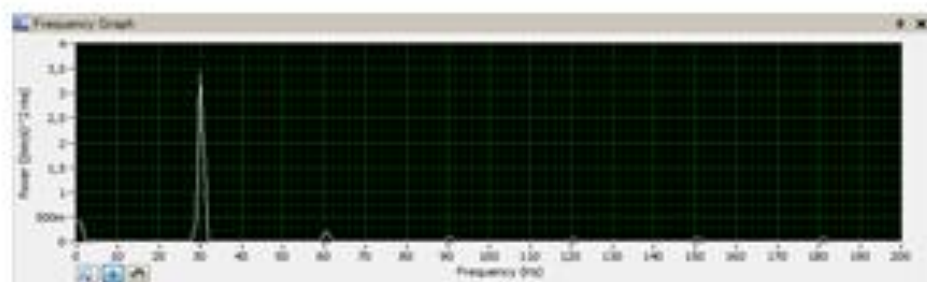



Figura 9. Falla de desbalance.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 7 de 10		

2.2.4 Corrección de desbalance.

2.2.4.1 Para corregir cualquiera de los tipos de desbalanceo se debe seguir el procedimiento descrito en la Instrucción de mantenimiento (IM) Práctica de Balanceo.

2.3 Soltura mecánica.

2.3.1 Para generar la soltura mecánica es necesario que una pieza en el banco se encuentre libre o relativamente suelta, este efecto se puede conseguir soltando uno de los tornillos que unen los soportes con los cojinetes.

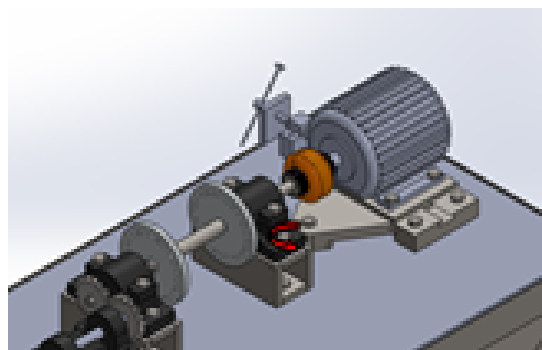



Figura 10. Soltura de tornillo.

2.3.2 Después se enciende el banco y se hace la lectura cuando la velocidad del banco se estabiliza.

Nota: Es importante tener en cuenta que no es necesario soltar el tornillo totalmente para evitar accidentes, solo basta con dejarlo libre de presión, conservando su tuerca y arandela.

2.3.3 El espectro resultante de la anterior toma de vibraciones debe tener las siguientes características.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 8 de 10		

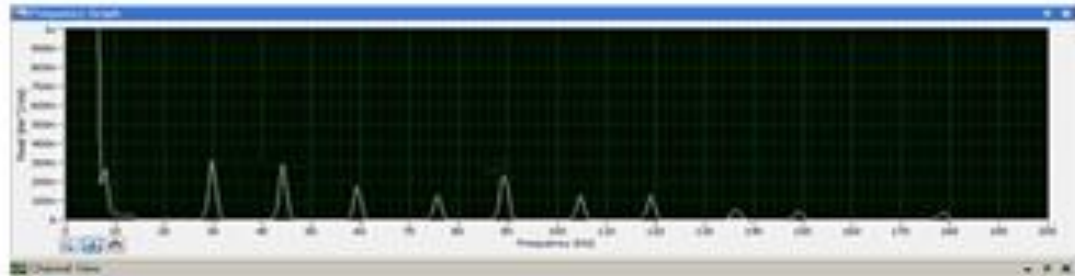


Figura 11. Soltura mecánica.

Nota: Se debe observar un pico de magnitud considerable en 1x, con múltiples armónicos de 1/2x y/o 3/2x y así sucesivamente con picos de bajos valores.

Nota: Para tener una idea de donde se encuentra la soltura mecánica una vez detectada, es necesario realizar una cantidad considerable de tomas de datos con el analizador, para así cuando se presente el pico más alto de vibración, poder generalizar un área y buscar donde se encuentra la soltura.

2.3.4 La corrección para este tipo de soltura, según el caso de este banco, es solo apretar de nuevo el tornillo o pieza suelta.

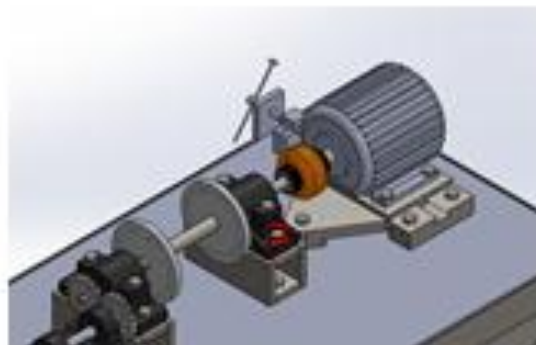



Figura 12. Apretado final para corrección de soltura.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página: 9 de 10		

2.4 Paso de dientes por engranaje.

2.4.1 Se genera la disposición completa del banco, para inducir esta característica vibracional.

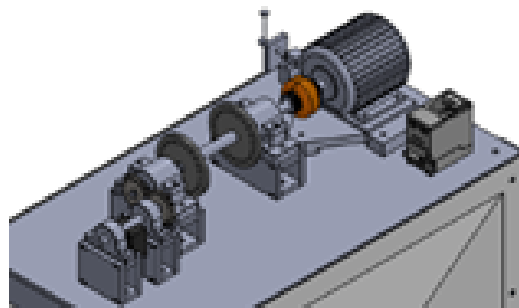


Figura 13. Disposición completa del banco.

2.4.2 Se hace la toma de vibraciones según la LUP, Toma de Vibraciones con el Equipo Leonova Infinity, teniendo en cuenta que la vibración se hace más fuerte en el apoyo más cercano al engranaje.

2.4.3 En el caso de tener un engranaje de 5 dientes a una frecuencia de 30 Hz, el espectro característico debe tener un pico pronunciado en 150 Hz y una repetición del pico con menor amplitud al doble de la primera frecuencia base (300 Hz).

Nota: Este efecto vibracional no puede ser catalogado como falla, debido a que se necesita un estudio un poco más profundo del espectro, para detectarlo como un problema, solo se muestra el caso de la relación del número de dientes y la frecuencia de rotación y su presencia sin problemas.

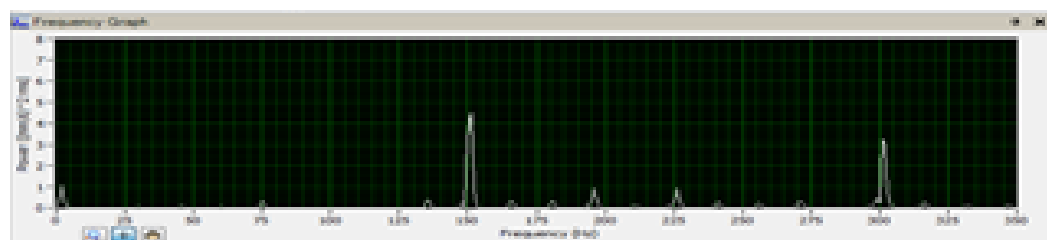



Figura 14. Espectro de paso de dientes por engranajes.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) GENERACIÓN, ESTUDIO Y CORRECCIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS	
Página 10 de 10		

GESTION AMBIENTAL

a. Recurso suelo

- Los residuos sólidos generados durante el desarrollo de las actividades por personal operativo, de mantenimiento y contratistas deberán ser depositados teniendo en cuenta la correcta separación de estos, en el punto de transferencia o estación satélite designado para tal fin. Ver Documento: 05-002507 Gestión Ambiental.
- Los residuos generados depositados en la zona de transferencia o estación satélite serán recogidos según la frecuencia y horario establecido, llevándolos hasta el centro de acopio para definir su disposición de acuerdo a su clasificación, según documento: 03-000355 Plan de Manejo de Residuos.

b. Recurso agua

Dar uso eficiente y racional al recurso agua durante el desarrollo de las actividades de operación, aseo y mantenimiento de en el área o proceso.


Verificar siempre que no existan fugas o derrames hacia los drenajes de aguas residuales de sustancias tóxicas (aceites y grasas, pinturas, desinfectantes) en los equipos, líneas de aseo, mangueras etc.... En caso de emergencias de este tipo contener la fuga o derrame y dar aviso inmediato a la planta de tratamiento de aguas residuales.

c. Recurso Aire

Verifique que no exista fuga o escape de gases o sustancias tóxicas que puedan afectar la atmósfera y deteriorar el ambiente interior de los edificios y perjudicar la salud de sus ocupantes. En caso de ocurrencia, llamar a la línea de emergencia 29406

En cuanto al ruido, se recomienda utilizar aparatos con niveles bajos de emisión de ruido.

3. PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Página 1 de 13		

Herramientas a utilizar:

Cantidad	Herramientas
1	Equipo de alineamiento SKF
1	Kit de alineamiento SKF

EPP'S:

Gafas de protección
Guantes de Vaqueta
Tapa ojos

Tiempo aproximado: 30 minutos por equipo

No. Personas: 01

Las condiciones de trabajo para realizar el alineamiento de ejes son:

- Tener el equipo apagado
- Seguir las rutas de trabajo


Los pasos a seguir son:

1. Diligenciar el formato de entrega y recepción de equipo de mantenimiento predictivo



Figura 1. Formato de préstamo de equipo

Distribuido a: Bavaria S.A.		
Elaboró: Néstor Chacón y Camilo Bonilla	Revisó: Carlos Mora	Aprobó: Carlos Mora
Fecha: 16-04-2013	Fecha: 19-04-2013	Fecha: 19-04-2013

Código	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Rev: 19/04/2013		
Página 2 de 13		

2. Verificar el estado de carga del equipo.



Figura 2. Estado de carga


3. Montaje de sensores.

Nota: montar el sensor marcado con la "M" en la maquina móvil (motor).

3.1 Mantener el dispositivo V-Block verticalmente durante el montaje mientras se fija la cadena al gancho.



Figura 3. Montaje V-Block

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Rev: 19/04/2013		
Página 3 de 13		

3.2 Apretar la cadena con el tornillo tensor, sin exceder la tensión y ajustar la altura del sensor, hasta obtener la línea visual para ambos láseres, y ajustar los alineadores con el dispositivo de fijación que está detrás de cada alineador.

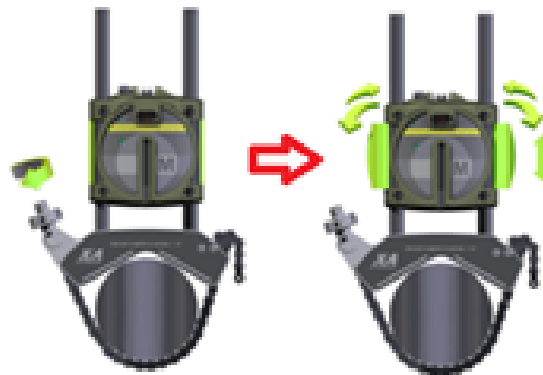


Figura 4. Aseguramiento de dispositivo.

3.3 El laser del sensor "M" puede ajustarse para distancias largas, aunque en la mayoría de los casos no es necesario, pero en caso de modificarse, es mediante el tornillo existente en la parte superior del alineador "M".

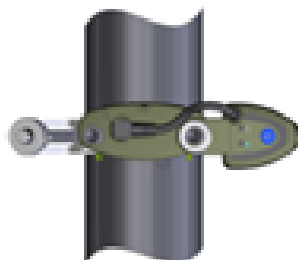


Figura 5. Tornillo de ajuste para laser.

3.4 Después del ajuste de unidades, acoplar los cables de las unidades sensoras con el display.

Código	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Página 4 de 13		

4. Inicio del programa.

4.1 Para iniciar el programa se toca el icono de alineación horizontal.

4.2 Se selecciona el icono de ajustes para elegir el método de medición y demás ajustes.




Figura 6. Iconos de alineación y ajustes.

4.3 Dentro del menú de ajustes se selecciona el método de alineamiento, en este caso el método express.



Figura 7. Menú de ajustes.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Página 5 de 13		

4.4 La pantalla muestra la máquina móvil y muestra dos semáforos que indican cuando el laser está alineado con el detector.



Figura 8. Estado inicial de alineamiento.

4.5 Se toca el icono para introducir las distancias respectivas.



Figura 9. Icono de determinación de distancias.

4.6 Las distancias a ingresar son respectivamente, la distancia entre los alineadores de caratula, la distancia entre el centro del acople y el dispositivo "M", la distancia entre el dispositivo "M" y el primer apoyo, y la distancia entre los dos apoyos.

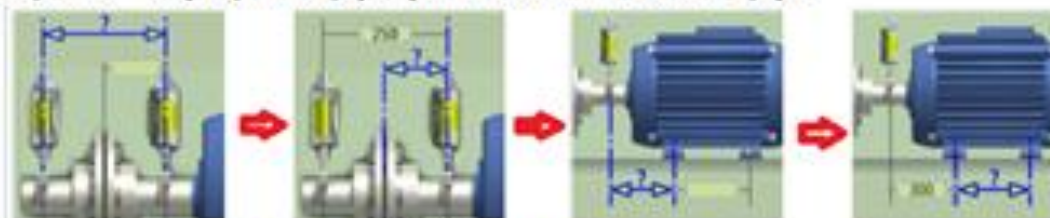


Figura 10. Distancia para alinear.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Rev: 19/04/2013		
Página 6 de 13		

5. Registro del punto de medición.

5.1 Se posicionan los sensores de modo que queden de modo horizontal, y listos para ser girados en el sentido de rotación de la máquina.



Figura 11. Posición inicial del procedimiento.

5.2 Se toca el icono y se inicia el marcado del punto de posición.

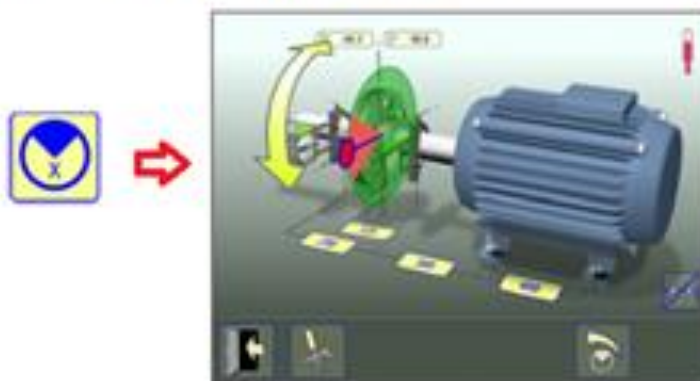



Figura 12. Primera posición de censado.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Rev: 19/04/2013		
Página 7 de 13		

5.3 Después de esperar dos segundos, se pasa a la siguiente posición, teniendo en cuenta que la franja verde es donde puede ubicarse la siguiente posición, por lo general se hace en ángulos de 90 grados.



Figura 13. Segunda posición de alineamiento.

5.4 Se procede a la tercera toma de datos, esperando dos segundos en la posición final, completando un barrido de 180 grados.



Figura 14. Tercera posición de alineamiento.

5.5 Ya terminada la toma, se puede proceder al análisis de los resultados.

6. Resultados de las mediciones.

6.1 La pantalla al final de la toma de datos muestra los valores de desalineamiento tanto en el acople, en el lado izquierdo, y de los pies del motor, en el lado derecho.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE ALINEAMIENTO	
Rev.: 19/04/2013		
Página 8 de 13		



Figura 15. Resultados de toma de datos.

6.2 El símbolo de la izquierda nos muestra tanto el ángulo como la dirección de la desviación, según sea el caso, visto desde la parte superior o lateral.




Figura 16. Dirección de desalineamiento.

Estos símbolos pueden cambiar de color dependiendo de la tolerancia otorgada por la máquina a trabajar, tanto en el acople como en los pies de la máquina y son los siguientes:

	Dentro de la tolerancia (verde).		Dentro de la tolerancia.
	Dentro de doble tolerancia (amarillo e invertido).		Dentro de doble tolerancia.
	Fuera de doble tolerancia (rojo e invertido).		Fuera de doble tolerancia.

Figura 17. Símbolos de referencia para desalineamiento y acople.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 9 de 13		

6.3 Por último, se selecciona **pasar al ajuste de suplementos**.



Figura 18. Selección de ajuste de suplementos.

7. Corrección de desalineamiento.

7.1 Se muestran los valores de los pies en sentido vertical, como valores de ajuste con suplementos, estos valores pueden variar desde 0,05 a 1 milésima de pulgada, además las flechas indican si lo suplementos deben ser añadidos o retirados.




Figura 19. Ajuste con suplementos.

7.2 Una vez realizados los ajustes en sentido vertical, se procede a realizar los ajustes en sentido horizontal.



Figura 20. Alineación horizontal.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 10 de 13		

Si la máquina ha sido ajustada correctamente, con la ubicación de los suplementos automáticamente pasa a la corrección de la ubicación en sentido horizontal, en caso de no ser así ella pasa a la siguiente pantalla.



Figura 21. Corrección alineamiento vertical.


7.3 Para realizar el ajuste, se debe posicionar el comparador de caratula; en el sentido de las manecillas del reloj, a las 12 y realizar la corrección, las flechas indican el sentido en que deben ser puestas las gaigas.

7.4 Después de tener los valores de las tolerancias dentro de los límites, se pasa instantáneamente a la alineación angular.

7.5 Se posicionan los comparadores de caratulas en posición de las manecillas del reloj en 3 o 9, para efectuar los ajustes en sentido horizontal.



Figura 22. Corrección alineamiento horizontal.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 11 de 13		

Nota: El ángulo de guía ayuda a conseguir la posición correcta y las flechas indican la dirección de corrección.



Figura 23. Ángulo de corrección.

7.6 Se hace retroceder los comparadores de caratula a la posición 12 de las manecillas del reloj y se comprueba que la alineación no vertical este dentro de los límites correctos.




Figura 24. Comprobación de alineación final.

7.7 De esta forma se puede dar por terminado el alineamiento por el método express, para una mayor confiabilidad del proceso se recomienda repetir el proceso y cerciorarse que las tolerancias se encuentren dentro de los límites permisibles.



Figura 25. Repetir la medición.

Código:	INGENIERIA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 12 de 13		

Nota: Si se desea modificar el cuadro de ajustes para condiciones específicas, estas son las opciones.

- Permite la unidad de medición y la resolución, la resolución mostrada también depende del receptor a usar.

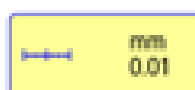


Figura 26. Unidad de medición y resolución.

- Permite seleccionar el tiempo de muestreo.



Figura 27. Tiempo de muestreo.

- Permite activar la holgura del acoplamiento o desactivarlo.



Figura 28. Unidad de oblicuidad.

- Permite la activación o desactivación directa de la apertura de la tabla de tolerancias cuando se inicia el programa.

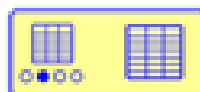



Figura 29. Tabla de tolerancias.

- Permite elegir entre los métodos de medición que tiene el alineador, teniendo en cuenta que estos módulos se compran y deben estar activados.



Figura 30. Método de medición.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 13 de 13		

GESTION AMBIENTAL.

a. Recurso suelo

- Los residuos sólidos generados durante el desarrollo de las actividades por personal operativo, de mantenimiento y contratistas deberán ser depositados teniendo en cuenta la correcta separación de estos, en el punto de transferencia o estación satélite designado para tal fin. Ver Documento: 05-002507 Gestión Ambiental.
- Los residuos generados depositados en la zona de transferencia o estación satélite serán recogidos según la frecuencia y horario establecido, llevándolos hasta el centro de acopio para definir su disposición de acuerdo a su clasificación, según documento: 03-000355 Plan de Manejo de Residuos.

b. Recurso agua

Dar uso eficiente y racional al recurso agua durante el desarrollo de las actividades de operación, aseo y mantenimiento de en el área o proceso.


Verificar siempre que no existan fugas o derrames hacia los drenajes de aguas residuales de sustancias tóxicas (aceites y grasas, pinturas, desinfectantes) en los equipos, líneas de aseo, mangueras etc.... En caso de emergencias de este tipo contener la fuga o derrame y dar aviso inmediato a la planta de tratamiento de aguas residuales.

c. Recurso Aire

Verifique que no exista fuga o escape de gases o sustancias tóxicas que puedan afectar la atmósfera y deteriorar el ambiente interior de los edificios y perjudicar la salud de sus ocupantes. En caso de ocurrencia, llamar a la línea de emergencia 29406

En cuanto al ruido, se recomienda utilizar aparatos con niveles bajos de emisión de ruido.

4. PRÁCTICA DE BALANCEO.

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Rev: 19/04/2013		
Página 1 de 10		

Herramientas a utilizar:

Cantidad	Herramientas
1	Analizador Leonova Infinity
1	Kit de balanceo másico

EPP'S:

Gatas de protección
Guantes de Vaqueta
Tapa ojos

Tiempo aproximado: 30 minutos por equipo

No. Personas: 01

Las condiciones de trabajo para realizar el balanceo dinámico de rotores en dos planos por el método de los coeficientes de influencia son:

- Inicialmente tener el equipo apagado
- Seguir las rutas de trabajo

Los pasos a seguir son:

1. Diligenciar el formato de entrega y recepción de equipo de mantenimiento predictivo



Figura 1. Formato de préstamo de equipo

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Rev.: 19/04/2013		
Página 2 de 10		

2. Realizar el debido proceso de toma de vibraciones, para esto ver instrucción de mantenimiento "Toma de vibraciones con el equipo Leonova Infinity".



Figura 2. Carga de ruta

3. Establecer las configuraciones generales del analizador.

3.1 Es importante marcar el rotor a balancear con la siguiente distribución. Según sea el caso elegir el sentido, horario o anti-horario, del contador de grados.

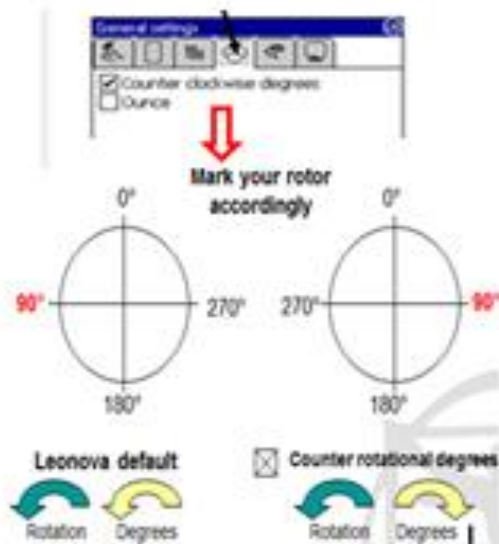



Figura 3. Sentido grados de rotación

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Rev.: 19/04/2013		
Página 3 de 10		

3.2 Elegir unidades de masa con las que se quiere trabajar, ya sean onzas o gramos. Por defecto el equipo trabaja en gramos.

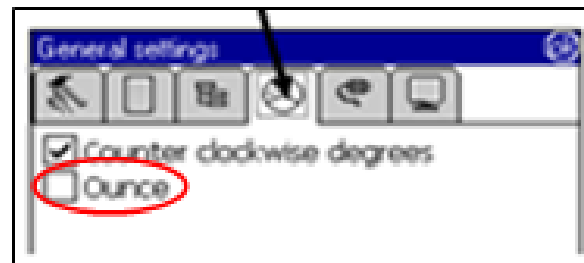


Figura 4. Unidades de masa

4. Estabilizar o fijar el número de rpm de operación. El mejor dispositivo que se puede usar es un sensor de proximidad, sin embargo, cuando se utiliza el tacómetro SPM, debe estar firmemente posicionado, y la posición elegida no debe ser alterada entre las mediciones.

