

**UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO.**



**“MANTENIMIENTO DE REDUCTORES CICLOIDALES Y DE ENGRANAJES”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE  
POSTGRADOS UCA**

**Y**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS UDB.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.**

**PRESENTADO POR:**

**JOSÉ LUIS GARCÍA SANTIAGO.**

**ASESOR DE TESIS:**

**ING.MSC. MIGUEL CONTRERAS**

**AGOSTO DE 2020**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.**

## **Rectores**

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

## **Secretarias Generales**

Silvia Elinor Azucena de Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

## **Decana de Postgrados UCA**

Nelly Arely Chévez Reynosa

## **Decano Facultad de Ingeniería**

Mario Guillermo Juárez Pérez

## **Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial**

Laura Beatriz Orellana UCA

José Luis Martínez UDB

## **Asesor de Tesis.**

Ing.Msc. Miguel Contreras

## **AGRADECIMIENTOS.**

Primeramente quiero agradecer a Dios, por darme la fé, la sabiduría, y el entusiasmo para poder llegar hasta este momento de concluir este trabajo de graduación, ya que sin su ayuda, y solo con nuestras fuerzas no podríamos alcanzar los objetivos y metas en la vida. Agradezco también a mi familia por motivarme a seguir y darme su ayuda incondicional, mis padres que desde un inicio pusieron su empeño en guiarme hacia el aprendizaje y que a través de los años se volvía un peldaño más, era la base para seguir hasta este momento. Agradezco también a los miembros del jurado; Ing.MSc Carlos Liquez, Ing.MSc. Adolfo Velasco, Arq.Msc Eduardo Sandoval. Por su valioso aporte en observaciones y correcciones para la conclusión de este trabajo. A mis catedráticos que con esmero nos transmitieron sus conocimientos; a mi asesor de tesis, Ing. MSc Miguel Contreras y al personal del ingenio Central Izalco que brindo su colaboración y tiempo en proporcionar aportes importantes para el desarrollo de este trabajo.

## **DEDICATORIAS.**

Dedico este triunfo primeramente a Dios por permitirme concluir este trabajo, ya que sin su ayuda no lo habría logrado, a mi familia por contar siempre con su apoyo incondicional; así también a una persona muy especial en mi vida, Sonia Marisol Sánchez Mercado, por compartir su amistad incondicional y su tiempo conmigo.

## CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| AGRADECIMIENTOS.....  | 3    |
| DEDICATORIAS.....   | 3    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | vi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | viii |
| OBJETIVO GENERAL.....   | x    |
| OBJETIVO ESPECÍFICO. ....   | x    |
| ALCANCES.....   | xi   |
| LIMITANTES.....   | xi   |
| ANTECEDENTES.....   | xii  |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DE REDUCTORES DE VELOCIDAD Y MOTORREDUCTORES.....    | 14   |
| 1.1 PARTES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD CICLOIDAL.....   | 15   |
| 1.2 PARTES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE ENGRANAJES.....                                     | 17   |
| 1.3 APLICACIONES DE LAS CAJAS REDUCTORAS DE VELOCIDAD.....                                    | 18   |
| 1.4 MOTORREDUCTORES.....  | 18   |
| 1.5 ELEMENTOS O ACCESORIOS ACOPLADOS A UN REDUCTOR DE VELOCIDAD.....                          | 18   |
| 1.5.1 ACOPLÉS.....  | 19   |
| 1.5.2 RUEDA DENTADA .....   | 23   |
| 1.5.3 POLEAS.....   | 25   |
| CAPÍTULO II. GESTIÓN DE ACTIVOS.....  | 29   |
| 2.1 EL CONTROL DE LOS ACTIVOS REDUCTORES DE VELOCIDAD.....                                    | 29   |
| 2.2 BUENAS PRÁCTICAS O MEJORAS EN LA DE SELECCIÓN Y OPERACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD..... | 32   |
| 2.2.1. BUENAS PRÁCTICAS DE SELECCIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD.....                          | 32   |
| 2.2.2 BUENAS PRÁCTICAS DE OPERACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD.....                           | 35   |
| 2.3 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.....  | 36   |
| CAPÍTULO III. MANTENIMIENTO A REDUCTORES DE VELOCIDAD CICLOIDALES Y DE ENGRANAJES.....        | 43   |
| 3.1. CLASIFICACION DE ACTIVOS DE ACUERDO A SU CRITICIDAD.....                                 | 43   |
| 3.2. ANÁLISIS SOBRE LOS ENGRANAJES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD.....                           | 49   |