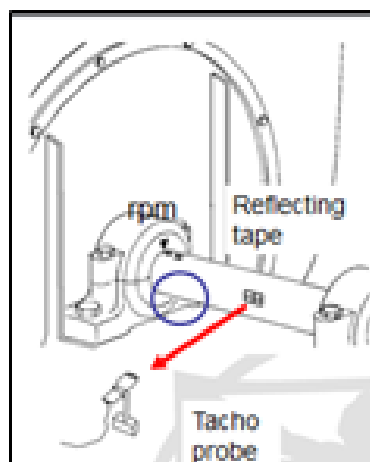


Figura 5. Medición sincronizada

5. Calcular la máxima masa de prueba que se puede utilizar. Para esto el equipo Leonova cuenta con una función muy apropiada.


Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 4 de 10		



Figura 6. Máxima masa de prueba

6. Seleccionar y configurar el transductor.

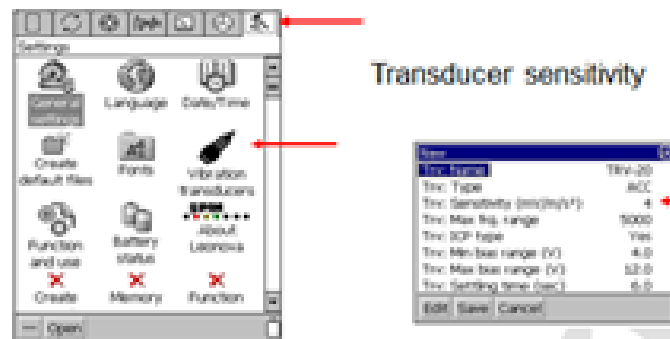


Figura 7. Transductor de vibraciones

7. Elegir, entre las alternativas de balanceo, el programa de dos planos.

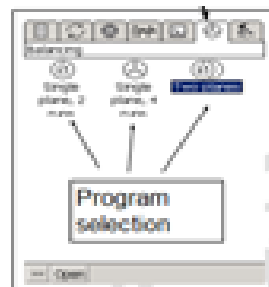



Figura 8. Alternativas de balanceo

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 5 de 10		

8. Establecer los planos de medición. Tener presente que el plano 1 es el más cercano al motor.



Figura 9. Planos de medición

9. Montar un transductor en el plano 1, o si se cuenta con el kit de balanceo, montar los dos transductores en los planos 1 y 2.




Figura 10. Montaje de transductores

10. Medir la vibración inicial V_0 (sin masa de prueba) en los planos de medición 1 y 2. El ángulo de fase es relacionado con el tacómetro.

Nota: Si se utilizan los dos transductores se ahorrará tiempo en el trabajo de balanceo.



Figura 11. Medición Inicial

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 6 de 10		

11. Ubicar la masa de prueba en el plano de corrección 1. Ésta masa se puede ubicar aleatoriamente pero debe ser marcada su posición (la marca indica el punto 0 para ubicar la masa de corrección). Luego medir la vibración V1 en los dos planos.

Nota: Después de realizar la medición retire la masa de prueba.



Figura 12. Medición de V1

12. Ubicar la masa (igual o diferente a la utilizada en el paso anterior) de prueba en el plano de corrección 2. Ésta masa se puede ubicar aleatoriamente pero debe ser marcada su posición (la marca indica el punto 0 para ubicar la masa de corrección). Luego medir la vibración V1 en los dos planos.

Nota: Después de realizar la medición retire la masa de prueba.

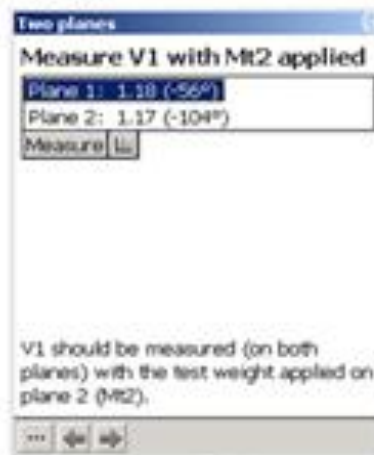



Figura 13. Medición de V1 con Mp2

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013		
Página 7 de 10		
INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO		

13. Una vez se obtienen los resultados, se aplican las masas de corrección en la posición indicada. Los grados son medidos desde la posición 0 marcada anteriormente.

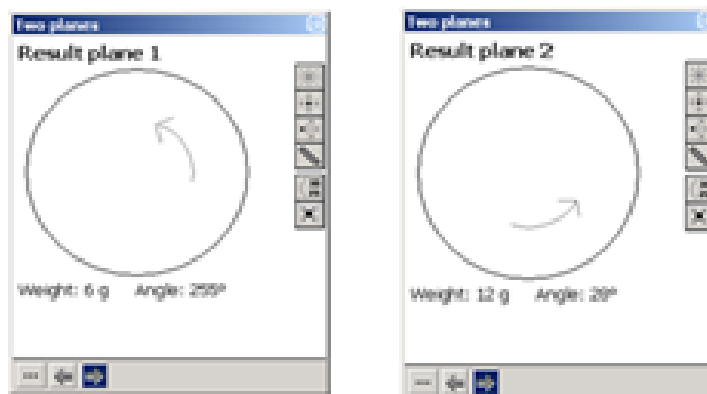


Figura 14. Resultados masas de corrección

14. Verificar el balanceo utilizando la función "ajuste de balanceo". La ventaja de esta función es que solo es necesario realizar una medición sin utilizar masas de prueba.

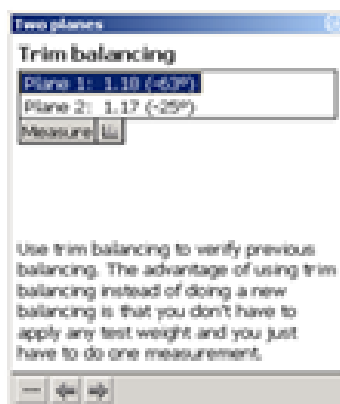



Figura 15. Ajuste de balanceo

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (M) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 8 de 10		

15. Si es necesario corregir el resultado para mejorar el balanceo, puede elegir entre mantener las masas de corrección aplicadas o sustituirlas por unas nuevas (marcar el cuadro inferior) y obtener los nuevos valores de masas de corrección con su respectiva ubicación.

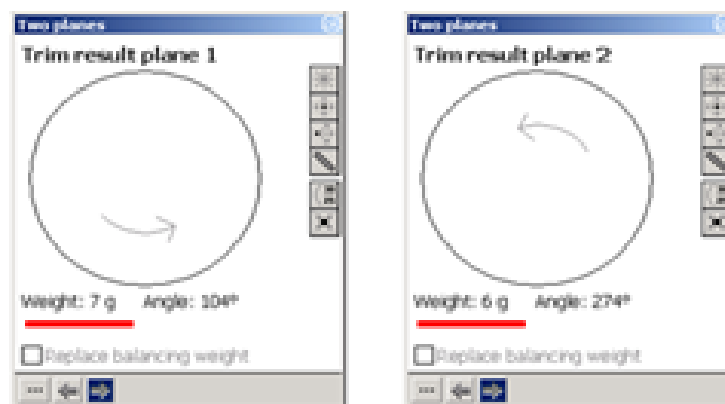


Figura 16. Valores para resultados perfectos

16. Una vez finalizado el balanceo se debe realizar una medición de verificación. Estos resultados se deben comparar con los valores estándares permitidos en las norma ISO 1940 y/o 2372, dependiendo del paquete que adquiriera la empresa. Luego ubicar el grado de calidad del balanceo.

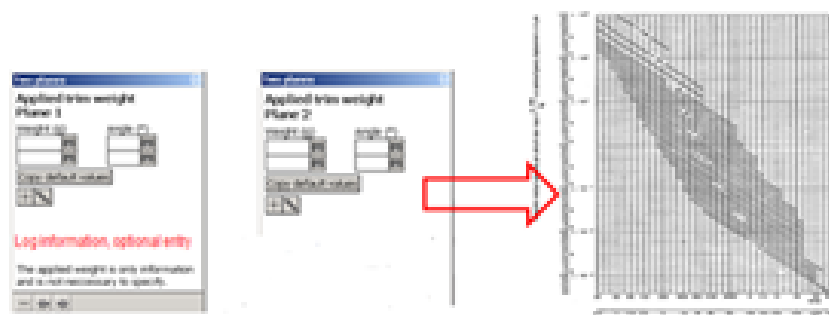



Figura 17. Grado de calidad del balanceo

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 9 de 10		

17. Generar el informe puede imprimirse desde Leonova o en formato Impreso, a partir del archivo que se almacena en el ordenador.

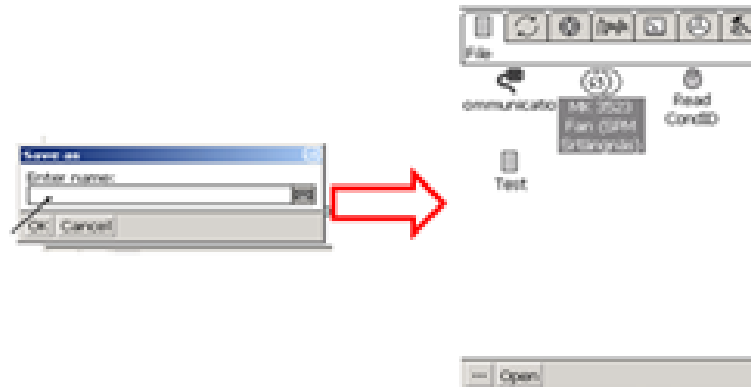



Figura 18. Informe

Código:	INGENIERÍA	
Actualización: 01		
Fecha Rev.: 19/04/2013	INSTRUCCIÓN DE MANTENIMIENTO (IM) PRÁCTICA DE BALANCEO	
Página 10 de 10		

GESTION AMBIENTAL.

a. Recurso suelo

- Los residuos sólidos generados durante el desarrollo de las actividades por personal operativo, de mantenimiento y contratistas deberán ser depositados teniendo en cuenta la correcta separación de estos, en el punto de transferencia o estación satélite designado para tal fin. Ver Documento: 05-002507 Gestión Ambiental.
- Los residuos generados depositados en la zona de transferencia o estación satélite serán recogidos según la frecuencia y horario establecido, llevándolos hasta el centro de acopio para definir su disposición de acuerdo a su clasificación, según documento: 03-000355 Plan de Manejo de Residuos.

b. Recurso agua

Dar uso eficiente y racional al recurso agua durante el desarrollo de las actividades de operación, aseo y mantenimiento de en el área o proceso.

Verificar siempre que no existan fugas o derrames hacia los drenajes de aguas residuales de sustancias tóxicas (aceites y grasas, pinturas, desinfectantes) en los equipos, líneas de aseo, mangueras etc.... En caso de emergencias de este tipo contener la fuga o derrame y dar aviso inmediato a la planta de tratamiento de aguas residuales.

c. Recurso Aire

Verifique que no exista fuga o escape de gases o sustancias tóxicas que puedan afectar la atmósfera y deteriorar el ambiente interior de los edificios y perjudicar la salud de sus ocupantes. En caso de ocurrencia, llamar a la línea de emergencia 29406

En cuanto al ruido, se recomienda utilizar aparatos con niveles bajos de emisión de ruido.

Anexo C. Catálogo de analizador Leonova Infinity.

Leonova™ Infinity – Platform



Leonova Infinity es un analizador portátil de la condición de la máquina con pantalla táctil a color, que trabaja bajo Windows CE. Las siguientes funciones están incluidas con uso ilimitado:

- Colector de datos con Condmaster® Nova
- Monitoreo de la vibración de acuerdo ISO 2372
- Medición de la velocidad
- Medición de la temperatura
- Señales analógicas, corriente y voltaje
- Lectura y escritura en las etiquetas con memoria CondID
- Grabación manual, cantidad libre
- Puntos de control, texto libre

Las principales funciones de Leonova se seleccionan, ver TD-212. Con la medición sincronizada, envolvente, zoom real y hasta 12800 líneas de espectro desde 0.5 Hz hasta 40 kHz, Leonova Infinity tiene completa capacidad de análisis de vibración. SPM también ha incorporado las tablas de evaluación de la nueva norma ISO 10816 para la medición en banda ancha de la velocidad de vibración, aceleración y desplazamiento. Para el equilibrado del rotor en uno y dos planos, una guía gráfica fácil de usar calcula los pesos de equilibrado y sus posiciones. Para alineación del eje, Leonova Infinity utiliza la técnica láser con dianas fáciles, rayo láser de línea modulada y cálculo de la posición automática para las posiciones del eje.

Números de pedido

LEO 801 Leonova Infinity, Gris, inc. Correa y puntero
 LEO802 Leonova Infinity, Azul, inc. Correa y puntero
 90362 Cargador, 100-240 V AC, 50-60 Hz, Euro plug
 90379 Cargador, 100-240 V AC, 50-60 Hz, US plug
 90380 Cargador, 100-240 V AC, 50-60 Hz, UK plug
 CAB46 Cable comunicación USB
 CAB47 Cable comunicación RS232, 9 pin
 14715 Soporte cinturón

Las partes del sistema de Leonova Infinity se especifican en las hojas de datos técnicos (TD) listadas más abajo:

Especificación del Instrumento	TD211
Selección de las funciones del Instrumento	TD212
Medición de impulsos de choque SPM, dBm/dBc	TD213
Medición de impulsos de choque SPM, LR/HR	TD214
Espectro SPM	TD218
Monitoreo de la vibración ISO 2372	TD225
Monitoreo de la vibración con espectro ISO 10816	TD219
FFT con síntomas	TD220
Análisis evaluado de la vibración EVAM	TD221
2 canales simultáneos de vibración	TD222
Arranque/Punto muerto y Prueba de Impacto	TD223
Análisis orbital	TD224
Equilibrado	TD226
Alineación del eje	TD227
Grabación en continuo	TD228
Servicio	TD229
Cubierta protectora	TD246
Transductores y cables de medición	TD247
Unidad detectora LineLazer®	TD267

15310 Cubierta protectora
 CAS16 Maleta de transporte, plástico con foam

Repuestos

15178 Puntero para pantalla táctil
 14661 Correa
 PROM9 Programa de servicio
 71789 Instrucciones "Getting Started"
 71791 Guía de usuario Leonova Infinity

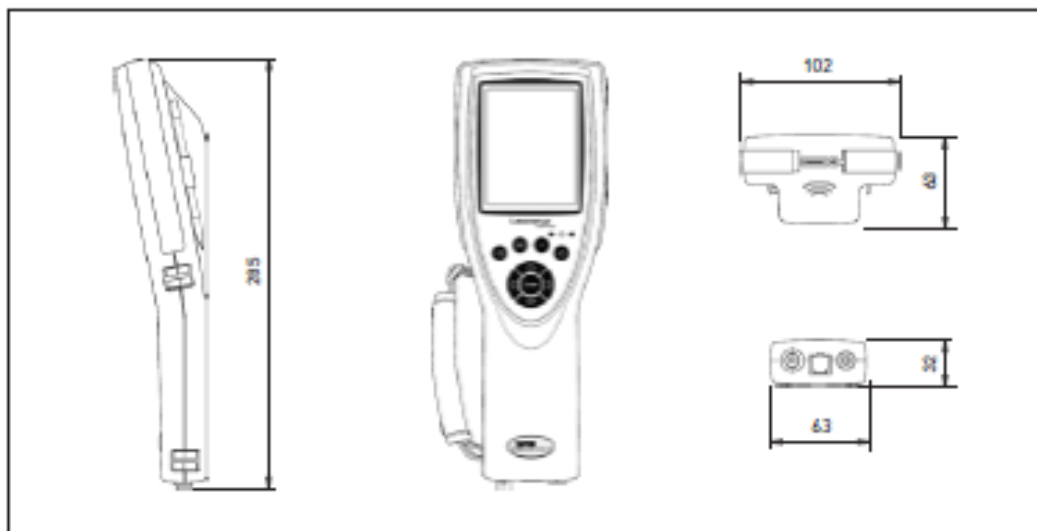
Patent: US713386, US7167814, US7200519, US7054261, US7206919
 EP0167866, DE4203032B3, FR1678664, GB1678664, NL1678664, SE0307186L6



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strömgårds • Sweden
 Tel +46 152 22500 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
 ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2008-08. TD-210 C

Leonova™ Infinity – Especificaciones del instrumento



Leonova Infinity es un colector de datos portátil multi-función. El instrumento se opera vía teclado y pantalla táctil. Los datos básicos de ajuste de la medición se pueden introducir manualmente o descargarlos desde Condmaster® Nova.

Leonova Infinity está siempre programado para uso ilimitado de las funciones de medición listado abajo (Platform). Otras

funciones de diagnóstico y análisis, para la medición de impulsos de choque, medición de la vibración, análisis orbital, equilibrado del rotor, y alineación del eje, son seleccionadas por el usuario. Para información técnica y especificaciones ver las hojas de datos respectivas listados en TD212.

Datos técnicos, Instrumento (Platform)

Carcasa	ABS/PC, Santoprene, IP54
Dimensiones	285 x 102 x 63 mm
Peso	580 g (20 oz)
Teclado	pantalla táctil, TFT color, 240 x 320 pixels, 54 x 72 mm, luz de pantalla ajustable
Procesador principal	400 MHz Intel® XScale®
Memoria	64 MB RAM, 32 MB Flash, extensible a 4 GB
Sistema operativo	Microsoft Windows® CE net
Comunicación	RS232 y USB
Rango dinámico	16 bit A/D convertidor, ajustes de ganancia automáticos
Indicación de la condición	LEDs verde amarillo y rojo
Alimentación	baterías Li-Ion recargables
Batería	para un mínimo de 8 horas de uso normal
Temperatura de trabajo	0 a 50°C (32 a 120°F)
Temperatura de carga	0 a 45°C (32 a 113°F)
Características generales	selección del idioma, pantalla de carga de batería, prueba de línea de transductor, unidades métrica y decimal
Identificación del punto de medición	Transpondedor RF para comunicación con las etiquetas CondID, distancia de lectura/escritura max. 50 mm (2 inch)

Severidad de la vibración (ISO 2372)

Cantidad medida	velocidad de la vibración, RMS, rango 10-1000 Hz
Selección de la tabla de evaluación	menú guiado ISO 2372
Entrada del transductor de vibración	<18 Vpp. Se puede ajustar ON/OFF la alimentación del transductor de 4 mA para tipo IEPE* (ICP).
Tipos de transductor	Cualquier transductor (desplazamiento, velocidad o aceleración) con salida de voltaje
Canales de vibración	2, medición simultánea

Medición de la Velocidad

Rango de medición	10 a 60000 rpm
Resolución	1 rpm
Precisión	± (1 rev + 0,1% de la lectura)
Tipo transductor	TAD-18, TTL pulso

Medición de la Temperatura

Rango medición	-50* a 440 °C (-58 a 824 °F)
Resolución	1 °C (1 °F)
Tipo transductor	TME-11 con TEN-10 (temperatura superficial) y TEN-11 (líquidos)

Señales analógicas

Rango medición	0 a 1 V DC, 0 a 10 V DC, 0 a 20 mA, 4 a 20 mA
----------------	---

* Integral Electronic PiezoElectric

Patent: US721348M, US714797A, US720879, US7054161, US720679
EP0147644, DE6030428L3, FR147644, GB147644, NL147644, SI037196L6

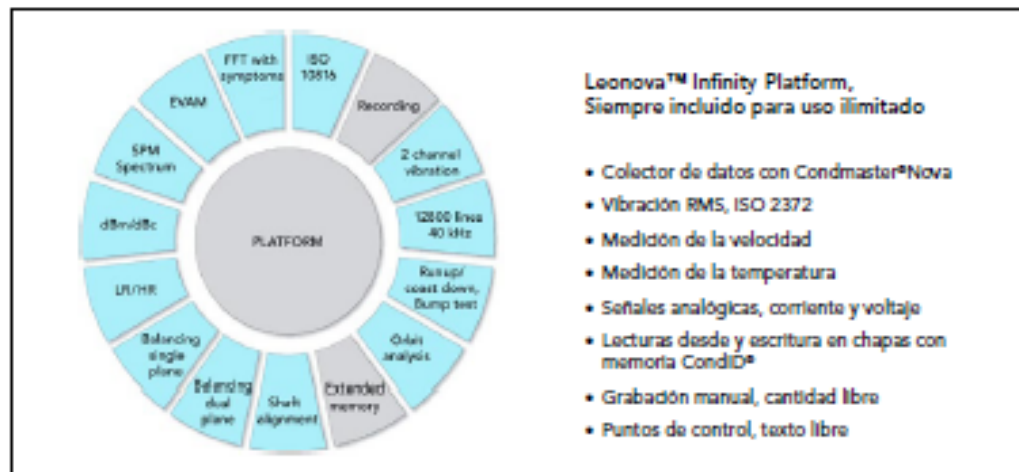


PM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com



Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2008-08. TD-211 E

Leonova™ Infinity – Funciones seleccionadas por el usuario



Para obtener un rango de desarrollo y un precio de Instrumento óptimos que mejor se adapte a sus propósitos, los usuarios Leonova pueden seleccionar cualquiera o todas las 16 funciones para el diagnóstico y mantenimiento, bajo dos alternativas de venta. La opción está entre uso ilimitado o limitado (Function&Use).

Cuando el uso está limitado, el precio de la función es mucho más bajo. En compensación los usuarios pagan por adelantado un depósito de "créditos".

Leonova deduce los créditos automáticamente cuando se pulsa la tecla "Medición". Por tanto, el coste para el usuario depende del número de mediciones tomadas. Los créditos se rellenan, y/o se pueden añadir nuevas funciones, cargando un fichero codificado que se pide a través de su distribuidor.

Las funciones ilimitadas y libres se pueden combinar. Las funciones Platform están siempre incluidas y su uso es ilimitado.

Funciones para Uso ilimitado

- LEO130 Método de impulsos de choque dBm/dBc
- LEO131 Método de impulsos de choque LR/HR
- LEO132 SPM Espectro
- LEO133 ISO 10816 monitoreo de la vibración con espectro
- LEO134 FFT con síntomas
- LEO135 EVAM análisis evaluado de la vibración, time signal
- LEO136 2 canales simultáneos de monitoreo de la vibración
- LEO137 Arranque/Punto muerto y comprobación por impacto
- LEO138 Análisis orbital
- LEO151 Método de impulsos de choque dBm/dBc y LR/HR
- LEO152 Equilibrado, un plano
- LEO153 Equilibrado, dos planos
- LEO154 Equilibrado, uno y dos planos
- LEO155 Alineado del eje

Opciones

- LEO139 12800 líneas, 40 kHz
- LEO160 Grabación en continuo
- LEO161 Memoria extendida, 512 MB
- LEO162 Memoria extendida, 1 GB
- LEO163 Memoria extendida, 4 GB
- LEO164 Time signal, opción a FFT con síntomas

Functions for Limited Use (Function & Use)

- LEO230 Método de impulsos de choque dBm/dBc (1)
- LEO231 Método de impulsos de choque LR/HR (2)
- LEO232 SPM Espectro (2)
- LEO233 ISO 10816 monitoreo de la vibración con espectro (1)
- LEO234 FFT con síntomas (2)
- LEO235 EVAM análisis evaluado de la vibración, time signal (2)
- LEO236 2 canales simultáneos de monitoreo de la vibración (4)
- LEO237 Arranque/Punto muerto y comprobación por impacto (25)
- LEO238 Análisis orbital (5)
- LEO251 Método de impulsos de choque dBm/dBc y LR/HR
- LEO252 Equilibrado, un plano (4 pasos 16, 2 pasos 42)
- LEO253 Equilibrado, dos planos (80)
- LEO254 Equilibrado, uno y dos planos
- LEO255 Alineado del eje (30)

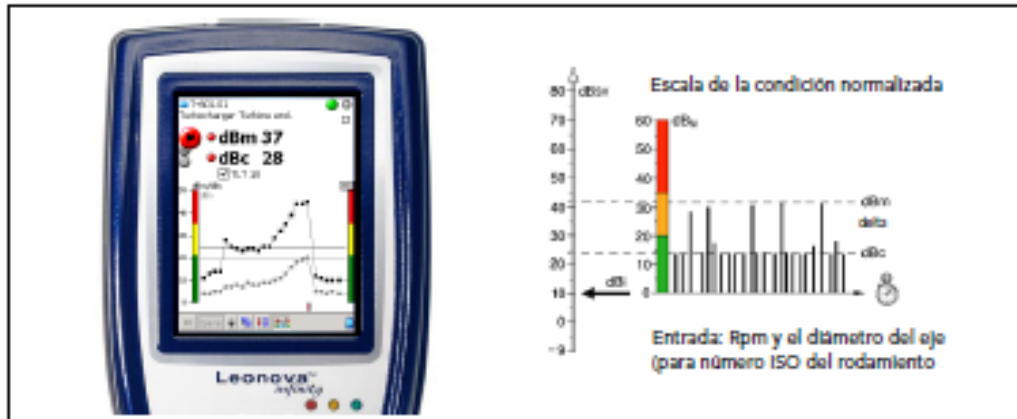
El consumo de créditos se muestra entre paréntesis.



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-02. TD-212 E

Leonova™ Infinity – Medición de impulsos de choque dBm/dBc



Por más de 30 años, el Método de Impulsos de Choque (SPM) se ha utilizado con gran éxito para obtener un diagnóstico rápido, fácil y fiable sobre la condición de funcionamiento de los rodamientos.

La señal

A lo largo de su tiempo de vida, los rodamientos generan choque en la interfaz entre los elementos rodantes y la pista de rodadura. Estos choques llegan al transductor SPM que emite un impulso eléctrico proporcional a la magnitud del choque.

A diferencia de los transductores de vibración, los transductores de impulsos de choque responden a su frecuencia de resonancia cuidadosamente entonada de 32 kHz, lo que permite una medición calibrada de las amplitudes de impulsos de choque.

Medición

El medidor de impulsos de choque cuenta el índice de ocurrencia (impulsos de choque por segundo) y varía el umbral de la medición hasta que se determinan dos niveles de amplitud:

- el nivel de carpeta (aprox. 200 choques por segundo). Este nivel se muestra como dBc (valor de carpeta en decibelios)
- el nivel máximo (mayor choque durante dos segundos). Este nivel se muestra como dBm (valor máximo de decibelios). Utilizando un indicador parpadeante o los auriculares, el operario puede establecer un valor de pico incrementando el umbral de medición hasta que no se registre señal.

Debido al gran rango dinámico, los impulsos de choque se miden en una escala de decibelios (1000 x aumento entre 0 y 60 dB).

La amplitud del impulso de choque se debe a tres factores básicos:

- la velocidad de rotación (tamaño del rodamiento y rpm)

- el espesor de la película de lubricante (la separación entre las superficies de metal en la interfaz del rodamiento). La película de lubricante depende del suministro de lubricante y también de la alineación y la pre carga.
- El estado mecánico de la superficie del rodamiento (rugosidad, desgaste, daño, partículas de metal sueltas).

Datos de entrada

El efecto de la velocidad de rotación sobre la señal es neutralizada por las rpm y el diámetro del eje como datos de entrada, con "precisión razonable". Este ajuste es el valor inicial (dB), el principio de la escala de condición "normalizada".

Evaluación

El valor inicial y el rango de las tres zonas de condición (verde – amarillo – rojo) se establece empíricamente mediante la comprobación del rodamiento en condiciones de operación variables. El valor máximo sitúa al rodamiento en la zona de condición. El valor de carpeta más alto y el delta (dBm menos dBc) indican la calidad de la lubricación o problemas con la instalación y alineamiento del rodamiento.

Datos técnicos

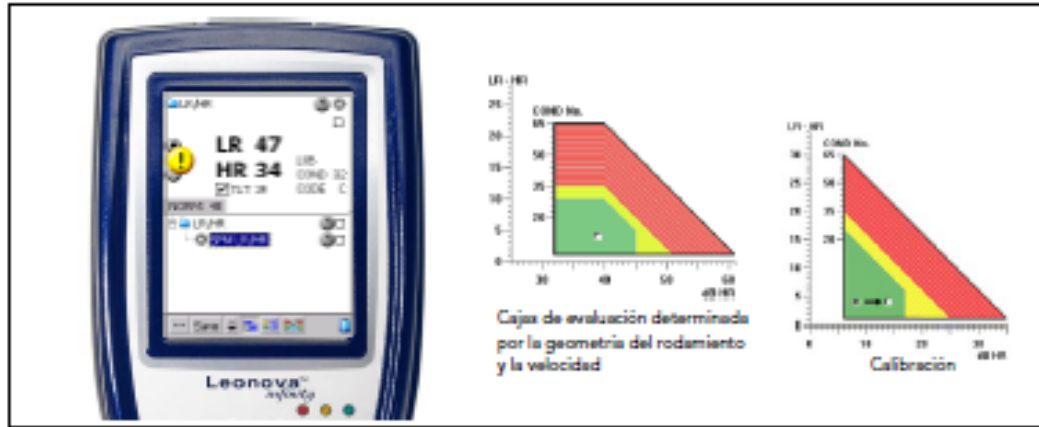
Rango de medición	-9 a 99 dBav
Resolución	1 dBav
Precisión	± 1 dBav
Tipos de transductor	SPM 40000/42000, transductor con sonda y transductor con conector rápido para adaptadores
Datos de entrada	rpm, diámetro del eje (o número ISO del rodamiento)
Salida	Valor máximo dBm, evaluado verde – amarillo – rojo, valor de carpeta dBc, valor de pico, señal de impulso de choque audible (auriculares)
Números de pedido	
LEO130	Método de impulsos de choque dBm/dBc, uso ilimitado
LEO230	Método de impulsos de choque dBm/dBc, uso limitado



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-03. TD-212 E

Leonova™ Infinity – – Medición de impulsos de choque LR/HR



El método LR/HR fue desarrollado desde el original Método de Impulsos de Choque para el diagnóstico de la condición de los rodamientos. Permite un análisis preciso de la condición de la película del lubricante en la Interfaz del rodamiento y contiene modelos de cálculo para encontrar el lubricante óptimo. Una pobre lubricación es la causa origen de la mayoría de los fallos de los rodamientos.

Señal y medición

El transductor y el proceso de medición es el mismo que para el método dBm/dBc (TD213). El medidor de Impulsos de choque cuenta el índice de ocurrencia (impulsos de choque por segundo) y varía la ganancia hasta que se determinan dos niveles de amplitudes:

- HR = Alto Índice de ocurrencia, cuantifica el choque de carpeta (aprox. 1000 choques por segundo)
- LR = Bajo Índice de ocurrencia, cuantifica los Impulsos de choque fuertes (aprox. 40 choques por segundo)

LR y HR son valores "en bruto", medidos en dBsv (valor de choque en decibelios)

Datos de entrada

El método LR/HR requiere datos más precisos sobre el rodamiento, porque la geometría del rodamiento, así como el tamaño y la velocidad, afecta al valor de carpeta y por tanto al análisis de la condición de la película de lubricante en rodamientos no dañados. Se necesitan las rpm, así como una definición del tipo y tamaño del rodamiento. Lo mejor es introducir el número ISO del rodamiento, ya que lo vincula con el catálogo de rodamientos en Condmaster.

Evaluación

Después de medir Leonova nos da:

- una descripción general de la condición del rodamiento (CODE)
- un valor para la condición de la película de lubricante (LUB)
- un valor para el daño de superficie (COND)

Un LUB de 0 significa funcionamiento en seco, el valor aumenta con el espesor de la película de lubricante. Un COND alrededor

de 30 indica desgaste en la superficie o daño temprano, el valor aumenta con la severidad del daño. La evaluación general es:

- CODE A Rodamiento bueno
- CODE B Lubricación pobre
- CODE C Rodamiento seco, riesgo de daño
- CODE D Daño

Una parte del programa, LUBMASTER, utiliza los valores de choque junto con los datos de tipo de lubricante, viscosidad, carga y temperatura de trabajo para calcular la expectativa de vida del rodamiento bajo las condiciones actuales. También calcula el efecto del cambio de tipo de lubricante y viscosidad.

Calibración

La precisión del método LR/HR aumenta con un factor de calibración (COMP) utilizado en caso de rodamientos con carga mínima y puntos de medición de poca calidad (en ambos casos la fuerza de la señal está por debajo de lo normal). En base a los datos del catálogo de rodamientos y las propiedades del lubricante, Leonova calcula el nivel de choque normal para un rodamiento y lo compensa para una señal anormalmente baja antes de dar el resultado de medición.

Datos técnicos

Rango de medición	-9 a 99 dBsv
Resolución	1 dBsv
Precisión	± 1 dBsv
Tipos de transductor	SPM 40000/42000, transductor con sonda y transductor con conector rápido para adaptadores
Datos de entrada	rpm, diámetro del eje (o número ISO del rodamiento)
Salida	LR y HR (valores de choque en bruto) CODE A a D evaluado verde – amarillo – rojo LUB para la condición de la película de lubricante COND para la condición de la superficie

Números de pedido

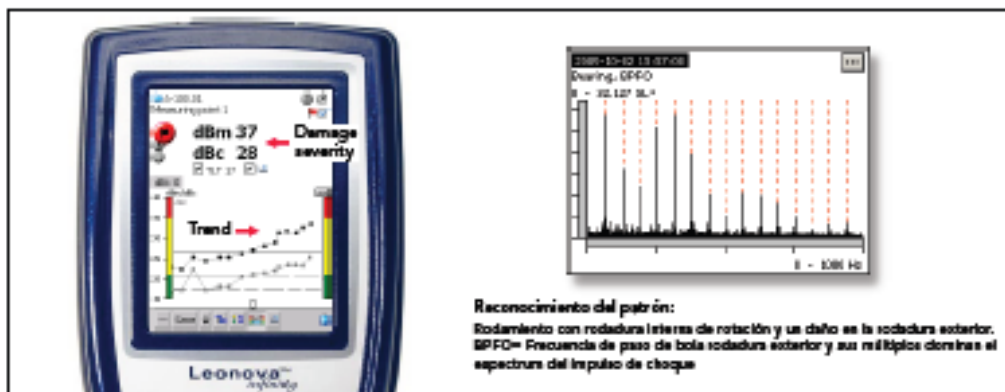
LEO131 Método de impulsos de choque LR/HR, uso ilimitado
LEO231 Método de impulsos de choque LR/HR, uso limitado



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-02. TD-214 E

Leonova™ Infinity – Espectro SPM



Reconocimiento del patrón:

Rodamiento con rodadura interna de rotación y un daño en la rodadura exterior. SPM® Frecuencia de paso de bola rodadura exterior y sus múltiplos dentro el espectro del impulso de choque

El propósito de "Espectro SPM" es verificar la fuente de las lecturas de los impulsos de choque altos. Los choques generados por los rodamientos dañados típicamente tendrán un patrón de ocurrencia que coincide con la frecuencia de paso de bola sobre la pista de rodadura. Los choques de engranajes dañados, por ejemplo, tienen patrones diferentes, mientras que los choques aleatorios de fuentes de perturbación no los tienen.

Señal y medición

La frecuencia de resonancia del transductor de impulsos de choque SPM, calibrado a 32 kHz, constituye el mejor portador de onda para transitorias causadas por choque. La salida de este transductor es el mismo tipo de la señal remodulada producida por la "envolvente", con esta importante diferencia: tanto la frecuencia como la respuesta de amplitud del transductor SPM están afinados exactamente, por lo tanto no es necesario encontrar resonancia inerte y cambios en la máquina para conseguir una señal.

Leonova primero mide la amplitud del choque mediante una medición del impulso de choque con el método dBm/dBc o LV/HR. El resultado es el dato de la condición del rodamiento, evaluado en verde – amarillo – rojo.

La segunda medición produce un registro de tiempo que está sujeto a una Transformada Rápida de Fourier (FFT). El espectro resultante se utiliza para el reconocimiento del patrón. La amplitud de la línea del espectro está influenciada por muchos factores para ser un indicador fiable de la condición, ya que toda la evaluación de la condición está basada en los valores dBm o HR.

Una unidad para la amplitud en el Espectro SPM es Sd (Unidad de distribución de choque), donde cada espectro está en escala al valor total de RMS de todas las líneas del espectro = 100 Sd = el valor RMS en el registro de tiempo. La alternativa es S1 (unidad de nivel de choque), el valor RMS de la frecuencia del componente en decibelios. Los niveles de alarma se ajustan manualmente para cada síntoma para ver los resultados evaluados en verde – amarillo – rojo. Se pueden producir varios tipos de espectro. Los ajustes recomendados son un espectro con una resolución de al menos 0,25 Hz, ejem. 3200 líneas en 500 Hz, salvando sólo los picos.

Datos de entrada

Reconocer el patrón demanda datos precisos sobre el roda-

miento y medición exacta de las rpm. Las rpm deberían medirse, no introducirse. Los factores que definen la frecuencia del rodamiento se obtienen del catálogo de rodamiento en Condmaster introduciendo el número ISO del rodamiento.

Evaluación

Los patrones de frecuencia de los rodamientos están en Condmaster. Relacionando el grupo de síntomas "Rodamiento" al punto de medición nos permite resaltar un patrón de rodamientos haciendo clic en el nombre. Se pueden añadir otros síntomas cuando lo crea apropiado, por ejemplo para los patrones de engranajes. Encontrar una coincidencia clara del síntoma en el espectro de un rodamiento es una prueba de que la señal medida es originada por el rodamiento.

Datos técnicos

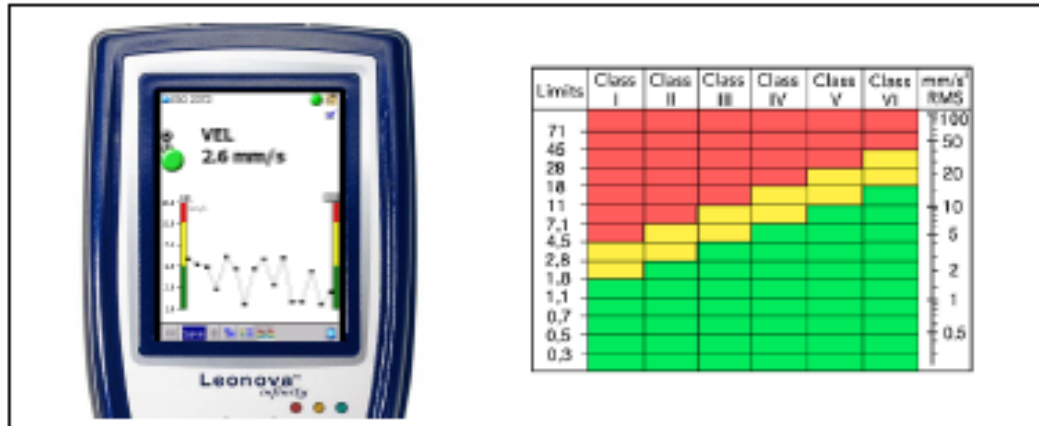
Rango de frecuencia	0 a 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 y 20000 Hz
Número de espectro por línea	400, 800, 1600, 3200, 6400
Ventana de medición	rectangular, Hanning, Hamming, Flat top
Tipos de espectros a mostrar	línea, potencial
Medias	sincronía tiempo, FFT línea, FFT pico mantenido
Unidades de frecuencia	Hz, CPM
Opciones de copia del espectro	pantalla completa, sólo picos
Unidad de escala de amplitud	S _d (Distribución de choque), S ₁ (nivel de choque)
Escala	lineal o logarítmica eje X e Y
Zoom	FFT real, visual
Reconocimiento del patrón	Frecuencias de rodamiento y patrones resaltados en el espectro opcional. Configuración automática de los síntomas de rodamiento relacionados con el número ISO del rodamiento.
Tipo de transductor	Transductor de impulso de choque con sonda y conector rápido, transductores SPM 40000/42000
Como opción, el rango de frecuencia se puede aumentar a 40000 Hz, el número de líneas de espectro es de 12800	
Números de pedido	
LEO132	SPM Espectro, uso limitado
LEO232	SPM Espectro, uso limitado
LEO139	12800 líneas, 40 kHz, opción

SPM

SPM Instrument AB • Box 304 • SE-645 25 Stillingåsa • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2007-01, TD-218 G

Leonova™ Infinity – Vibración ISO 2372



La medición de la vibración en banda ancha es el método más ampliamente utilizado y más rentable para el diagnóstico de la condición general de la máquina. Hay dos recomendaciones ISO relativas a este tipo de monitoreo de la condición de la máquina, la más utilizada ISO2372 y la más reciente ISO 10816, que está sustituyendo a la norma anterior.

En Leonova, la medición de la vibración de acuerdo ISO 2372 es una función de la plataforma, siempre está incluida para uso ilimitado.

Las características son:

- La condición de la máquina está diagnosticada en base a las mediciones en banda ancha que nos da el valor RMS de la velocidad de la vibración en el rango de frecuencia de 10 a 1000 Hz. Se llama severidad de la vibración.
- Las máquinas están agrupadas en seis clases de máquina.
- Se establece una tabla de valores límite para cada clase de vibración, diferenciando entre vibración aceptable (rango verde), vibración no satisfactoria (rango amarillo), y vibración que causará daño a menos que se reduzca (rango rojo).

- Las mediciones se realizan en tres direcciones (horizontal, vertical, axial). El valor más alto determina la condición de la máquina.
- Los valores límite por defecto para el paso de verde a amarillo, y de amarillo a rojo, se establecen automáticamente cuando se introduce una de las seis clases de máquina junto a los datos del punto de medición.

ISO 10816 se ofrece como opción, ver TD219.

Datos técnicos

Cantidades medidas	Velocidad, valor RMS en mm/s de 10 a 1000 Hz
Tipo de transductor	Transductor de vibración SLD144 o transductores con salida de voltaje del tipo IEPE* (ICP)

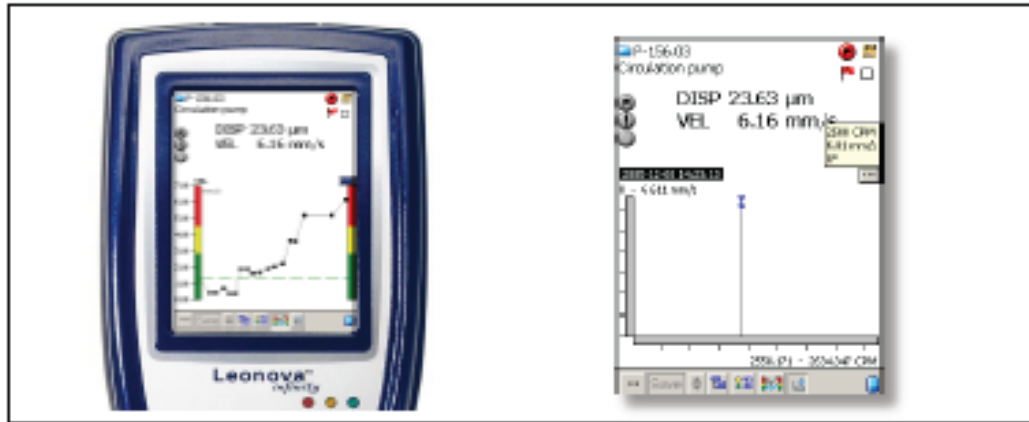
* Integral Electronic PiezoElectric



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-01. TD-225 E

Leonova™Infinity – Vibración ISO 10816 con espectro



La medición de la vibración en banda ancha es el método más ampliamente utilizado y más rentable para el diagnóstico de la condición general de la máquina.

Hay dos recomendaciones ISO relativas a este tipo de monitoreo de la condición de la máquina, la más utilizada ISO 2372 y la más reciente ISO 10816, que está sustituyendo a la norma anterior.

En Leonova, la medición de la vibración de acuerdo ISO 2372 es una función de la plataforma, siempre está incluida para uso ilimitado (TD255).

ISO 10816 es una opción con los números de pedido LEO133 (uso ilimitado) y LEO233 (uso limitado).

Características de ISO 10816:

- Las mediciones se realizan en tres direcciones (horizontal, vertical y axial).
- La condición de la máquina se diagnostica generalmente en base a las mediciones de la vibración en banda ancha dando un valor RMS. La ISO 10816 mantiene el rango inferior de frecuencia entre 2 y 10 Hz, dependiendo del tipo de máquina. El rango superior es 1000 Hz.
- ISO 10816 opera con el término magnitud de la vibración, dependiendo del tipo de máquina, puede ser un valor RMS de la velocidad de vibración, aceleración o desplazamiento. Si se miden dos o más de estos parámetros, la severidad de la vibración es la que nos da el valor RMS más alto. Para ciertas máquinas, ISO 10816 también reconoce los valores pico a pico como criterio de la condición.

- La norma consiste en varias partes, cada una trata un cierto tipo de máquinas, con las tablas de los valores límite diferenciando entre vibración aceptable (rango verde), vibración no satisfactoria (rango amarillo), y vibración que puede causar daño a menos que se reduzca (rango rojo).

En Leonova, la parte ISO, el grupo de máquinas y el tipo de fundación se introducen utilizando una guía de opciones que nos muestra las diversas definiciones ISO y nos lleva a los valores límites.

Sobrepasando los requerimientos de la norma ISO, Leonova también nos da un espectro de 1600 líneas.

Datos técnicos

Cantidades de medición	Velocidad, aceleración, y desplazamiento, valores RMS por encima de 2 ó 10 Hz hasta 1000 Hz, pico a pico
Espectro	Lineal, 1600 líneas, ventana Hanning
Unidad de espectro	Velocidad, mm/s o pulg/s
Tipo de transductor	Transductor de vibración SLD144 o tipo IEPE* (ICP) con salida de voltaje

* Integral Electronic PiezoElectric

Números de pedido

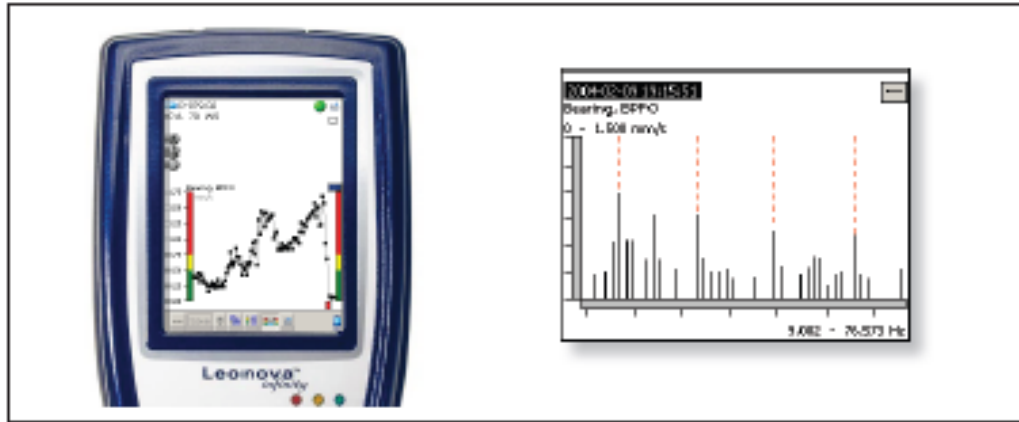
LEO133	Vibración ISO 10816 con espectro, uso ilimitado
LEO233	Vibración ISO 10816 con espectro, uso limitado



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 200703, TD-219 C

Leonova™Infinity – Espectro FFT con síntomas



Espectro FFT con Síntomas es una función del análisis de la vibración que se ofrece con Leonova, tanto para uso limitado como ilimitado. Es una forma reducida de EVAM (Método de Análisis Evaluado de la Vibración), faltando la evaluación estadística por medio del criterio y la posibilidad de mostrar y salvar la señal en el tiempo (opcional).

Esta función genera tres ajustes de los datos de la condición de la máquina:

- Parámetros de la condición, que son valores medidos y calculados que describen varios aspectos de la vibración de la máquina.
- El espectro de la vibración donde se encuentran los patrones de las líneas relevantes, resaltadas y evaluadas con la ayuda de los síntomas de fallos incluidos.
- La tendencia de los valores de los síntomas. Los niveles de alarma se ajustan manualmente para la evaluación en verde-amarillo-rojo.

Para cada punto de medición, el usuario puede realizar una selección manual y definir el tipo de datos que mejor se adapta a la supervisión de una máquina individual.

Parámetros de condición

Los parámetros de la condición tienen que medirse para un rango de frecuencia seleccionado. Puede activarse individualmente y mostrarse en la tabla de resultados de medición. Los disponibles son:

VEL	valor RMS para la velocidad de la vibración
ACC	valor RMS para la aceleración de la vibración
DISP	valor RMS para el desplazamiento de la vibración
CREST	valor Crest, diferencia entre picos y RMS
KURT	Kurtosis, cantidad de transitorias en la señal de vibración
SKEW	Skewness, la asimetría de la señal de vibración
NL1-4	Nivel de ruido en los cuatro cuartos del rango de frecuencia

Los valores pico y pico-a-pico se muestran en la unidad seleccionada para la señal en el tiempo.

Análisis del Espectro con 'síntomas'

Para el reconocimiento fácil del patrón en el espectro, se descarga desde Condmaster un rango del 'síntoma de fallo' ya hecho. Estas son las instrucciones para resaltar un patrón de líneas del espectro y mostrar la suma de los valores RMS de las líneas como un parámetro del síntoma (que se puede ver la tendencia).

La mayoría de los síntomas se configuran automáticamente utilizando la rpm como una variable, para algunos se necesita introducir algo, ejem. el número de vanos de un rotor.

Un grupo de síntomas especial son los síntomas de rodamientos (mostrados como e.g. frecuencia de paso de bolas sobre la rodadura interior y exterior) para los que el catálogo de rodamientos de Condmaster tiene todos los datos necesarios.

Los grupos de síntomas y los grupos de síntomas adecuados se seleccionan desde un menú en Condmaster cuando se ajusta el punto de medición.

Datos técnicos

Límite de frecuencia, inferior	0.5, 2, 10 ó 100 Hz
Límite de frecuencia, superior	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 Hz
Filtro de paso de la envolvente sup	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 Hz
Ventana de medición	Rectángulo, Hanning, Hamming, Flat Top
Medias	síncrona del tiempo, FFT lineal, FFT exponencial, FFT pico fijo
Líneas de espectro	400, 800, 1600, 3200, 6400
Unidades de frecuencia	Hz, CPM, ordenes
Opciones de salvado	solo picos, espectro total
Tipos de espectro mostrado	lineal, potencial, PSD
Zoom	zoom visual
Tipos de transductor	Transductor de vibración SLD144 o transductor tipo IEPE (ICP) con salida de voltaje

Como opción, el rango de frecuencia se puede extender a 40000Hz /12800 líneas de espectro y posibilidad de salvar la señal en el tiempo.

Números de pedido

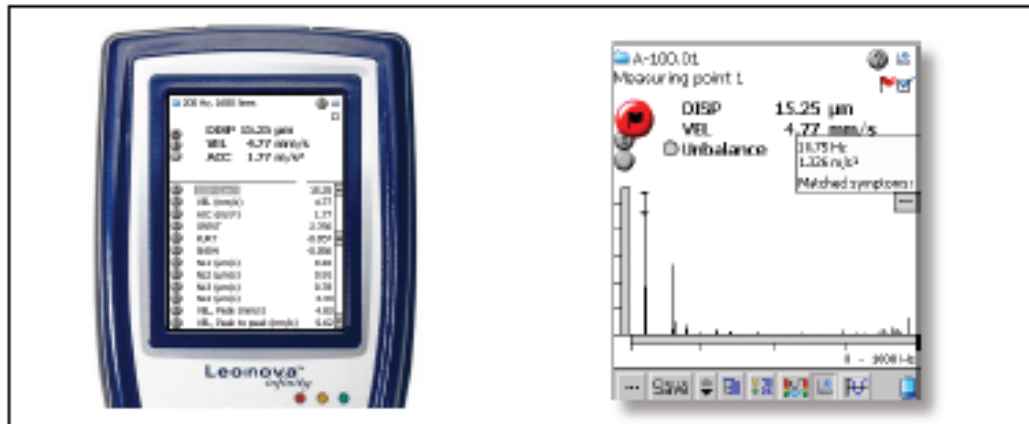
LEO134	FFT con síntomas, uso ilimitado
LEO234	FFT con síntomas, uso limitado
LEO130	12800 líneas, 40 kHz, opción
LEO164	Señal en el tiempo, opción a FFT con síntomas



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Siringåsa • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2009-11. TD-220 E

Leonova™Infinity – EVAM análisis evaluado de la vibración



Leonova Infinity – EVAM análisis evaluado de la vibración EVAM equivale a Método del Análisis Evaluado de la Vibración. Con Leonova, el método EVAM se ofrece como función de análisis con uso limitado o ilimitado.

El método EVAM genera tres ajustes de los datos de la condición de la máquina:

- Parámetros de la condición, que son valores medidos y calculados que describen varios aspectos de la vibración de la máquina.
- El espectro de la vibración donde se encuentran los patrones de las líneas relevantes, resaltadas y evaluadas con la ayuda de los síntomas de fallos incluidos
- La tendencia de los valores de los síntomas. Los niveles de alarma se ajustan manualmente para la evaluación en verde-amarillo-rojo.

Para cada punto de medición, el usuario puede realizar una selección manual y definir el tipo de datos que mejor se adapta a la supervisión de una máquina individual.

Parámetros de condición

Los parámetros de la condición tienen que medirse para un rango de frecuencia seleccionado. Puede activarse individualmente y mostrarse en la tabla de resultados de medición. Los disponibles son:

VEL	valor RMS para la velocidad de la vibración
ACC	valor RMS para la aceleración de la vibración
DISP	valor RMS para el desplazamiento de la vibración
CREST	valor Crest, diferencia entre picos y RMS
KURT	Kurtosis, cantidad de transitorias en la señal de vibración
SKEW	Skewness, la asimetría de la señal de vibración
NLI-4	Nivel de ruido en los cuatro cuartos del rango de frecuencia

Los valores pico y pico-a-pico se muestran en la unidad seleccionada para la señal en el tiempo.

Análisis del Espectro con 'síntomas'

Para el reconocimiento fácil del patrón en el espectro, se descarga desde Condmaster un rango del 'síntoma de fallo' ya hecho. Estas son las instrucciones para resaltar un patrón de líneas del espectro y mostrar la suma de los valores RMS de las líneas como un parámetro del síntoma (que se puede hacer la tendencia). La mayoría de los síntomas se configuran automáticamente utilizando la rpm como una variable, para algunas se necesita introducir algo, ejem. el número de vanos de un rotor. Los grupos de síntomas y los grupos de síntomas adecuados se seleccionan desde un menú en Condmaster cuando se ajusta el punto de medición.

Códigos de la condición específica de las máquinas

En Condmaster, se pueden ajustar los límites de alarma en todos los parámetros activos. Una vez que se recogen los resultados de medición, se puede crear un 'criterio' EVAM que compara los nuevos valores de los parámetros con el valor medio estadístico y muestra un valor de la condición sin dimensión contra una escala verde-amarillo-rojo.

Datos técnicos

Límite de frecuencia, inferior	0,5, 2, 10 ó 100 Hz
Límite de frecuencia, superior	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 20000 Hz
Filtro de paso de la envolvente sup	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 Hz
Ventana de medición	Rectángulo, Hanning, Hamming, Flat Top
Medias	síncrona del tiempo, FFT lineal, FFT exponencial, FFT pico fijo
Líneas de espectro	400, 800, 1600, 3200, 6400
Unidades de frecuencia	Hz, CPM, ordenes
Opciones de salvado	solo picos, espectro total, señal en el tiempo
Tipos de espectro mostrado	lineal, potencial, PSD
Zoom	verdadero zoom FFT, zoom visual
Tipos de transductor	Transductor de vibración SLD144 o transductor tipo IEPE (ICP) con salida de voltaje

Como opción, el rango de frecuencia se puede extender a 40000Hz /12800 líneas de espectro.

Números de pedido

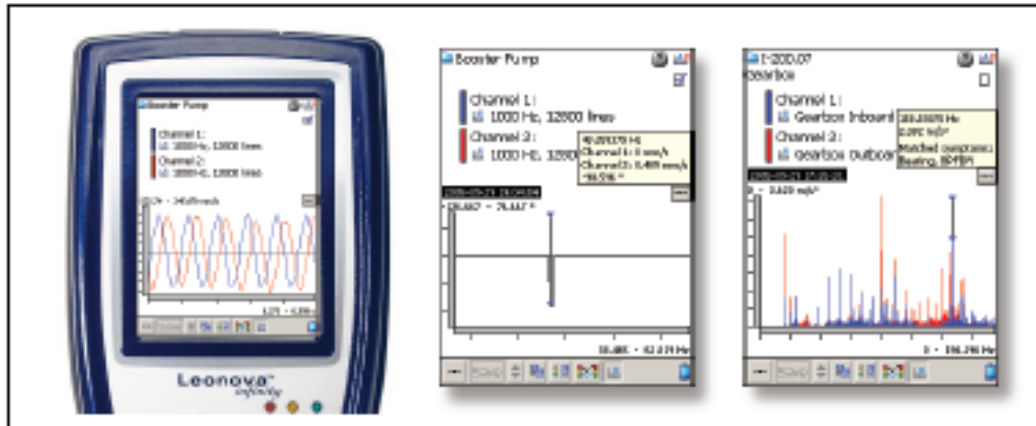
LEO135	EVAM análisis evaluado de la vibración, uso ilimitado
LEO235	EVAM análisis evaluado de la vibración, uso limitado
LEO139	12800 líneas, 40 kHz, opción



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-03. TD-221 G

Leonova™ Infinity - 2 canales simultáneos de monitoreo de la vibración



Dos canales simultáneos de monitoreo de la vibración es una función de Leonova para uso limitado (LEO236) o ilimitado (LEO136). Requiere que tenga activo la técnica de medición 'FFT con síntomas' o la función 'EVAM'. La función 'FFT con síntomas' requiere la opción 'Señal en el tiempo' (LEO164) para la posibilidad de mostrar y salvar la señal en el tiempo.

Este tipo de mediciones permite al usuario estudiar los movimientos de la máquina en dos dimensiones observando la diferencia de los ángulos de fase medidos en dos canales.

La medición requiere el ajuste de dos tareas de vibración con idénticos parámetros. El cable de 2 canales de medición CAB51 se utiliza para conectar ambos transductores a la entrada de vibración de Leonova. El procedimiento es el mismo que el que corresponde a la medición con un solo transductor.

Después de la medición, Leonova nos muestra los valores RMS para DISP, VEL y ACC en ambos canales. Hay tres gráficos disponibles para cada medición:

- Espectro
- Espectro de fase
- Señal en el tiempo (opción para FFT con síntomas)

En el espectro y la señal en el tiempo, los canales se sobrepone en rojo y azul

Datos técnicos

Límite de frecuencia, inferior	0.5, 2, 10 ó 100 Hz
Límite de frecuencia, superior	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 20000 Hz
Filtro de paso de la envolvente sup	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 Hz
Ventana de medición	Rectángulo, Hanning, Hamming, Flat Top
Medias	síncrona en el tiempo, FFT lineal, FFT exponencial, FFT pico mantenido
Líneas de espectro	400, 800, 1600, 3200, 6400
Opciones de salvado para espectro	solo picos, espectro total, señal en el tiempo
Tipos de espectro mostrado	lineal, potencial, PSD
Zoom	verdadero zoom FFT, zoom visual
Tipos de transductor	Transductor de vibración SLD144 o transductor tipo IEPE (ICP) con salida de voltaje

Como opción, el rango de frecuencia se puede extender a 40 kHz, el número de líneas de espectro 12800.

Números de pedido

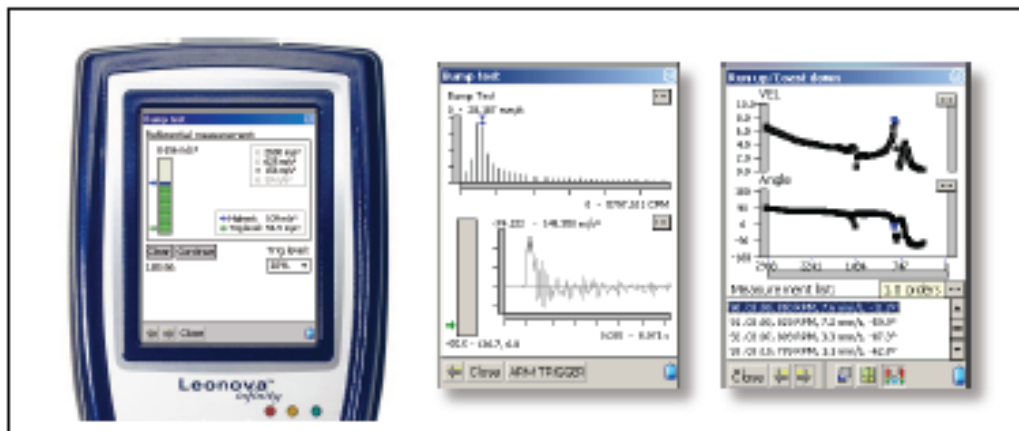
LEO136	2 canales de monitoreo de vibración, uso limitado
LEO236	2 canales de monitoreo de vibración, uso ilimitado
LEO139	opción 12800 líneas, 40 kHz
LEO164	Señal en el tiempo, opción a FFT con síntomas
CAB51	Cable 2 canales de vibración, Lemo



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-03. TD-232 G

Leonova™ Infinity – Arranque/Punto muerto y Prueba de impacto



La medición en Arranque/Punto muerto y la prueba de Impacto son dos funciones del análisis de la vibración ofrecidas con Leonova Infinity, tanto para uso ilimitado como limitado. La prueba de Impacto se utiliza para comprobar la típica respuesta de vibración de la estructura de la máquina en parada, golpeándola con un martillo neumático (prueba de Impacto). Arranque/Punto muerto registra los cambios en la vibración mientras la máquina está arrancando o después de que se ha apagado y está parándose. Ambas funciones se seleccionan de menú de una tarea ordinaria de medición de la vibración.

Arranque/Punto muerto

Para esta prueba, se pueden seleccionar tanto la unidad de señal como la unidad de pantalla para el espectro. Leonova Infinity utiliza la Integración digital y analógica, por tanto la unidad se puede ajustar independientemente del tipo de transductor utilizado.

El intervalo de medición puede ser basado en el tiempo (Intervalo en segundos) o basado en la velocidad (Intervalo en rpm). El rango de velocidad también se elige, e.g. 400 a 3000 rpm.

El primer resultado es una lista de mediciones numeradas, que muestra los valores de las rpm y la vibración RMS. Se muestra la fecha y la hora de la primera medición.

Para cada medición individual se puede traer un espectro. Otra lista y diagrama muestra los ángulos de fase y los grados. Finalmente, el usuario puede evocar los diagramas de la amplitud de vibración y el ángulo, mostrando todas las mediciones en la secuencia de tiempo. En todos los diagramas, un punto azul muestra la posición de la medición marcada en la lista.

Prueba de Impacto

El usuario ajusta el rango de medición en Hz, lo que automáticamente ajusta el tiempo de muestreo, e.g. 0,20 segundos para 2000 Hz/400 líneas. También se elige un tiempo pre-aviso, 5% a 25% del tiempo de muestreo.

El nivel de ganancia se ajusta golpeando el cuadro de la máquina con fuerzas variantes. Se muestra la amplitud de pico de la señal de medición (velocidad en mm/s) y el nivel de aviso se puede ajustar del 1% al 90% de la amplitud.

La prueba real nos da un espectro FFT y una señal en el tiempo (tiempo de muestreo además del tiempo de preaviso).

Datos técnicos

Arranque/Punto muerto

Límite de frecuencia, inferior	0,5, 2, 10 ó 100 Hz
Límite de frecuencia, superior	1 a 9999 octavas
Intervalo de medición	basado en la velocidad o en el tiempo
Ventana de medición	Rectángulo, Hanning, Hamming, Flat Top
Líneas de espectro	400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800
Tipos de espectro mostrado	lineal

Prueba de Impacto

Límite de frecuencia, inferior	2 Hz
Límite de frecuencia, superior	100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 20000 Hz
Líneas de espectro	400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800
Tipos de espectro mostrado	lineal
Tiempo de preaviso	5%, 10%, 20%, 25% del tiempo de muestreo
Tipos de transductor	Transductor de vibración SLD144 o transductor tipo IEPE* (ICP) con salida de voltaje

* Integral Electronic: PiezoElectric

Números de pedido

LEO137	Arranque/Punto muerto y prueba de impacto, uso ilimitado
LEO237	Arranque/Punto muerto y prueba de impacto, uso limitado



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-03. TD-222 E

Leonova™ Infinity – Análisis Orbital



El Análisis Orbital es una función de medición de la vibración ofrecida con Leonova Infinity, tanto en uso ilimitado (LEO138) como limitado (LEO238). El gráfico orbital resultante nos muestra el movimiento de la línea central del eje y se utiliza para detectar fallos como fricción, desequilibrio, desalineamiento o whip de aceite en máquinas con rodamientos journal.

Las mediciones se realizan normalmente en las salidas de los amortiguadores del sistema de protección de la máquina vía la Interfaz Orbital 15315. La interfaz se conecta a las entradas de vibración y tacómetro de Leonova. Las entradas de señal, canal X, canal Y y tacómetro están conectadas vía conectores BNC.

Las mediciones también se pueden realizar con acelerómetros para conseguir un gráfico de dos dimensiones de la máquina en movimiento. Se requiere dos transductores situados a un ángulo de 90° uno del otro, además de una señal de disparo desde la sonda tacómetro.

Los ajustes incluyen el tipo de transductor, la unidad de señal y el tipo de filtro, tanto el paso banda (por defecto) o el paso bajo. Las órdenes se ajustan a 1 por defecto, pero el usuario puede seleccionar de 1 a 5 órdenes. El número de parámetro revoluciones, max 25, especifica el número de las revoluciones del eje a recoger y mostrar en el gráfico orbital.

Durante las mediciones, la ventana de resultados muestra el desplazamiento en la dirección x e y por revolución. Cuando la medición se completa, se muestra la media del número de revoluciones medidas.

El gráfico orbital muestra una superposición de los gráficos de cada revolución medida además de la media. El usuario puede seleccionar cada revolución individual así como la media de todas las revoluciones.

El gráfico seleccionado se marca en azul, con un flecha azul que muestra el ángulo y los valores x/y en ese ángulo. El usuario puede mover la flecha en la pantalla mediante el puntero y mantenerla en el gráfico orbital.

Cuando la tarea orbital se ajusta en Condmaster, los límites de alarma se pueden ajustar en los ejes X e Y, dando como resultado una medición evaluada (escala verde-amarillo-rojo)

Datos técnicos

Ordenes:	1 a 5, por defecto 1
Tipo de filtro	Ninguno, paso banda, paso bajo
Unidad de señal	DISP, VEL, ACC
Trig threshold	Automático
Tiempo de medición	1 a 25 revoluciones
Rango RPM	15 a 20480 rpm
Tipo de transductor	Salidas amortiguadas de sistemas de protección API670 vía Interfaz Orbital 15315, alternativa transductores de vibración SLD144 o transductores tipo IEPE (JCP) con salida de voltaje

Número de pedido

LEO138	Análisis orbital, uso ilimitado
LEO238	Análisis orbital, uso limitado
15315	Interfaz orbital con ajuste de cinturón
15326	Conjunto de cables de medición, 3 x BNC-BNC
CAB10	Cable tacómetro, espiral



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-02. TD-224 E

Leonova™Infinity – Equilibrado



El equilibrado en uno y dos planos son funciones opcionales de Leonova con uso limitado e ilimitado. En caso de uso limitado, los créditos se deducen por cada medición de vibración.

Equilibrado en un plano, 4 tiempos

Este método utiliza una medición sin peso de prueba para determinar la severidad de la vibración (mm/s RMS) del rotor, seguido de tres mediciones con pesos de pruebas a 0°, 120° y 240° para calcular el peso y la posición de la masa de corrección.

Equilibrado en un plano, 2 tiempos

Este método utiliza una medición sin peso de prueba para determinar la severidad de la vibración (mm/s RMS) del rotor, seguido de una medición con un peso de prueba para calcular el peso y posición de la masa de corrección. Esto requiere la medición de la vibración sincronizada en el tiempo (un impulso de disparo generado por una sonda táctmetro SPM o un interruptor de proximidad) para encontrar el ángulo de fase relativo entre dos mediciones de vibración.

Equilibrado en dos planos

El mismo método de dos tiempos utilizado para el equilibrado en un plano, pero con medición de la vibración y peso de corrección en dos planos. Estas mediciones se pueden realizar cambiando el transductor de vibración o conectando dos transductores.

Para todos los métodos, se puede realizar un tiempo final para comprobar los resultados del equilibrado y, si es necesario, recoger los datos para ajustes futuros. Leonova los salvará en un fichero de equilibrado.

Leonova le guía paso a paso a través del procedimiento de equilibrado. Se puede mover la dirección rotacional y cambiar el parámetro medido de velocidad a aceleración o desplazamiento.

Además del valor RSM, se muestra un espectro que ayuda a encontrar la parte de la vibración que se debe al desequilibrio. Para el método de 2 tiempos, el número de pruebas para obtener una media sincrónica del tiempo se ajusta a un min. de 4.

Leonova calcula un número de alternativas para la corrección del desequilibrio:

- **Peso de prueba:** introducir el diámetro del rotor, el peso y las rpm para obtener el peso de prueba adecuado en gramos.
- **Dividir la masa de corrección:** introducir el número de particiones del rotor para distribuir la masa entre dos de ellas.
- **Eliminación del peso:** perforar agujeros de diámetro y profundidad calculados para diferentes materiales
- **Desplazamiento radial:** introducir el cambio en distancia radial para recalcular el peso
- **Grados de longitud:** cambiar de ángulo a longitud medida a lo largo de la circunferencia del rotor
- **Mantener el peso de prueba:** calcular la masa de corrección manteniendo el peso de prueba
- **Sumar los pesos:** sustituir todas las masas de corrección en el rotor por una sola.

Números de pedidos

LEO152	Equilibrado, un plano, uso ilimitado
LEO252	Equilibrado, un plano, uso limitado
LEO153	Equilibrado, dos planos, uso ilimitado
LEO253	Equilibrado, dos planos, uso limitado
LEO154	Equilibrado, uno y dos planos, uso ilimitado
LEO254	Equilibrado, uno y dos planos, uso limitado



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-03. TD-226 G

Leonova™ Infinity – Alineado de ejes



La alineación de ejes es una función opcional de Leonova Infinity para un alineado de ejes rápido y sencillo, con uso limitado o limitado. En caso de uso limitado, los créditos se deducen por cada tarea de alineación. La función es intuitiva y de fácil manejo.

El Conjunto de accesorios LineLazer contiene las unidades detectores/transmisoras, soportes, cadenas, rodillos, cables y una cinta métrica, todo en una maleta de transporte. Este conjunto se ajusta a multitud de aplicaciones, ejem. Compresores, reductores, generadores, y bombas.

Las unidades de detección tienen detectores de posición (PSDs) con un área de recepción vertical amplia que recibe una propagación horizontal del láser, que hace innecesario un ajuste fino. Se pueden introducir valores de compensación para el aumento térmico. Los inclinómetros de precisión integrados miden el ángulo de rotación de las dos unidades detectoras en todos los tiempos. Esto permite la medición en modo totalmente automático, con menos de una media vuelta del eje. Los resultados de la medición se muestran en centésimas de milímetro o milésimas de pulgada.

Leonova es la unidad de control y la pantalla. La interacción entre la pantalla gráfica y el usuario se mantiene tan simple como sea posible. Una pantalla auto-explicativa basada en iconos y gráficos guía al usuario a un alineamiento correcto del eje. Leonova produce un fichero de carga con todos los datos para la impresión.

Programas de medición:

- Alineación de máquinas horizontales (medición automática o entradas manuales)
- Alineación de máquinas verticales y bridas
- Medición de pie flojo
- Compensación para aumento térmico
- Función pies bloqueados
- Entrada de alineación de eje.

Números de pedido

- LEO155 Alineación de ejes, uso limitado
- LEO255 Alineación de ejes, uso limitado

Conjunto de accesorios LineLazer LLA300

- LLB30 1 ud. LineLazer unidad detector (TD-267)
- LLB31 1 ud. LineLazer unidad detector (TD-267)
- LLB11 2 uds. Cadena de extensión, longitud 1000 mm
- LLB12 2 uds. Cadena con adaptador de extensión, longitud 500 mm
- LLB13 Varilla de soporte, 80 mm, set de 4
- LLB14 Varilla de soporte, 150 mm, set de 4
- LLB15 2 uds. Soportes de eje para cadena
- CAB50 1 ud. Cable de comunicación entre LineLazer y Leonova Infinity, longitud 3 m
- CAB75 1 ud. Cable del cargador, longitud 1,5 m
- MAA70 1 ud. Cinta métrica
- TOL21 1 ud Herramienta de apriete para cadenas y varillas
- CAS19 1 ud. Maleta de transporte

Cargador de batería

- 90362 Cargador, 100-240 V AC, 50-60 Hz, Euro plug
- 90379 Cargador, 100-240 V AC, 50-60 Hz, US plug
- 90380 Cargador, 100-240 V AC, 50-60 Hz, UK plug

Opcional

Soportes magnéticos, soportes adicionales 50 mm y soportes adicionales 100 mm bajo pedido

Recambios

- LLB20 Varilla soporte, 80 mm
- LLB21 Varilla soporte, 150 mm



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 22500 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2008-03. TD-227 E

Leonova™ Infinity – Grabación en continuo



La grabación en continuo es una función opcional Leonova con uso ilimitado. Esto permite al usuario medir simultáneamente con hasta tres transductores diferentes y grabar los resultados hasta que se acabe la batería. Por tanto, 'Grabación' es una herramienta de análisis que puede mostrar la interacción de varios parámetros de la condición en el tiempo.

Leonova tiene tres entradas diferentes de conectores, para:

- medición de impulsos de choque
- medición de velocidad y temperatura
- medición de la vibración o analógica

Por tanto, la grabación de impulsos de choque se puede combinar con cualquier de las alternativas dadas en los otros dos puntos.

La función grabación para una cantidad individual, por ejem. temperatura, se puede alcanzar y ajustar desde el fichero por defecto grabado en la respectiva ventana de medición. Para grabar diferentes cantidades al mismo tiempo, se necesita un fichero de punto de medición donde estén activas todas las diferentes técnicas.

En el ejemplo mostrado arriba el punto de medición está configurado para las técnicas: SPM dBm/dBc con espectro (con tareas automáticas para la medición de velocidad), para medición de la vibración ISO 2372 y para la medición de la vibración EVAM.

Bajo 'Total' en la ventana de grabación, se introduce el número deseado de mediciones, alternativamente el tiempo total de grabación en minutos.

Bajo 'Tiempo entre mediciones' el intervalo se introduce en minutos. 0 minutos significa 'tan rápido como sea posible'.

La secuencia de medición se ajusta abriendo la lista de técnicas de medición disponibles con NUEVO (A) y seleccionando las técnicas en cualquier orden. Una técnica se puede utilizar más de una vez en la secuencia.

La grabación comienza con la tecla 'Medición' y se puede terminar con la tecla 'Cancelar' (B)

Leonova muestra el número de mediciones tomadas y se apaga cuando todas están grabadas. El lote es salvado por el usuario y lo puede transferir a Condmaster.

Número de pedido

LE0160 Función grabación, uso ilimitado



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 23 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 225 00 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. © Copyright SPM 2007-03. TD-228 G

Leonova™Infinity – Servicio



El programa de Servicio Leonova.exe es parte de las funciones básicas de Leonova Infinity. Se utiliza para:

- Imprimir informes sobre equilibrado
- Cargar créditos y/o funciones desde el fichero 'Leonova.txt'
- Actualizar una versión de Leonova desde un fichero llamado 'P70.exe'
- Mostrar e imprimir un registro de crédito que contiene todas las mediciones para las que se han deducido créditos, hasta 10000.
- Realizar y descargar copias de seguridad de los ficheros de Leonova (ficheros con extensión .lsc)

El funcionamiento del programa de servicio es muy simple: conecte Leonova a un PC, ponga en modo comunicación, luego haga clic en la función de servicio que desea. Siga las instrucciones de pantalla.

Se puede utilizar una copia de seguridad del fichero de medición de Leonova para exportar uno o más puntos de medición y, por ejemplo, enviarlo a SPM para un consejo técnico.

El fichero 'Leonova.txt' puede contener los créditos de medición y/o funciones de Leonova que son nuevas para el instrumento o cambiar de uso limitado a ilimitado. Está codificado para ajustarse al instrumento Leonova en cuestión y se pide a través del distribuidor local de SPM.

Número de pedido

PRO49 Leonova Service Program

Los créditos para una ronda de medición y el estado del tanque se muestra en pantalla en Leonova bajo 'Function and use'. Se puede también ajustar los valores y el intervalo para los avisos de 'tanque bajo'.

La cantidad de créditos deducidos cuando se pulsa 'Medición' depende del método utilizado, ver la tabla. Para equilibrado, los créditos se deducen por cada lectura de vibración. La tabla muestra el mín. requerido.

Funciones con uso limitado	Créditos
Método de Impulsos de cheque dBm/dBc	1
Método de Impulsos de cheque LR/HR	2
SPM Spectrum	2
Vibración ISO 10816 con espectro	1
EVAM análisis de la vibración evaluada/señal en el tiempo	2
FFT con síntomas	2
2 Canales simultáneos de medición de la vibración	4
Análisis Orbital	5
Arranque/Punto muerto	50
Prueba de Impacto	25
Equilibrado 1 plano, 4 tiempos	15
Equilibrado 1 plano, 2 tiempos	42
Equilibrado 2 planos	80
Alineación de ejes	30

SPM



SPM Instrument AB • Box 504 • SE-645 25 Sjödingås • Sweden

Tel +46 152 22900 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.

ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2007-02. TD-329 C

Leonova™ Infinity – Funda de protección 15310



La funda de protección 15310 es un accesorio opcional para el analizador portátil de la condición de la máquina Leonova Infinity. La cubierta, hecha de poliéster acolchado, protege el instrumento contra choques, salpicado y suciedad, IP65. La ventana transparente hace que Leonova sea fácil de usar mediante el teclado y la pantalla táctil. La cubierta tiene enganches para la correa y el puntero.

Especificaciones técnicas

Material	Poliéster acolchado y ventana de película transparente de PVC
Anclajes, sellado	tapa de velero, poliamida
Peso	80 gr.

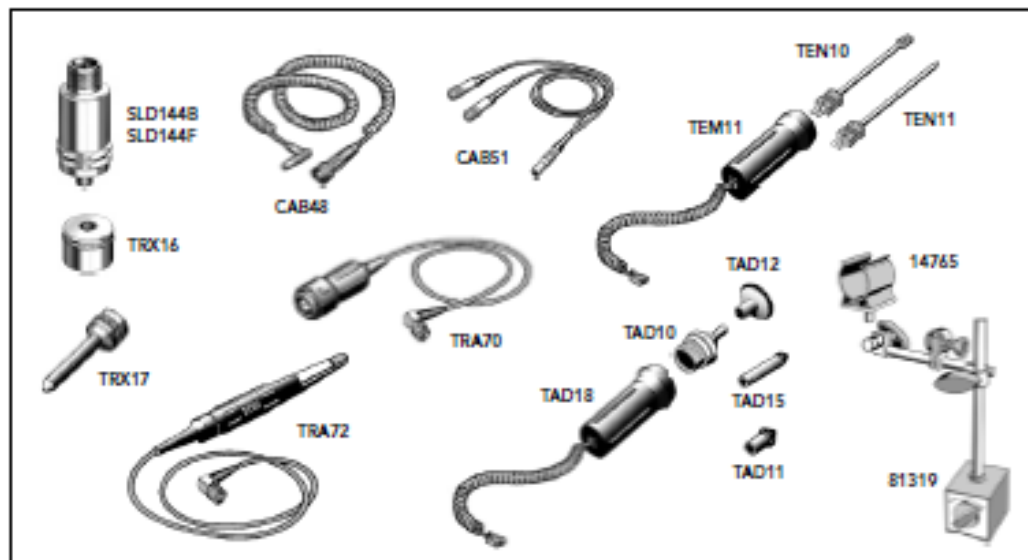
SPM



SPM Instrument AB • Box 504 • S-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 22500 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2007-02. TD-246 E

Leonova™ Infinity – Transductores y cables de medición



Los transductores y los cables de medición para Leonova Infinity se seleccionan de acuerdo al rango de funciones de medición para cada instrumento. Los números de pedido se listan más abajo.

Monitoreo de impulsos de choque

- TRA70 Transductor de impulsos de choque con conector rápido, para utilizar con adaptadores de instalación permanente
- TRA72 Transductor de impulsos de choque con sonda
- CAB-36 Cable de medición, BNC slip-on, 1,5 m.
- EAR10 Auriculares con protectores y cable
- EAR11 Auriculares con protectores y cable para el casco.

Monitoreo de la vibración

- SLD144B Transductor de vibración M8 (2-10000 Hz)
- SLD144F Transductor de vibración UNF 1/4" -28 (2-10000 Hz)
- TRX16 Base magnética para transductor vibración M8
- TRX17 Sonda para transductor vibración M8
- CAB48 Cable medición, espiral, ángulo Lemo-2 pin
- CAB48-L Cable medición, Lemo-2 pin (L=longitud en m)
- CAB51 Cable medición dos canales de vibración, Lemo
- CAB41 Cable comunicación para iLearn

Monitoreo de la temperatura

- TEN10 Punta sonda temperatura, sólidos
- TEN11 Punta sonda temperatura, líquidos.
- TEM11 Sonda temperatura con cable

Monitoreo de corriente y voltaje

- CAB42 Cable para señales analógicas

Monitoreo de la velocidad

- TAD10 Adaptador de contacto para sonda tacómetro
- TAD11 Punta de contacto, rpm, corta
- TAD15 Punta de contacto, rpm, larga
- TAD12 Rueda de contacto, m/min
- TAD13 Rueda de contacto, yardas/min
- TAD17 Rueda de contacto, pies/min
- TAD14 Reflectores, bolsa de 5 pag.
- TAD16 Reflectores para ejes finos, bolsa de 5 pag.
- TAD18 Sonda tacómetro con cable

Equilibrado

- CAB43 Cable para TAD-18, longitud 5 m.
- 81319 Base magnética
- 14765 Soporte para sonda tacómetro TAD18

Repuestos

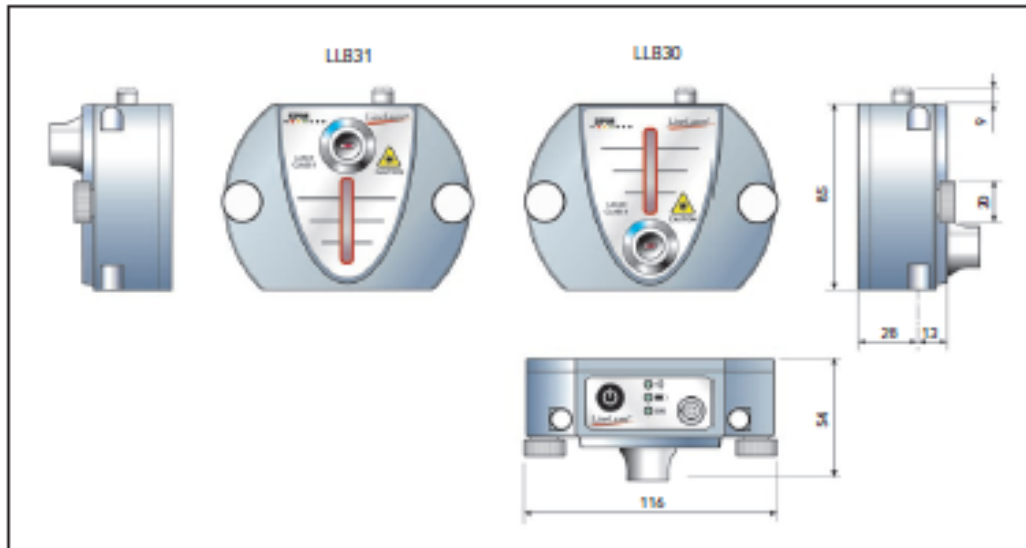
- 13108 Punta de goma para sonda TRA72
- CAB37 Cable para TRA72, 1,5 m
- CAB10 Cable espiral para TAD18, TEM11



SPM Instrument AB • Box 504 • S-645 25 Strängnäs • Sweden
Tel +46 152 22500 • Fax +46 152 15075 • info@spminstrument.se • www.spminstrument.com

Technical data are subject to change without notice.
ISO 9001 certified. ©Copyright SPM 2007-02. TD-247 E

Leonova™ Infinity – LineLazer² detector units



LineLazer² LLB30 and LLB31 are two detector/transmitter units for shaft alignment with the multi-function datalogger Leonova™. The detectors are identical with exception of the position of laser diode and sensor.

Using a horizontally spread laser beam in combination with a 37 mm vertical sensor (PSD) makes fine tuning unnecessary. The laser beam is modulated and thus easily and automatically distinguished from interfering light sources. The laser beam is not mirrored, both units are true detectors/transmitters. The communication between them is wireless, only one of the units is cable connected to Leonova.

The detector units have integrated double axis precision inclinometers which measure the angle of rotation of both detector units at all times. This allows measurement in fully automatic mode, with much less than a half-turn of the shaft. Measurement results are displayed in 100ths of millimetres or 1000ths of an inch.

The control panel on the detector has a power off switch and LED indicators to show correct aim, battery status, and communication mode. The batteries are recharged with the standard Leonova Infinity chargers SPM 90362 (EU), 90379 (US) or 90380 (UK).

Technical specifications

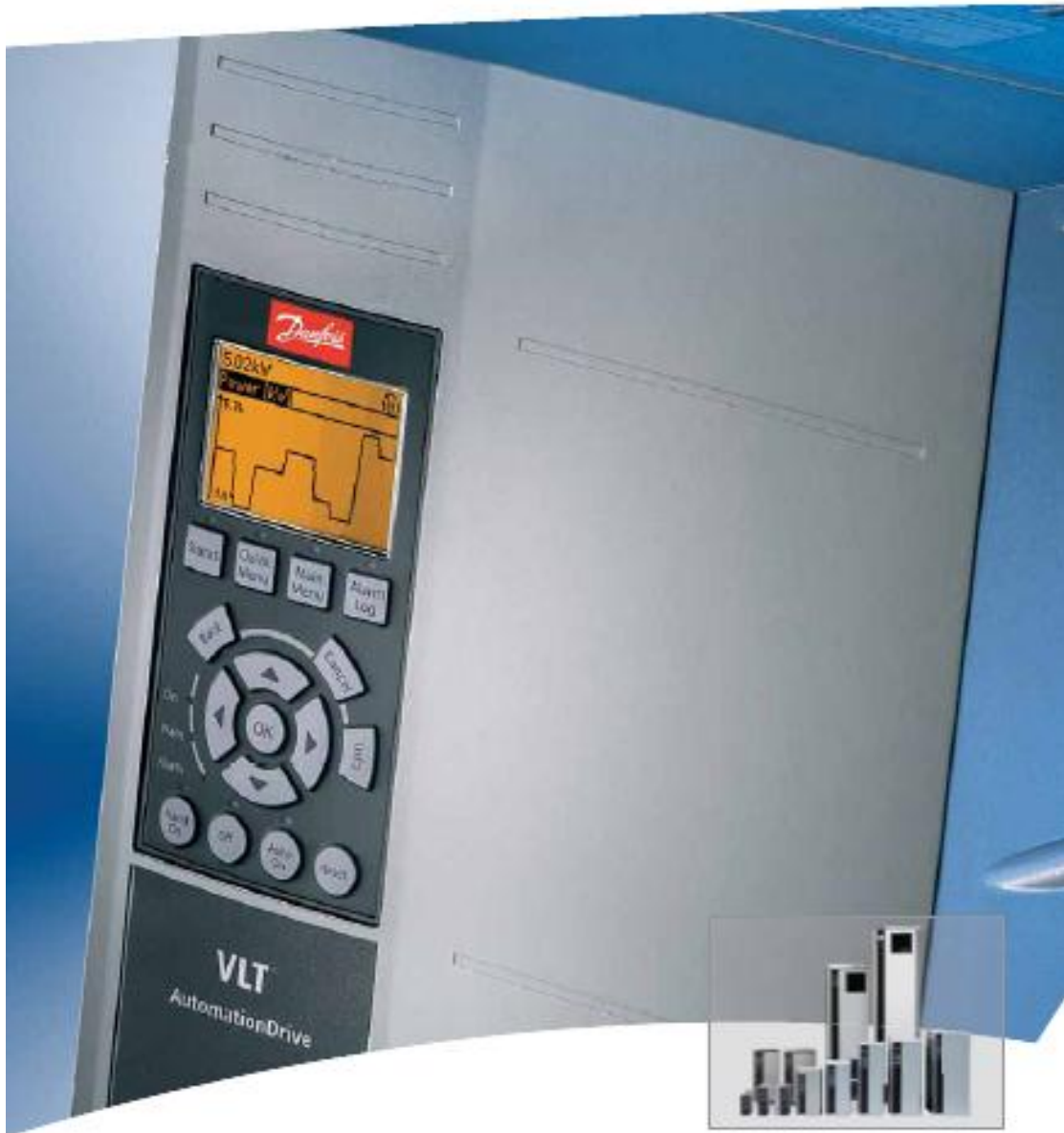
Laser type:	line laser, visible red light
Laser power :	<1 mW
Laser safety class:	Class 2
Laser wavelength:	635 to 657 nm
Laser modulation:	200 kHz
Sensor resolution :	1 µm
Sensor linearity :	< 2% deviation
Sensor size :	37 x 1 mm (1.5 x 0.03 in)
Operating range :	50 to 3000 mm (2 to 120 in)
Inclinometer resolution :	0.5°
Batteries:	NMH rechargeable
Operating time :	> 16 hours normal use
Operating temperature:	0 to +50 °C (32 to 122 °F)
Storage temperature:	-25 to +55 °C (14 to 140 °F), non condensing
Keyboard:	sealed membrane
Control indicators:	LED, red/green
Connector type:	LEMO 5 pins, for communication with Leonova and battery charger
Housing:	aluminium, blue anodized
Protection:	IP65
Dimensions:	116 x 94 x 54 mm (4.6 x 3.7 x 2.1 in)
Weight:	450 g

Patent No.: US7201616, SE 040586-E

Anexo D. Catálogo variador de velocidad.

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE

Danfoss

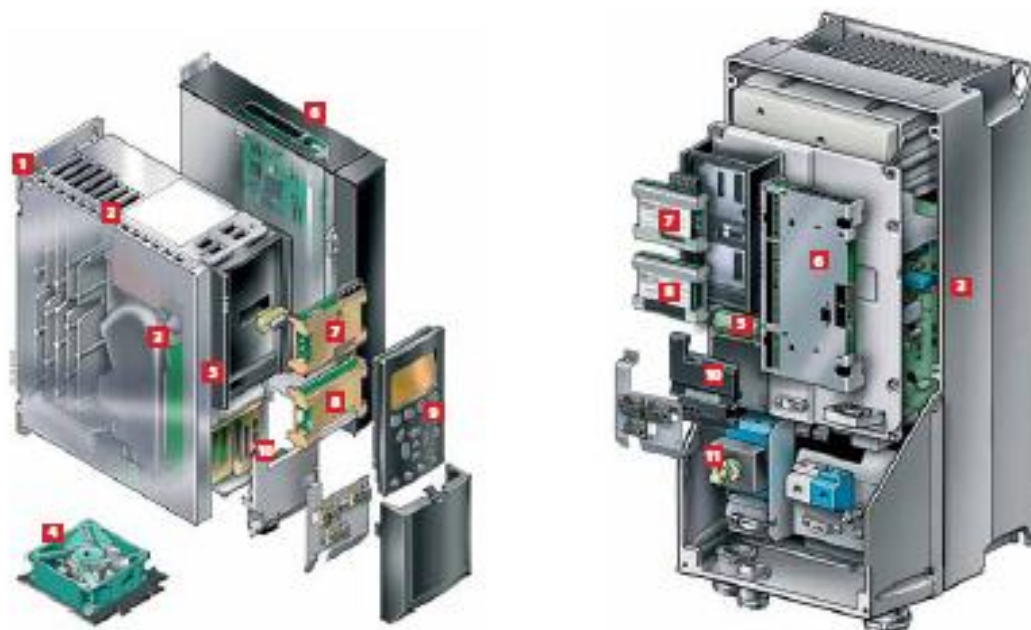


VLT® AutomationDrive
Guía de selección

VLT®
THE REAL DRIVE

El VLT® AutomationDrive FC 300 modular

El VLT® AutomationDrive permite la producción en serie de convertidores altamente personalizables



- 1 Un convertidor de frecuencia – dos niveles de rendimiento**
Utilice la versión FC 301 para sus necesidades estándar y la versión FC 302 para aplicaciones que requieran una mayor funcionalidad y respuesta dinámica.

Protección

La unidad cumple los requisitos para la clase de armarios IP 20/ Chasis IP 21/NEMA 1, IP 55/ NEMA 12, IP 54/NEMA 12 o IP 66 opcionales.

- 2 EMC y efectos de red**
Todas las versiones del VLT® Automation Drive cumplen con las normas sobre límites de EMC A1 y A2, de acuerdo con la norma EN 55011.

Las bobinas CC integradas estándar también garantizan un nivel de armónicos bajo en la red, de acuerdo con la norma EN 61000-3-12, y aumentan la vida útil de los condensadores del circuito intermedio de CC.

- 3 Revestimiento anticorrosivo**
Los componentes electrónicos están, en su versión estándar, revestidos según lo indicado en la norma IEC 60721-3-3, clase 3C2. Para entornos duros y agresivos, está disponible el revestimiento indicado en la norma IEC 60721-3-3, clase 3C3.

- 4 Ventilador desmontable**
Como la mayoría de los elementos, el ventilador puede desmontarse rápidamente para su limpieza y volverse a montar.

- 5 Terminales de control**
Las abrazaderas con muelle de desarrollo especial mejoran la fiabilidad y facilitan un acceso sencillo a la unidad para su inspección y reparación.

- 6 Opción programable**
Opción MCO 305 de programación libre para sincronización, posicionamiento, control CAM, bobinado y otros.

- 7 Opción de bus de campo**
Las opciones de comunicación por bus (Profibus DPV1, Device-Net, CANopen, EtherNet/IP etc.), sincronización, los programas de usuario, etc., se entregan listos para su puesta en funcionamiento.

- 8 Extensiones de E/S**
Hay disponible un conjunto de opciones de E/S (entradas/salidas), montado en fábrica o como actualización:
- E/S de uso general
 - Encoder CI
 - Resolver
 - Opciones de relé
 - ATEX
 - Interfaz de seguridad



Panel de control fácil de usar

1 Display gráfico

- Letras y símbolos internacionales
- Barras y gráficos de display
- Descripción general sencilla
- Pueden seleccionarse 28 idiomas
- Diseño galardonado iF

2 Estructura de menú

- Basado en el conocido sistema de matriz de los convertidores VLT® actuales
- Sencillos accesos rápidos para el usuario experimentado
- Edita y opera en diferentes configuraciones de forma simultánea

3 Otras ventajas

- Puede desmontarse durante su funcionamiento
- Función de carga y descarga
- Clasificación IP 65 si se monta en una puerta de panel
- Hasta 5 variables diferentes visibles al mismo tiempo
- Configuración manual de velocidad/par



4 Iluminación

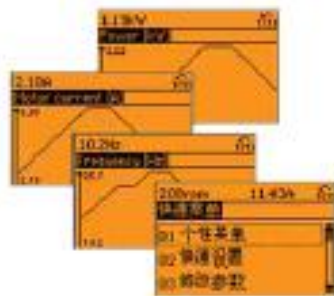
- Los botones relevantes se iluminan cuando están activos
- El resto de dispositivos LED indican el estado del convertidor

5 Menús Rápidos

- Un Menú Rápido definido por Danfoss
- Un Menú Rápido definido por el usuario
- Un Menú de Cambios Realizados enumera los parámetros exclusivos de su aplicación
- Un menú de Configuración de Funciones ofrece un sistema de ajuste rápido y sencillo para aplicaciones específicas
- Un menú de Registro da acceso al historial de operaciones

6 Funciones intuitivas

- Info ("manual de a bordo")
- Cancelar ("deshacer")
- Registro de alarmas (acceso rápido)



Tres opciones de panel: gráfico, sencillo, tipo carga.



Kit de instalación del panel de LCP

Este kit le permitirá montar el LCP en la parte delantera de un alojamiento IP 65.

La serie VLT® AutomationDrive se controla en modo local mediante un panel de control. Se conecta directamente o a través de un cable.



El VLT® AutomationDrive cuenta con un Panel de Control Local galardonado y un sistema de menú bien estructurado que garantiza una rápida puesta en marcha y un funcionamiento sin problemas de todas sus potentes funciones.

El VLT® AutomationDrive puede ponerse en marcha y controlarse a distancia a través de un cable USB o un sistema de comunicación de bus de campo. Tiene a su disposición software especial: Asistidor, herramienta de transferencia de datos, Software de ajuste MCT 10 para VLT® y un sistema para el cambio de idioma.



Software de programación MCT 10 VLT®

El software de configuración controla fácilmente los detalles, así como una visión general de los convertidores de frecuencia, ya sean grandes o pequeños. Esta herramienta procesa todos los datos relacionados con los convertidores de frecuencia.

Interfaz similar al Explorer

El Software MCT 10 incluye una interfaz con un diseño y funcionamiento similar al Explorer, para facilitar tanto su uso como el aprendizaje de las funciones.

Organización del mantenimiento más eficaz

- Ámbito y registro: analizar los problemas con facilidad
- Lectura de alarmas, advertencias y registro de fallos de un vistazo
- Comparar proyecto guardado con convertidor de frecuencia online

Puesta en marcha más eficiente

- Puesta en marcha sin conexión, desde otro lugar
- Guardar/transmitir/enviar proyectos a cualquier lugar
- Fácil manejo del bus de campo, varios convertidores de frecuencia en el archivo de proyecto. Permite una mayor eficiencia de la organización del mantenimiento

Básico

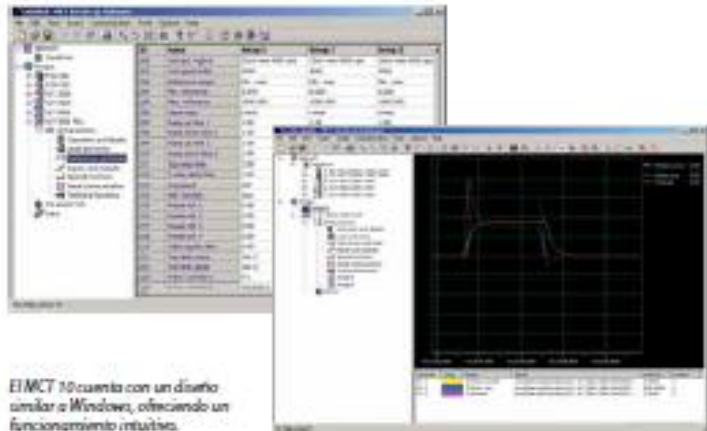
- Osciloscopio y gráfico
- Histórico de alarmas en proyectos archivados
- Compatible con MCO 305
- Controlador Smart Logic (SLC) gráfico
- Acciones Temporizadas Gráficas, Mantenimiento Preventivo y Controlador Básico de Cascada (sólo FC 102/FC 202)
- Soporte de varios bus de campo
- Asistente de Conversión de Convertidores de Frecuencia VLT® 5000 a FC 302

Avanzado

- Número ilimitado de convertidores de frecuencia
- Base de datos del motor
- Registro en Tiempo Real desde el convertidor de frecuencia
- Control de bombeo sin sensor

Bus de campo

- ProfiBus
- RS485
- USB
- Ethernet-TSC



El MCT 10 cuenta con un diseño similar a Windows, ofreciendo un funcionamiento intuitivo.

Dos modos

Modo en línea

En el modo en línea, usted trabaja con la configuración real de los convertidores en cuestión. Sus acciones tendrán un efecto inmediato en el rendimiento de los convertidores.

Orientado a proyectos

En el modo de proyecto, usted trabaja con los parámetros del convertidor como una configuración "virtual". Esto le permite ajustar todo el sistema antes de implementar los cambios en los convertidores y ponerlos en marcha. En el modo de proyecto, podrá ajustar el sistema incluso antes de instalar los convertidores de frecuencia. Un único comando

actualizará todo el sistema. En el caso de un cambio de convertidor de frecuencia, es fácil configurarlo exactamente igual que su predecesor.

Requisitos del sistema

- MS Windows® NT 4.0, 2000, XP o Vista
- Pentium III 350 MHz o superior
- 256 Mb RAM o superior
- 200 Mb de espacio de disco duro libre
- Unidad CD-ROM
- Adaptador gráfico VGA o XGA

Un convertidor de frecuencia – dos niveles de rendimiento

Las necesidades especiales requieren funciones y rendimientos especiales

	FC 301 (Armario A1)	FC 301	FC 302
Gama de potencias 200 – 240 V [kW]	0,25 – 1,5	0,25 – 37	0,25 – 37
Gama de potencias 380 – (480) 500 V [kW]	0,37 – 1,5	0,37 – 75	0,37 – 1100
Gama de potencias 525 – 600 V [kW]	-	-	0,75 – 7,5
Gama de potencias 525 – 600 V [kW]	-	-	11 – 1000
IP 00	-	✓	✓
IP 20/21 (NEMA1)	✓	✓	✓
IP 54/IP 55 (NEMA12)	-	✓	✓
IP 66	-	✓	✓
Temperatura ambiente media en °C 24 horas (IP 21) sin reducción de potencia	50° C	50° C	50° C
VVC+ control de vector	✓	✓	✓
Control de vector de flujo	-	-	✓
Longitud del cable - apantallado/no apantallado	25/50 m	50/75 m	150/300 m
Funcionamiento con motor de magnetización permanente (con/sin realimentación)	-	-	✓
KTY-control de temperatura	✓	✓	✓
Control de sobretensión	✓	✓	✓
Smart Logic Control	✓	✓	✓
Función de Seguridad de Par Seguro Desactivado (STD – EN 61800-5-2)	Opción	-	✓
Aislamiento galvanico PELV	✓	✓	✓
PCBs con revestimiento anticorrosivo (IEC 721-3-3)	Estándar	Estándar	Estándar
Ventilador desmontable	✓	✓	✓
Interfaz RS 485 y USB	✓	✓	✓
Panel de control gráfico/numérico (LCP 102/101)	Interna	Interna	Interna
Configuración de carga y descarga desde el LCP (LCP 102)	✓	✓	✓
Función de información/ayuda (LCP 102)	✓	✓	✓
28 idiomas integrados	✓	✓	✓
Protección por contraseña	✓	✓	✓
Menú personal (macro)	✓	✓	✓
Terminales de control conectables	✓	✓	✓
Entrada analógica (intercambiable)	0 ... +10 V	0 ... +10 V	-10 ... +10 V
Resolución de salida analógica	12 bits	12 bits	12 bits
Entrada digital programable	5 (4)	5 (4)	6 (4)
Salida digital programable e intercambiable	1	1	2
Salida de Relé Programable	1	1	2
Control de PID de procesos	✓	✓	✓
Función de Motor en giro – capturar un motor girando	✓	✓	✓
Optimización Automática de Energía (AEO)	✓	✓	✓
Arresto/parada precisos	✓	✓	✓
Número de conjuntos de parámetros fijos	8/32	8/32	8/32
Potenciómetro digital del motor	✓	✓	✓
Base de datos del motor integrada	✓	✓	✓
Procedimiento de caída de potencia programable	✓	✓	✓
Opciones:			
Profibus, DeviceNet, CANopen, EtherNet/IP, PROFINet	✓	✓	✓
MCB 101 – Entrada/salidas amplificadas	✓	✓	✓
MCB 102 – Opción de encoder	✓	✓	✓
MCB 103 – Resolver opcional	✓	✓	✓
MCB 105 – Opción de relé	✓	✓	✓
MCB 108 – Interfaz de PLC de seguridad	✓	✓	✓
MCB 112 – Control de ATEX- PTC	-	-	✓
MCO 305 – Opción de Control de Movimientos	-	✓	✓
MCB 107 – Alimentación externa de 24 V	-	✓	✓

Especificaciones

(Unidad básica sin extensiones)

Alimentación principal (L1, L2, L3)	FC 301	FC 302
Tensión de alimentación	200 – 240 V ± 10%	
Tensión de alimentación	300 – 480 V ± 10%	300 – 500 V ± 10%
Tensión de alimentación		525 – 600 V ± 10%
Tensión de alimentación		525 – 690 V ± 10%
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz	
Factor de potencia (cos φ) cercano a la unidad	> 0,98	
Perturbación de armónicos	Cumple con los requisitos de la normativa EN 61000-3-12	

Datos de salida (U, V, W)	FC 301	FC 302
Tensión de salida	0 – 100% de la tensión de alimentación	
Frecuencia de salida	0,2-1000 Hz	0-1000 Hz
Comutación en la salida	limitada	
Tempos de rampa	0,02-3.000 s.	

Entradas digitales	FC 301	FC 302
Entradas digitales programables	4(3) > 5	4(3) > 6
Intercambiable a salida digital	1 (terminal 27)	2 (terminal 27, 28)
Lógica	PNP o NPN	
Nivel de tensión	0 – 24 V CC	
Tensión máx. de entrada	28 V CC	
Resistencia de entrada, Ri	aprox. 4 kΩ	
Intervalo de exploración	5 ms	1 ms

Entradas analógicas	FC 301	FC 302
Entradas analógicas	3	
Modos	Tensión o intensidad	
Nivel de tensión	de 0 a +10 V (escalable)	De -10 a +10 V (escalable)
Nivel de intensidad	De 0 a 4 a 20 mA (escalable)	
Precisión de entradas analógicas	máx. error: 0,5% de escala completa	

Entradas de pulso/encoder	FC 301	FC 302
Salidas analógicas	2/1	
Entradas de pulso/encoder	2/1	
Nivel de tensión	de 0 a 24 V CC (lógica positiva PNP)	
Precisión de la entrada de pulso (0,1 – 1 kHz)	máx. error: 0,1% de la escala completa	
Precisión de entrada del encoder (1 – 110 kHz)	máx. error: 0,05% de escala completa 32 (A), 33 (B) y 18 (Z)	

Salida digital	FC 301	FC 302
Salidas analógicas programables	1	2
Nivel de tensión en salida digital/frecuencia	0 – 24 V CC	
Máx. intensidad de salida (receptor u origen)	40 mA	
Frecuencia de salida máx. en salida de frecuencia	De 0 a 32 kHz	
Precisión en salida de frecuencia	máx. error: 0,1% de la escala completa	

Salida analógica	FC 301	FC 302
Salidas analógicas programables	1	
Rango de intensidad en salida analógica	0/4 – 20 mA	
Máx. carga común en salida analógica (abraz. 30)	500 Ω	
Precisión en salida analógica	máx. error: 1% de la escala completa	

Tarjeta de control	FC 301	FC 302
Interfaz USB	1,1 (velocidad máxima)	
Conector USB	Tipo "B"	
Interfaz RS485	Hasta 115 kilobaudios	
máx. carga (10 V)	15 mA	
máx. carga (24 V)	130 mA	200 mA

Salida de relé	FC 301	FC 302
Salidas de relé programables	1	2
Máx. carga de terminal (CA) en 1-3 (desconexión), 1-2 (conexión), 4-6 (desconexión) tarjeta de potencia	240 V CA, 2 A	
Máx. carga del terminal (CA) en 4-5 (NA) tarjeta de potencia	400 V CA, 2 A	
Min. carga del terminal en 1-3 (desconexión), 1-2 (conexión); 4-6 (desconexión), 4-5 (conexión) tarjeta de alimentación	24 V CC 10 mA, 24 V CA 20 mA	

Entorno/Externo	FC 301	FC 302
Protección	IP00, IP20, IP21, IP54, IP55, IP65	
Prueba de vibración	1,0 g (protección D: 0,7 g)	
Máx. humedad relativa	5% – 95% (IEC 721-3-3; Clase 3C3 (sin condensación) durante el funcionamiento)	
Entorno agresivo (IEC 721-3-3)	Clase 3C3 sin revestimiento, Clase 3C3 con revestimiento opcional	
Temperatura ambiente	máx. 50° C	
Aislamiento galvánico de todos	los suministros de EI según PELV	

Modo de protección para el tiempo de funcionamiento más largo posible
<ul style="list-style-type: none"> Protección del motor térmica y electrónica contra sobrecarga El control de temperatura del disipador térmico asegura que el FC 300 se desconecte si la temperatura se eleva a 100 °C. El FC 300 se encuentra protegido contra los cortocircuitos en los terminales U, V, W del motor. El FC 300 se encuentra protegido contra las pérdidas a tierra en los terminales U, V, W del motor Protección contra pérdida de fase alim.



Código descriptivo para la selección del VLT® AutomationDrive

[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18]
 FC - - - - - X - X - SXX - - - - -

[1] Aplicación

201	VLT® AutomationDrive FC 201
202	VLT® AutomationDrive FC 202

[2] Magnitud de potencia

PC25
PC37
PC55
PC75
PC101
PC135
PC162
PC180
PC207
PC240
PC270
PC300
PC360
PC420
PC480
PC540
PC600
PC675
PC750
PC825
PC900

Consulte los datos de clasificación de la página 16 para niveles de potencia

[3] Tensión de línea CA

T2	3 x 200/230 V CA
T4	3 x 380/480 V CA (FC 201)
T5	3 x 380/500 V CA (FC 202)
T6	3 x 525/600 V CA (FC 202)
T7	3 x 525/690 V CA (FC 202)

[4] Protección

Para montaje en alojamiento:

I00	IP 00 (protección D1, D4)
Z20	IP 20 (protección A1, sólo FC 201)
I20	IP 20 (protección A2, A3, B1, B4, C1, C4)

Independiente:

E21	IP 21 (protección B1, B2, C1, C2, D1, D2)
E54	IP 54 (protección D1, D2)
E55	IP 55 (protección A5, B1, B2, C1, C2)
E66	IP 66 (protección A5, B1, B2, C1, C2)

Diseños especiales:

C00	IP 00 (protección I00 – conducto de aire de acero inoxidable)
F20	IP 20 (protección B4, C3, C4 – dissipador térmico trasero)
E2M	IP 21 (protección D1, D2 – cubierta de protección)
F21	IP 21 (Protección como en E21 – dissipador térmico trasero)
E5M	IP 54 (protección D1, D2 – cubierta de protección)
F55	IP 55 (Protección como en E55 – dissipador térmico trasero)

[5] Filtro RFI (EMC 5011)

H1	Filtro RFI Clase A1/B
H2	Sin filtro RFI, Clase A2
H3	Filtro RFI Clase A1/B 1
H4	Filtro RFI, Clase A1 2
H6	Filtro RFI para Marine 3
HX	Sin filtro RFI (sólo 600 V)

[6] Frenado & Seguridad

X	Sin IGBT del freno
B	IGBT del freno montado
T	Parada de seguridad, sin freno * (FC 201 – sólo con protección A1)
U	Con freno y parada de seguridad * (FC 201 – sólo con protección A1)

[7] Display (Panel de Control Local)

X	Placa delantera vacía, sin LCP instalado
G	LCP 102 – LCP numérico instalado
N	LCP 101 – LCP gráfica instalada

[8] Con revestimiento anticorrosivo (EC 721-3-2)

X	Sin revestimiento (Clase 3C2)
C	Con revestimiento en todos los PCBs (Clase 3C2)

[9] Entrada de alimentación de red

X	Sin opciones
1	Desconexión de red
2	Desconexión de red y fusible**
5	Desconexión de red, fusibles y carga compartida *
7	Fusibles *
B	Desconexión de red y carga compartida *
A	Fusibles 6 terminales de carga compartida *
D	Terminales de carga compartida *

[10] Idioma del LCP

X	El paquete estándar de idiomas incluye inglés, alemán, francés, español, danés, italiano y finés.
---	---

Consulte a la fábrica acerca de otras opciones de idiomas

[11] Opción A (bus de campo)

AX	Sin opción de bus de campo
A0	MCA 101 – Profibus DPV1
A1	MCA 104 – DeviceNet
A6	MCA 105 – CANopen
AN	MCA 121 – Ethernet/IP

[14] Opción B (Aplicación)

BX	Sin opción de aplicación
BK	MCO 101 – I/S de propósito general
C2	MCO 102 – entrada de encoder
B3	MCO 103 – entrada de resolver
C1	MCO 105 – separación de néulas
BZ	MCO 108 – línea de seguridad
B2	MCO 112 – Terminal ATCC-PTC

[15] Opción C0 (Opción de Control de Movimientos)

CX	Sin opción de control de movimientos
C4	MCO 205/250/251 control de movimientos, sincronización y/o posicionamiento (véase [17])

[16] Opción C1 (rámil ampliado)

X	Sin opciones
R	MCO 112 – rámil ampliado (sólo FC 202)

[17] Software para la Opción de Control de Movimientos

XX	Sin software de control de movimiento. Nota: La opción C4 en [15] seleccionada sin software de control de movimientos en [17] requiere la programación de un técnico cualificado.
10	Software de control de sincronización MCO 250 (debe seleccionar C4 en la posición [15])
11	Software de control de posicionamiento MCO 251 (debe seleccionar C4 en la posición [15])
12	MCO 252 – Roboaiders (Seleccione C4 en el campo [15])

[18] Opción D (Entrada Auxiliar de Potencia de Control)

DX	Sin entrada CC instalada
DO	Entrada auxiliar de 24VCC MCO 107

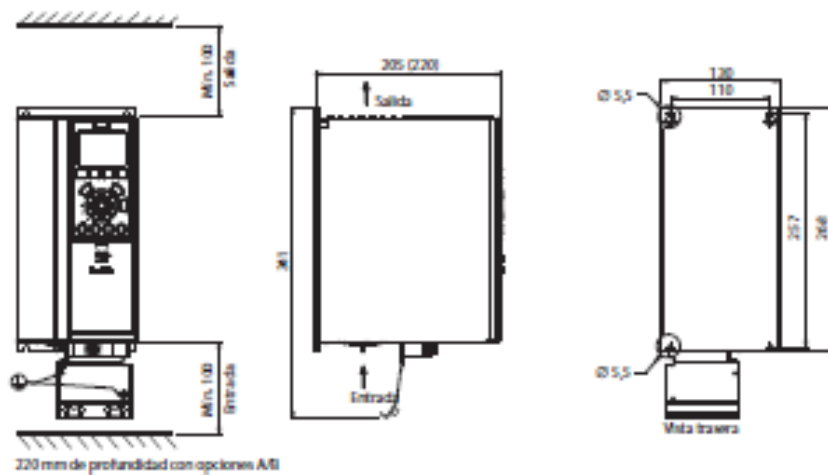
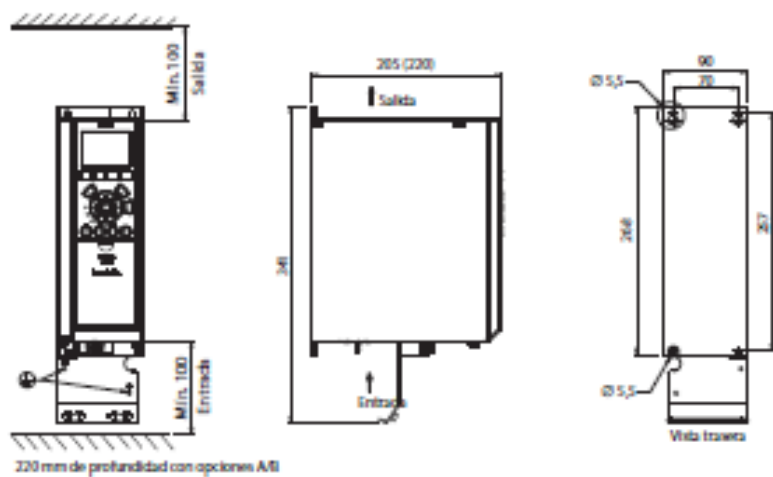
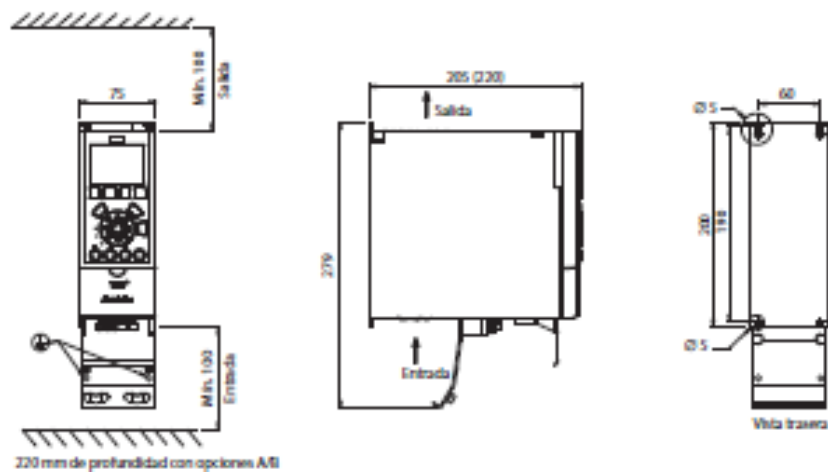
1) FC 201/sólo protecciones A1
 2) Sólo protecciones D1, D2, D3, D4
 3) Sólo protecciones B1, B2, C1, C2

Recuerde que no son posibles todas las combinaciones. Puede encontrar ayuda para configurar su convertidor de frecuencia en el configurador, ubicado en: drivesinfo.danfoss.com

Basándose en su selección, Danfoss fabrica el sistema VLT® AutomationDrive deseado. Usted recibirá un convertidor de frecuencia totalmente ensamblado y comprobado para cualquier condición de carga completa.



Dimensiones VLT® AutomationDrive En mm





Protección del Medioambiente

Los productos VLT® se fabrican con máximo respeto hacia el medioambiente tanto físico como social. Todas las actividades se planifican y se realizan teniendo en cuenta al empleado, el ambiente de trabajo, y el ambiente externo. La producción se lleva a cabo sin ruidos, humo, u otros agentes contaminantes, y asegura la correcta disposición de los productos.

UN Global Compact

Danfoss ha firmado el documento de las Naciones Unidas – UN Global Compact – de responsabilidad social y medioambiental y nuestras compañías actúan de modo responsable en las sociedades en cada país.

Directivas EU

Todas las fábricas están certificadas de acuerdo al estándar ISO14001 y cumplen las Directivas EU para la Seguridad General de Productos (GPSD) y la Directiva de Máquinas. Danfoss Drives está implementando en todas las series de productos la Directiva EU respecto a Sustancias Peligrosas en Equipos Eléctricos (RoHS) y está diseñando todos sus productos de acuerdo a la Directiva EU sobre Desechos de Equipos Eléctricos y Electrónicos (WEEE).

Impacto de Productos

Un año de producción de VLT® ahorra la energía equivalente a una planta de energía por fusión. Mejores procesos de control al mismo tiempo mejoran la calidad de los productos y reducen el mal gasto y desecho de productos.

Todo sobre VLT®

Danfoss Drives es el líder mundial entre los fabricantes de Convertidores de Frecuencia – y aún creciendo en cuota de mercado.

Dedicados a Drives

La dedicación ha sido la palabra clave desde que en 1968, Danfoss introdujo al mundo el primer Convertidor de Frecuencia en producción en serie para motores de CA – denominado VLT®.

Dos mil empleados desarrollan, fabrican, venden y dan servicio a Convertidores de Frecuencia y Arrancadores Suaves en más de 100 países, especializados únicamente en estos dos productos.

Inteligente e Innovador

Los diseñadores de Danfoss Drives han adoptado principios totalmente modulares tanto en el desarrollo como en el diseño, producción y configuración de los productos fabricados.

Las futuras características se desarrollan en paralelo con las más avanzadas plataformas tecnológicas. Esto permite que el desarrollo de todos los elementos se lleve a cabo en para-

lelo y al mismo tiempo, reduciendo tiempos de introducción al mercado y asegurando que los clientes siempre disfruten de los beneficios de los últimos avances.

Dependo de expertos

Tenemos la responsabilidad de cada elemento en nuestra producción. El hecho de que desarrollamos y fabricamos nuestras propias características, hardware, software, módulos de potencia, tarjetas electrónicas, y accesorios, es su garantía de productos fiables.

Soporte Local – Globalmente

Los convertidores de frecuencia VLT® funcionan en aplicaciones a lo largo de todo el mundo, y los expertos de Danfoss Drives están disponibles en más de 100 países listos para dar soporte al cliente, con ayuda en aplicaciones y servicio, siempre que lo necesite. Los expertos de Danfoss Drives no paran hasta que los desafíos de los variadores de los clientes son resueltos.



Danfoss, S.A. - c/Calatrada, nº 93 – Edif. I (Miraparque) - 28129 Madrid - España - E-mail: info@drives.danfoss.es - www.danfoss.com/espain
Teléfonos (comercial): 902-246100 - Fax: 902-246 101 - Tel. (Serv. Técnico): 902-246112 - Fax (Serv. Técnico): 902-246111 - E-mail: drives_service@danfoss.es

Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores que pudieran aparecer en sus catálogos, folletos o material de prensa impresa, o en internet. El derecho de propiedad de los productos de Danfoss pertenece a Danfoss. Se permite la reproducción de este material con propiedad de Danfoss y el logotipo Danfoss en marcas comerciales de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos.

0902-PLU0412-01

VLT® es una marca registrada de Danfoss A/S.

Printed by 00-9812 2009/01



Anexo E. Catálogo motor.



¡Su motor es muy valioso!
Protéjalo únicamente con productos Siemens.

Fuertes y ágiles
Diseño único, con la más alta tecnología

motores TRIFASICOS

SIEMENS

Disponibilidad de repuestos en todo el país

The advertisement features a large, detailed image of a Siemens motor with a silver shaft and a grey frame. A circular seal in the top left corner contains the text '¡Su motor es muy valioso! Protéjalo únicamente con productos Siemens.' and the Siemens logo. The text 'Fuertes y ágiles' and 'Diseño único, con la más alta tecnología' is positioned in the top right. The word 'motores' is written in large, bold, lowercase letters, and 'TRIFASICOS' is written in large, outlined, uppercase letters below it. The Siemens logo is in the bottom right. A small photo in the bottom left shows a blue motor in an industrial setting, and another in the bottom right shows a motor's terminal box. A green vertical bar is on the right edge, and a green square is in the bottom left corner.

Motores para cada necesidad

Datos técnicos nominales



Velocidad 3000 rpm, 2 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia %	Factor de potencia Cos φ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Ts	Cls. de arranque Iacc / Is	Momento de inercia kg m²	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001003	1LA7 070-2YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,40	1,20	79	0,79	3430	1,56	2,7	6	0,00025	4,3
25000001005	1LA7 073-2YA60	71M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	65	0,69	3320	2,15	2,5	4,7	0,00045	6
25000001006	1LA7 080-2YC60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	68	0,90	3400	2,51	2,3	4,9	0,00085	8,4
25000001007	1LA7 080-2YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,30	2,65	69	0,90	3370	3,17	1,8	3,7	0,00085	8,4
25000001009	1LA7 083-2YA60	80M	2	1,49	1,15	6,20	3,10	74	0,86	3410	4,18	3,3	6,3	0,0011	10
25000001090	1LA7 090-2YC60	90SL	2,4	1,79	1,15	7,00	3,50	79	0,83	3460	4,94	2,4	5,5	0,0015	11,7
25000001091	1LA7 090-2YA60	90SL	3	2,24	1,15	9,00	4,50	76	0,84	3490	6,12	2,7	5,7	0,0015	13,7
25000001093	1LA7 096-2YA60	90SL	4	2,98	1,15	12,20	6,10	82	0,88	3440	8,28	2,3	5,9	0,002	15
25000001094	1LA7 112-2YA60	112M	5	3,73	1,15	16,00	8,00	71,1	0,86	3480	10,24	2	5,2	0,0055	28
25000001095	1LA7 113-2YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,00	9,50	79	0,86	3480	13,51	2,6	6,8	0,0055	30,8
25000001096	1LA7 114-2YA60	112M	7,5	5,60	1,15	21,80	10,90	77,4	0,87	3460	15,44	2	5,8	0,0055	33,4
25000001097	1LA7 130-2YA70	132SM	10	7,46	1,15	28,00	14,00	79	0,90	3500	20,35	2,4	6	0,016	50
25000001098	1LA7 131-2YA70	132SM	12	8,95	1,05	32,00	16,00	80	0,89	3470	24,64	2,7	6,8	0,021	52,5
25000001099	1LA7 132-2YA70	132SM	15	11,19	1,15	41,00	20,50	80,5	0,88	3500	30,53	2	6,5	0,021	56,5
25000001100	1LA7 163-2YA70	160ML	20	14,92	1,15	53,00	26,50	87	0,90	3528	40,38	2	6	0,034	69,5
25000001101	1LA7 165-2YA70	160ML	25	18,65	1,15	63,00	31,50	88	0,81	3540	50,31	2,1	5	0,04	82,5
25000001102	1LA7 167-2YA70	160ML	30	22,38	1,15	77,20	38,60	90	0,88	3540	60,37	2,1	4,6	0,052	94
25000001103	1LA5 183-2YA80	180M	35	26,11	1,05	87,00	43,50	89	0,89	3540	70,43	2,5	6,6	0,077	160,5
25000001104	1LA5 184-2YA80	180M	40	29,84	1,05	102,00	51,00	90,5	0,88	3510	81,18	2,3	6,4	0,077	162
25000001105	1LA5 207-2YA80	200L	50	37,30	1,15	124,00	62,00	92,8	0,85	3554	100,00	2,4	6,6	0,14	235
25000001106 ¹⁾	1LA5 207-2YA80	200L	60	44,76	1,15	148,00	74,00	93,3	0,85	3555	120,00	2,4	6,6	0,16	260
25000001107 ²⁾	1LA5 223-2YA80	225M	75	55,95	1,15	188,00	94,00	93,2	0,86	3550	151,00	1,8	6,8	0,24	320
26690 ¹⁾	1LG4 253-2AA60	250M	100	75,00	1,00	120,00	60,00	93,6	0,88	3558	177,00	2,1	6,9	0,41	375
26691 ¹⁾	1LG4 280-2AA60	280S	125	93,00	1,00	143,60	71,80	94,3	0,88	3570	241,00	2,4	7,5	0,72	510
26692 ¹⁾	1LG4 283-2AA60	280M	150	112,00	1,00	169,70	84,85	94,8	0,89	3570	289,00	2,5	7,6	0,86	555
26693 ¹⁾	1LG4 310-2AA60	315S	185	138,00	1,00	212,30	106,15	94,4	0,88	3576	352,00	2	7,4	1,2	700
26694 ¹⁾	1LG4 313-2AA60	315M	225	168,00	1,00	257,40	128,70	94,9	0,90	3576	423,00	2,1	7,3	1,4	770
26695 ¹⁾	1LG4 316-2AA90-Z	315L	275	205,00	1,10	309,90	154,95	95,4	0,91	3576	512,00	2,3	7,1	1,6	910
26696 ¹⁾	1LG4 317-2AA90-Z	315L	325	242,00	1,10	360,70	180,35	95,8	0,92	3580	641,00	2,5	7,5	2,2	1055

- 1) Para tensión de servicio a 220V, favor consultar.
 2) Motores de fabricación bajo pedido.
 3) Consultar tiempo de entrega.

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia %	Factor de potencia Cos φ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Ts	Cls. de arranque Iacc / Is	Momento de inercia kg m²	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90SL	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90SL	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90SL	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,00	9,50	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
25000001124	1LA7 131-4YA70	132SM	10	7,46	1,15	28,00	14,00	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	132SM	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	49
25000001126	1LA7 134-4YA70	132SM	15	11,19	1,15	43	21,50	82,5	0,84	1750	61,06	1,8	5	0,024	62
25000001127	1LA7 164-4YA70	160 ML	20	14,92	1,15	56,8	28,40	85	0,85	1760	80,95	1,8	6,3	0,04	77,5
25000001128	1LA7 167-4YA70	160 ML	25	18,65	1,15	66	33,00	89	0,87	1755	101,48	1,8	5,4	0,052	85,5
25000001129	1LA5 183-4YA80	180M	30	22,38	1,05	78	39,00	90,7	0,83	1755	121,77	2	4,9	0,13	170
25000001130	1LA5 186-4YA80	180L	35	26,06	1,05	93	46,50	91,3	0,83	1760	145,71	2,8	6,8	0,15	190
25000001131	1LA5 187-4YA80	180L	40	29,84	1,05	104	52,00	91,3	0,83	1750	162,83	2	5,6	0,15	190
25000001132	1LA5 207-4YA80	200L	50	37,30	1,15	126	63,00	92,4	0,84	1770	202,00	2,7	6,6	0,24	250
25000001133	1LA5 220-4YA80	225S	60	44,76	1,15	146	73,00	95,0	0,84	1776	241,00	2,7	6,6	0,44	314
25000001134	1LA5 223-4YA80	225M	75	55,95	1,15	200	100,00	91,7	0,80	1770	301,00	2	5,1	0,52	321
26697 ¹⁾	1LG4 205-4AA60	250M	100	75,00	1,00	120,00	60,00	93,3	0,85	1780	355	2,5	6,3	0,69	390
26698 ¹⁾	1LG4 205-4AA60	280S	125	93,00	1,00	145,00	72,50	94,2	0,85	1785	482	2,5	7,4	1,29	520
26699 ¹⁾	1LG4 283-4AA60	280M	150	112,00	1,00	177,50	88,75	94,6	0,86	1785	579	2,5	7,4	1,47	565
26700 ¹⁾	1LG4 310-4AA60	315S	200	150,00	1,00	240,00	120,00	94,5	0,84	1783	707	2,6	6,5	2	700
26701 ¹⁾	1LG4 313-4AA60	315M	225	168,00	1,00	265,30	132,65	94,8	0,85	1783	848	2,8	6,9	2,46	775
26702 ¹⁾	1LG4 316-4AA90-Z	315L	275	205,00	1,10	323,10	161,55	95,4	0,86	1783	1,028	2,8	6,9	3,01	955
26703 ¹⁾	1LG4 317-4AA90-Z	315L	350	261,00	1,10	409,50	204,75	95,7	0,88	1785	1,285	2,8	7	3,91	1050

- 1) Para tensión de servicio a 220V, favor consultar.
 2) Consultar tiempo de entrega.

Medidas para montaje (dimensiones en mm)

Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)						medidas de la forma constructiva IM B3								Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35							
	l	d	t	u	g	g ₁	p/p ₂	k	a	b	h	w ₁	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283
090 S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
090 L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
112 M	60	28	31.0	8	227	-	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5	388
132 S	80	38	41.3	10	264.5	-	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15	481
132 M	80	38	41	10	266	-	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5	491
160 M	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	210	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
160 L	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628
180 M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18	653
180 L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18	691
200 L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18	743
225 S	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
225 M	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	*830
250 M	140	*65	*69	18	520	-	680	930	349	406	250	168	24	409	506	550	450	18	500	5	17.5	930
280 S	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	368	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
280 M	140	*75	*79.5	*20	575	-	735	1005	419	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005
315 S ¹⁾	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315 S ²⁾	170	85	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315 M ¹⁾	140	65	69	18	645	-	-	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110
315 M ²⁾	170	80	85	22	-	-	-	1140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1140
315 L ¹⁾	140	65	69	18	645	-	-	1250	508	508	315	216	28	578	628	660	550	22	600	6	22	1250
315 L ²⁾	170	80	85	22	-	-	-	1280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1280

- 1) sistema de dos polos
2) sistema de 4 o 6 polos

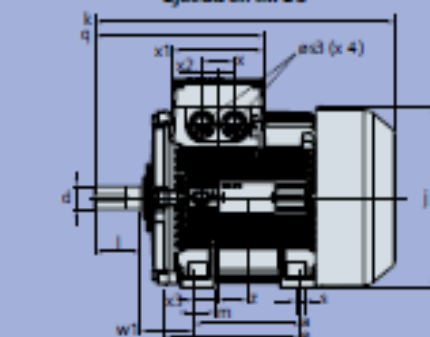
* para motores de dos polos cambian las siguientes medidas:
- remate constructivo 250 u/d-60; t-64....

- remate constructivo 225 u/d-110; d-55; t-59; u-16 mm.; t-80a....
- remate constructivo 280 a/d-65; t-69; u-18 mm.

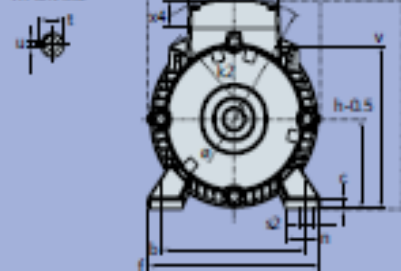


Tamaños 71 a 160

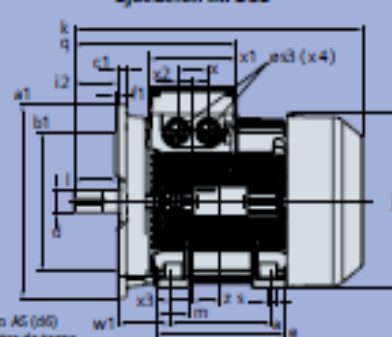
Ejecución IM B3



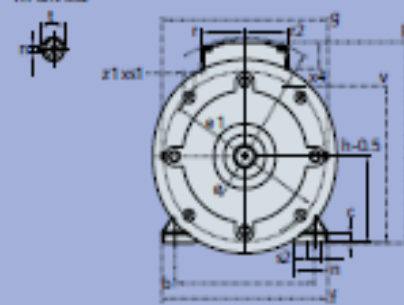
Lado AG (d6)
Centro de torno
A4 DIN 332



Ejecución IM B35



Lado AG (d6)
Centro de torno
A4 DIN 332



Calidad y Gestión Ambiental bien certificada



Distribuidor

Siemens S.A. Productos Eléctricos Industriales

Colombia

Sede principal

Bogotá
Cra. 65 No. 11-83
☎ 294 2430 - 294 2567
☎ 294 2254
☒ 80150

Sucursales

Barranquilla
Cra. 51 B No. 78-136, piso 5
☎ (95) 358 9777
☎ (95) 368 9509
☒ 31170

Occidente (Call)
Cra. 64 Norte No. 58-146,
Of. 24, Caribrompresa
☎ (92) 664 4400
☎ (92) 665 3056
☒ 2435 Cali

Medellín
Diag. 47 No. 15 sur - 31
☎ (94) 325 3066
☎ (94) 313 2557
☒ 3494

Venezuela

Sede Caracas

Av. Don Diego Cárdenas,
Edificio Siemens, Urb.
Los Ruices, Caracas 1071
☎ ++58.212.238 1733
☎ ++58.212.203 8200
☒ 3516 Caracas 1010-A

Sucursal Maracaibo
Calle 69A con Av. Baralt,
Ed. Adelicomar, No.17-54
Diagonal a la Clínica San
Lucas,
Maracaibo - Edo Zulia
☎ ++58.261.751 8297
☎ ++58.261.751 5712
☒ 4005

Sucursal Valencia
Centro Empresarial
Este Oeste, Local 18,
Calle Este Oeste 2 O/Cruce
Av. Norte Sur 3, Zona
Industrial Norte - Valencia
☎ ++58.241.833 4211
☎ ++58.241.833 4518
☒ 455

Of. de Ventas Puerto Ordaz
C.C. Los Pinos, Piso 3, Of. B
Zona Industrial Los Pinos
Puerto Ordaz
☎ ++58.296.994 0290
☎ ++58.296.994 0861
☒ 8015

Ecuador

Quito
Calle Manuel Zambrano
Avenida Panamericana
Norte, Km 2,5
☎ ++593.2.294 3900
☎ ++593.2.294 3901

Sucursal Guayaquil
Vía Daule km. 14,5
☎ ++593.4.216 0050

Perú

Oficina Lima
Av. Domingo Deuá 971,
Sutcuillo - Lima
☎ ++51.1.215 0030
☎ ++51.1.421 9292
☒ 490, Lima 100

Oficina Trujillo
Av. Teodoro Valcárcel 275,
Urb. Primavera
☎ ++51.4.429 7963
☎ ++51.4.429 7942

www.siemensandina.com/indus5/htm

Anexo F. Catálogo acople omega.

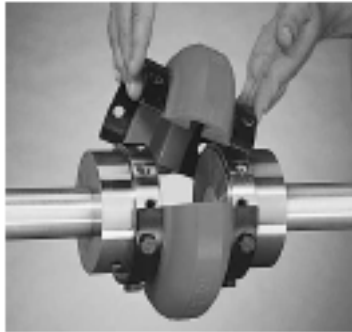
Couplings | Omega® Elastomer Couplings
(English-Inch)



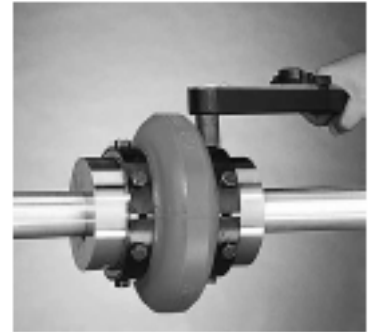
Installation



Mount one hub to shaft, leave other hub loose for adjustment of spacing.

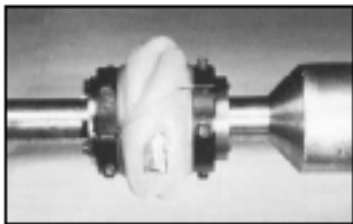


Place half of the Rexnord® Omega® element around hubs and secure with self-locking capscrews. Omega element will space the other hub. Now secure the other hub.



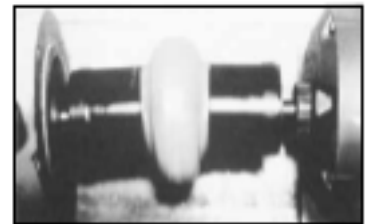
Mount other half of the Omega element. Tighten all capscrews to recommended torques below and you're done! Refer to the installation instruction for further details.

Tested Tough



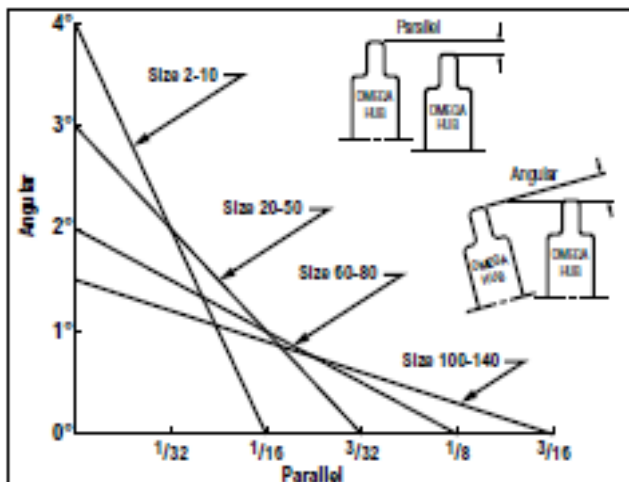
Severe static testing (5 × rating) shows element flexibility, rugged design and positive adhesive bond to the metal shoes.

Rigorous testing demonstrates that the Rexnord Omega coupling protects connected equipment from the damaging effects of misalignment, vibration and gross overload. Where other coupling designs might allow equipment damage, the super flexible element of Rexnord Omega couplings minimizes the reactionary forces on equipment bearings under severe misalignment conditions and reduces the effects of excessive shock overloads.



Demonstrates coupling's ability to accept severe misalignment.

Omega® Coupling Allowable Misalignment



Note: Any combination of parallel and angular misalignment which falls under the triangle will not cause a premature fatigue failure of the flexible element in normal use.

- Important -

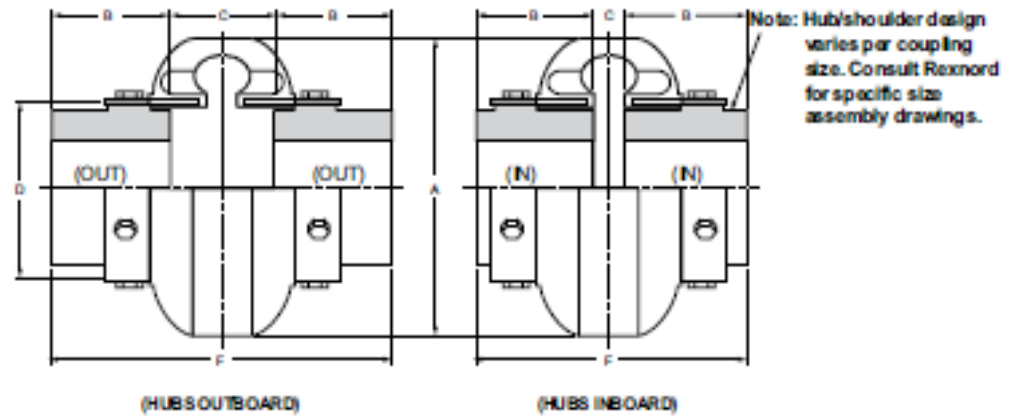
Recommended Capscrew Torque For Proper Installation

Coupling Size	Torque - Dry	
	In. Lbs.	Ft. Lbs.
2		
3		
4	204	17
5		
10		
20		
30	360	30
40		
50		
60		
70	900	75
80		
100	3240	270
120		
140	7080	590

NOTE: Capscrews have self locking patches which should not be reused more than twice. Capscrews can be further used if a thread locking adhesive is applied. Do NOT Lubricate Capscrew Threads

Important Note: Coupling alignment is directly related to smooth, efficient equipment operation. Care should be taken for best possible alignment.

With Straight Bore Hubs



Omega Coupling Size	Recom. Max. Bore (In.) [⊙]	Continuous HP/100 RPM	Continuous Torque (In. Lbs.)	Max. RPM	Dimensions in Inches						Weight (Lb.)	
					A	B	C		D	F		
							(In.)	(Out)		(In.)		(Out)
E2	1.13	0.30	190	7500	3.5	0.04	1.34	1.90	1.85	3.22	3.78	1.2
E3	1.38	0.58	385	7500	4.00	1.50	0.81	1.31	2.32	3.81	4.31	2.4
E4	1.63	0.88	550	7500	4.56	1.69	0.44	1.31	2.60	3.81	4.69	3.0
E5	1.88	1.48	925	7500	5.38	1.75	0.81	1.81	3.13	4.31	5.31	5.4
E10	2.13	2.30	1450	7500	6.38	1.88	0.56	1.81	3.65	4.31	5.56	8.2
E20	2.38	3.65	2300	6600	7.25	2.06	0.50	2.38	4.48	4.62	6.50	13.0
E30	2.88	5.79	3950	5800	8.25	2.31	0.56	2.44	5.42	5.19	7.06	21
E40	3.38	8.85	5900	5000	9.50	2.50	0.56	2.68	6.63	5.56	7.68	35
E50	3.63	12.14	7650	4200	11.00	2.75	0.63	3.38	8.13	6.13	8.88	54
E60	4	19.84	12,500	3800	12.50	3.25	0.69	3.44	8.75	7.19	9.94	72
E70	4.5	35.12	22,125	3800	14.00	3.62	0.75	3.75	9.25	8.00	11.00	86
E80	6	62.7	39,500	2000	16.00	4.87	0.75	5.00	11.25	10.50	14.75	170
E100	6.75	135	85,050	1900	21.00	5.50	1.75	3.75	14.13	12.75	14.75	244
E120	7.5	270	170,100	1800	25.00	6.00	2.25	4.88	17.63	14.24	16.88	425
E140	11	540	340,200	1500	30.00	7.00	3.00	5.00	20.88	17.00	19.00	746

⊙ See page 14 for larger bore capacities with shallow keyways

- **Split-In-Half Flex Element**
Allows disassembly and replacement without disturbing hubs or connected equipment.

- **Reversible Hubs**
Accommodates different shaft spacing requirements, and allows compression bushings to be installed from either side of the hub.



Straight Bore Hubs

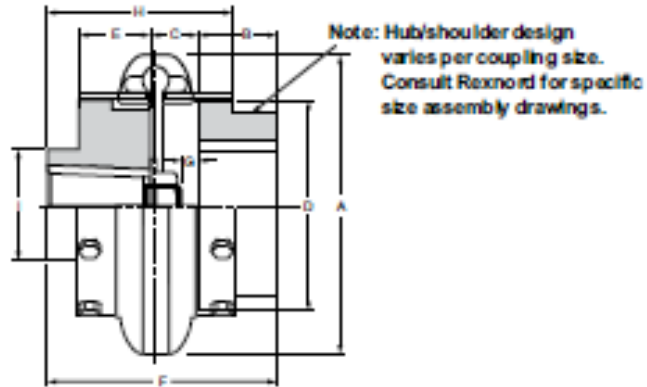


QD Hubs and Bushings



TAPER-LOCK® Hubs and Bushings

Mill Motor Couplings



Mill Motor Coupling Dimensions

Coupling Size	Mill Motor Size	Max. RPM	Continuous HP/100 RPM	Complete Coupling Weight, (Lb.)	Dimensions								Max. Straight Bore	
					A	B	C	D	E	F	G	H		I
10	802A 802	7500	2.3	15.6	6 ³ / ₈	1 ⁷ / ₈	1 ⁹ / ₈	3 ⁹ / ₈	3	6 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	3 ³ / ₈	2 ¹ / ₈	2 ¹ / ₈
20	802B 802C 803	6600	3.65	25.4	7 ¹ / ₈	2 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	3	6 ¹¹ / ₈	2 ³ / ₈	4 ¹ / ₈	3	2 ³ / ₈
									3 ¹ / ₈	6 ³ / ₈	1 ¹ / ₈			
30	803 804 803 804	5800	5.79	39.3	8 ¹ / ₈	2 ³ / ₈	1 ¹ / ₈	5 ¹ / ₈	3 ¹ / ₈	7 ³ / ₈	2 ³ / ₈	4 ³ / ₈	3 ¹ / ₈	2 ³ / ₈
									3 ¹ / ₈	7 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	3 ¹ / ₈	3 ³ / ₈
40	804 804	5000	8.85	58.0	9 ¹ / ₈	2 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈	6 ³ / ₈	3 ¹ / ₈	7 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	3 ¹ / ₈	3 ³ / ₈
									4	8 ³ / ₈	1 ¹ / ₈	5 ¹ / ₈	4	3 ³ / ₈
50	408 806 806 408 808	4200	12.14	83.5	11	2 ³ / ₈	1 ¹⁰ / ₈	8 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	9 ¹ / ₈	2 ³ / ₈	6 ¹ / ₈	4	3 ³ / ₈
									4	9	2 ³ / ₈			
60	408 808 408 808	3800	19.84	120.3	12 ¹ / ₈	3 ¹ / ₈	1 ⁷ / ₈	8 ³ / ₈	4 ¹ / ₈	9 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈	6 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	4
									4 ¹ / ₈	9 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈			
70	408 808 808 410 810 810 412 812	3600	35.12	150	14	3 ³ / ₈	2 ¹ / ₈	9 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	10 ³ / ₈	1 ¹ / ₈	6 ¹ / ₈	4 ³ / ₈	4 ¹ / ₈
									5	11 ¹ / ₈	1			
80	410 810 412 812 814 812	2000	62.7	235	16	4 ¹ / ₈	3 ¹ / ₈	11 ¹ / ₈	4 ¹ / ₈	12 ¹ / ₈	1 ³ / ₈	9 ¹ / ₈	6	6
									5	13	1 ⁹ / ₈			
100	814 814 816 818 818	1900	135	340	21	5 ¹ / ₈	3 ³ / ₈	14 ¹ / ₈	5	14 ¹ / ₈	2 ³ / ₈	9 ³ / ₈	10 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
									5 ¹ / ₈	14 ³ / ₈	2			
120	818 820	1800	270	520	25	6	4 ¹ / ₈	17 ³ / ₈	6	16 ¹ / ₈	3 ³ / ₈	11 ³ / ₈	11 ³ / ₈	7 ¹ / ₈
									6	16 ³ / ₈	3 ¹ / ₈			
140	822 824	1500	540	950	30	7	5	20 ¹ / ₈	7	19	2 ³ / ₈	13	15	9
									7	19	2 ³ / ₈			

Ⓜ Service Factor - 1.0

Selection Procedures

1. **Determine HP/100RPM:** $HP/100\text{ RPM} = \frac{\text{Horsepower} \times 100}{\text{RPM}}$
2. **Determine Service Factor:**
Select the proper Service Factor from Table on page 13. If not listed, see Load Classification Table.
Remember to consider both driver and driven equipment and temperature requirements.
3. **Multiply HP/100 by the service factor to get equivalent HP/100 RPM.**
4. **Select the Coupling Size:**
From Table 1, with a rating equal to or greater than the equivalent HP/100 RPM determined in Step 3.
5. **Check Limiting Conditions:**
Be sure that the operating speed of the coupling does not exceed maximum RPM listed on page 4-7.
6. **Select Desired Hub Type:**
Select desired hub type and check maximum allowable coupling bore on page 14.

Table 1

Size		Equivalent HP/100 RPM
Standard	Speed	
E2	E82	0.3
E3	E83	0.58
E4	E84	0.88
E5	E85	1.48
E10	E810	2.3
E20	E820	3.65
E30	E830	5.79
E40	E840	8.85
E50	E850	12.14
E60	E860	19.84
E70	E870	35.12
E80	E880	62.7
E100	NA	135
E120	NA	270
E140	NA	540

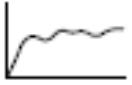
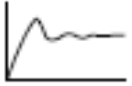
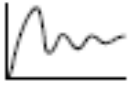
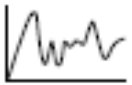

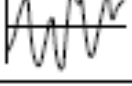
- OR**
1. **Determine Operating Torque:** $\left(\frac{63,000 \times HP}{RPM} \right)$
 2. **Multiply by Service Factor**
Select the proper Service Factor from Table on page 13.
 3. **Select the Coupling Size:**
Select coupling size from Table 2 with a capacity equal to or greater than determined in Step 2.
 4. **Follow Steps 5 & 6 Above**

Table 2

Torque Capacity			
Size	Continuous Torque (In. Lbs.)	Size	Continuous Torque (In. Lbs.)
2	190	40	5,500
3	365	50	7,650
4	550	60	12,500
5	925	70	22,125
10	1,450	80	39,500
20	2,300	100	85,050
30	3,650	120	170,100
		140	340,200

Service Factors

Service Factors are a means of classifying different equipment and applications into various load classifications. Due to variations in application of equipment, service factors are used to adjust equipment ratings to accommodate for variable loading conditions. This is a general guide. More specific factors are given on page 13.

	Load Classifications	Service Factors																	
	Continuous service and running loads vary only slightly.	1.0	<p style="text-align: center;">Omega® Element Temperature Range (Ambient)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">-40°F</td><td style="text-align: center;">+200°F</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;">to</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-40°C</td><td style="text-align: center;">+93°C</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">High Temperature Service Factor Adjustment*</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Ambient Temp.</th> <th>S.F. Adjust.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">+150°F (66°C)</td><td style="text-align: center;">0.025</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">+165°F (74°C)</td><td style="text-align: center;">0.05</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">+180°F (82°C)</td><td style="text-align: center;">0.75</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">+200°F (93°C)</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </tbody> </table> <p>*Added to application service factor</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: small;"> The service factor adjustment for high temperature is in addition to the service factor consideration for the driver and driven equipment. However, if high temperatures are typical for a specific application, maximum temperature consideration is incorporated into the "typical" service factor listing on page 13. I.e., steel mill runout tables. </div>	-40°F	+200°F	to		-40°C	+93°C	Ambient Temp.	S.F. Adjust.	+150°F (66°C)	0.025	+165°F (74°C)	0.05	+180°F (82°C)	0.75	+200°F (93°C)	1
-40°F	+200°F																		
to																			
-40°C	+93°C																		
Ambient Temp.	S.F. Adjust.																		
+150°F (66°C)	0.025																		
+165°F (74°C)	0.05																		
+180°F (82°C)	0.75																		
+200°F (93°C)	1																		
	Torque loading varies during operation of the equipment.	1.5																	
	Torque loading varies during operation, frequent stop/start cycles are encountered.	2.0																	
	For shock loading and substantial torque variations.	2.5																	
	For heavy shock loading or light reversing drives.	3.0																	
	Reversing torque loads do not necessarily mean reversal of rotation. Depending upon severity of torque reversal, such loads must be classified between "medium" and "extreme."	Consult Rexnord																	

Coupling Selection

Hub Size	Bore Ranges							
	Straight Bore		TAPE R-LOCK # ① ②			ODD@#		
	③ Min. Bore	③ Max. Bore	Bushing Number	Minimum Bore	Maximum Bore	Bushing Number	Minimum Bore	Maximum Bore
2	No Min.	1 1/16	NA			NA		
3	3/8	1 1/8	1008	1/8	1	NA		
4	3/8	1 1/8	1008	1/8	1	JA	3/8	1 1/8
5	3/8	1 1/8	1108	1/8	1 1/8	SH	1/2	1 1/8
10	3/8	2 1/8	1310	1/8	1 7/8	SDS	1/2	1 13/16
20	3/8	2 3/8	1610	1/8	1 11/8	SK	1/2	2 1/8
30	3/8	3 1/8	2012	1/8	2 1/8	SF	1/2	2 11/8
40	3/8	3 3/8	2517	1/8	2 3/8	E	1/2	3 1/8
50	1 1/8	4	2517	1/8	2 3/8	E	1/2	3 1/8
60	1 1/8	4 1/8	3020	1/8	3 1/8	F	1	3 11/8
70	1 3/8	4 3/8	3535	1 3/8	3 3/8	J	1 1/8	4 1/8
80	1 3/8	5 1/8	4040	1 3/8	4 1/8	M	1 1/8	5 1/8
100	1 3/8	7 1/8	4545	1 3/8	4 3/8	M	1 1/8	5 1/8
120	1 3/8	8 1/8	5050	2 3/8	5	N	2 3/8	6
140	1 3/8	9 1/8	7060	4 3/8	7	P	2 3/8	7

① Bushings are not included with bushed hubs. Bushing bore ranges may vary, check with bushing manufacturer.

② Rough bores are slightly undersized to conform with minimum bore specifications.

③ With shallow keyway and steel hub.

Rexnord Omega® Couplings Interchange ④

Omega	Dodge Para-Flex	Loveloy (Rubber)	TB Woods (Rubber)	Falk Grid			Kap-Flex Gear
				1000T	10T	F	
2		L-095	5	1020T	20T	3	1H
3		L-099, L-100	6	1030T	30T	4	1H
4		L-110	7	1040T	40T	4	1H
5	50	L-110	8	1040T, 1050T	40T, 50T	5, 6	1H, 1 1/2H
10	80	L-150, L-190	9	1050T, 1060T	50T, 60T	7, 8	1 1/2H
20	70	L-225	10	1060T, 1070T	60T, 70T	8, 9	1 1/2H, 2H
30	80	L-275	11	1070T, 1080T	70T, 80T	9, 10	2H, 2 1/2H
40	90		12	1090T	90T	10	2 1/2H
50	110			1090T	90T	11	2 1/2H
60	120		13	1090T	90T	11	2 1/2H
70	140		14	1100T	100T	13	3H
80	160		16	1110T	110T	14	3H
100	200		NA	1120T	120T	15	⑤
120	240		NA	1130T, 1140T	130T, 140T	16, 17	⑤
140	280		NA	1150T	150T	18	⑤

④ CAUTION should be applied when using any interchange chart (particularly with respect to gear and grid couplings) since each product has different dimensions, benefits and service factor recommendations. This interchange is based on typical specifications for centrifugal pump applications at 1750 RPM. For specific applications, consult Rexnord, refer to page 12, or ask for our free Slide Selector. Use this chart as a general guide.

⑤ Consult Rexnord.

Bore Specification

Couplings will be bored in accordance with AGMA Standard 9002 for flexible couplings.

Finished bore hubs will be Class 1 clearance fit unless otherwise specified.

Shaft Dia.	Class 1 Clearance Fit	Interference Fit	Shaft Dia.	Class 1 Clearance Fit	Interference Fit
1/2	.500-.501	.4990-.4995	2 3/8	2.3750-2.3765	2.373-2.374
5/8	.625-.626	.6240-.6245	2 1/2	2.5000-2.5015	2.498-2.499
3/4	.750-.751	.7490-.7495	2 5/8	2.6250-2.6265	2.623-2.624
7/8	.875-.876	.8740-.8745	2 3/4	2.7500-2.7515	2.748-2.749
1	1.000-1.001	.9990-.9995	2 7/8	2.8750-2.8765	2.873-2.874
1 1/8	1.125-1.126	1.1240-1.1245	3	3.0000-3.0015	2.998-2.999
1 1/4	1.250-1.251	1.2490-1.2495	3 1/4	3.2500-3.2515	3.2470-3.2485
1 3/8	1.375-1.376	1.3740-1.3745	3 1/2	3.5000-3.5015	3.4970-3.4985
1 1/2	1.500-1.501	1.4990-1.4995	3 5/8	3.6250-3.6265	3.6230-3.6235
1 5/8	1.625-1.626	1.623-1.624	3 3/4	3.7500-3.7515	3.7470-3.7485
1 3/4	1.750-1.751	1.748-1.749	4	4.0000-4.0015	3.9970-3.9985
1 7/8	1.875-1.876	1.873-1.874	4 1/2	4.500-4.502	4.4985-4.4990
2	2.000-2.001	1.998-1.999	5	5.000-5.002	4.9985-4.9990
2 1/8	2.125-2.126	2.123-2.124	5 1/2	5.500-5.502	5.4985-5.4995
2 1/4	2.250-2.251	2.248-2.249	6	6.000-6.002	5.9980-5.9995

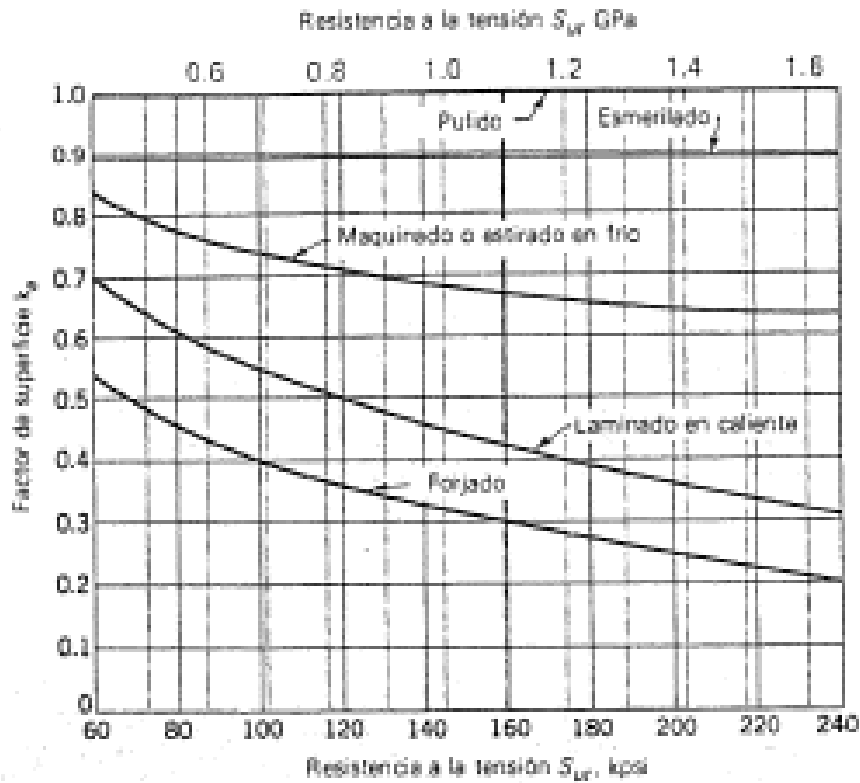
Bore Sizes

Nominal Shaft Diameter	Keyway					Setscrew Dia. Class 2B UNC Thread	Recommended Tightening Torque (in. Lbs.)
	Width	Depth	Sq. Root	1/8	1/4		
1/8	1/16	1/32	1/16	1/16	1/16	1/16-20	87
1/4	1/8	1/16	1/8	1/8	1/8	3/8-16 ^①	290
3/8	3/16	3/32	3/16	3/16	3/16	1/2-13 ^②	620
1/2	1/2	1/8	1/2	1/2	1/2	3/4-11	1325
5/8	5/16	5/32	5/16	5/16	5/16	7/8-10	2400
3/4	3/4	3/8	3/4	3/4	3/4	1 1/8-9	5200
7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8		
1	1	1	1	1	1		
1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1-8	7200
1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4		
1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2		

① Maximum setscrew diameter for 1/2-20 UNC for size #2 hub.

② Maximum setscrew size for hub sizes #3 thru #10 is 3/8-16 UNC.

Anexo G. Tablas factores de Marin y concentradores de esfuerzos.



Confiabilidad R	Variable estandarizada z	Factor de confiabilidad k_t
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.759
0.999 9	3.719	0.702
0.999 99	4.265	0.659
0.999 999	4.753	0.620
0.999 999 9	5.199	0.584
0.999 999 99	5.612	0.551
0.999 999 999	5.997	0.520