|  |     |
|--|-----|
| 3.3 TÉCNICA DE ANÁLISIS CAUSA RAÍZ PARA REDUCTORES DE VELOCIDAD, UNA APLICACIÓN CRÍTICA, EN INGENIO CENTRAL IZALCO. .... | 58  |
| 3.4 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICABLES A REDUCTORES DE VELOCIDAD. .   | 65  |
| 3.4.1 VIBRACIONES MECÁNICAS .....  | 65  |
| 3.4.2 ANÁLISIS POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA .....  | 80  |
| 3.4.3 ANÁLISIS DE ACEITES.....   | 85  |
| 3.5 PLANES DE MANTENIMIENTO PARA REDUCTORES DE VELOCIDAD. ....   | 90  |
| 3.5.1 REDUCTORES DE VELOCIDAD CLASIFICADOS COMO TIPO “A”, CRÍTICOS. ....   | 90  |
| 3.5.2 REDUCTORES DE VELOCIDAD CLASIFICADOS COMO TIPO “B”, MEDIANAMENTE CRÍTICOS.....                                     | 97  |
| 3.5.3 REDUCTORES DE VELOCIDAD CLASIFICADOS COMO TIPO “C” (NO CRÍTICOS PARA LAS OPERACIONES). ....                        | 98  |
| 3.6 ANÁLISIS DE DATOS DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD.....                                | 98  |
| 3.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....  | 99  |
| 3.7.1 INDICADORES TÉCNICOS. ....   | 99  |
| 3.7.2 INDICADORES DE COSTOS. ....  | 102 |
| 3.8 CICLOS DE VIDA ÚTIL DE REDUCTORES DE VELOCIDAD. ....   | 103 |
| 3.8.1 JUSTIFICACIÓN DE REEMPLAZO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD. ....   | 107 |
| 3.9 ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE UNA CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD. ....   | 109 |
| 3.9.1 BAJA FIABILIDAD.....   | 109 |
| 3.9.2 LAS CONDICIONES DE LA CARGA HAN CAMBIADO. ....   | 109 |
| 3.10 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO. ....  | 112 |
| 3.10.1 COSTOS.....   | 112 |
| 3.10.2 BENEFICIOS.....   | 112 |
| CONCLUSIONES. ....   | 114 |
| RECOMENDACIONES. ....  | 115 |
| GLOSARIO.....  | 116 |
| BIBLIOGRAFÍA.....  | 119 |
| ANÉXOS. ....   | 120 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Partes de un reductor cicloidal tipo simple montaje horizontal y vertical ..... | 15 |
| Figura 2. Reductor de velocidad /Tipo disco simple (tamaño de armazón 4075-4095) .....    | 16 |
| Figura 3. Reductor de velocidad doble reducción.....                                      | 16 |
| Figura 4. Partes de un reductor de engranajes. ....                                       | 17 |
| Figura 5. Acople de rejilla.....  | 21 |
| Figura 6. Acople tipo cadena.....   | 22 |
| Figura 7. Acople de brida .....   | 23 |
| Figura 8. Tipos de sprocket.....  | 24 |
| Figura 9. Tipos de poleas .....   | 27 |
| Figura 10. Proceso de codificación de activos. Creación propia .....                      | 30 |
| Figura 11. Esquema de análisis RCA .....  | 36 |
| Figura 12. Pasos a seguir para aplicar la técnica RCA.....                                | 37 |
| Figura 13. Pasos a seguir para auditar la técnica RCA. ....                               | 42 |
| Figura 14. Diente desgastado .....  | 51 |
| Figura 15. Diente picado.....   | 51 |
| Figura 16. Diente roto debido a engranaje mal alineado .....                              | 52 |
| Figura 17. Dientes rotos debido a mal alineamiento de engranajes.....                     | 53 |
| Figura 18. Rotura de dientes por mal alineamiento. ....                                   | 54 |
| Figura 19. Modos de fallo de reductores de velocidad.....                                 | 57 |
| Figura 20. Datos de placa reductor de picadora de caña #1.....                            | 58 |
| Figura 21. Árbol de análisis de fallo.....  | 63 |
| Figura 22. Toma de vibraciones mecánicas a reductores de velocidad .....                  | 65 |
| Figura 23. Posible falla en el sensor. ....   | 67 |
| Figura 24. Desequilibrio máquinas verticales.....   | 68 |
| Figura 25. Rotor excéntrico.....  | 69 |
| Figura 26. Falla en el engranaje.....   | 69 |
| Figura 27. Falla de desalineación. ....   | 69 |
| Figura 28. Falla de desalineación angular .....   | 70 |
| Figura 29. Falla de desalineación paralela. ....  | 71 |
| Figura 30. Falla de eje doblado. ....   | 72 |
| Figura 31. Falla de rodamiento amortillado .....  | 73 |
| Figura 32. Falla de desgaste de los dientes.....  | 74 |
| Figura 33. Falla de los dientes sobrecargados. ....                                       | 74 |
| Figura 34. Falla juego de engranajes .....  | 75 |
| Figura 35. Falla engranajes excéntricos.....  | 76 |
| Figura 36. Falla engranaje desalineado.....   | 76 |
| Figura 37. Falla engranaje agrietado o roto. ....   | 77 |
| Figura 38. Falla engranaje agrietado o roto .....   | 78 |
| Figura 39. Falla de acoplamiento. ....  | 78 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 40. Falla desbalance del acople.....   | 78  |
| Figura 41. Falla desgaste del acople.....   | 79  |
| Figura 42. Falla fajas desgastadas o sueltas. ....  | 79  |
| Figura 43. Termografía a Reductor.....  | 84  |
| Figura 44. Proceso de deterioro de equipos a causa del aceite. ....                                 | 86  |
| Figura 45. Análisis comparativo de resultados LCCA. Creación propia. ....                           | 105 |
| Figura 46. Curva de la bañera evolución del mantenimiento y sus costos. ....                        | 106 |
| Figura 47. Variación de la disponibilidad en función del tipo de mantenimiento. ....                | 107 |
| Figura 48. Afectación de la vida útil del equipo al aplicar solo un tipo de mantenimiento.<br>..... | 108 |
| Figura 49. Comparación de selección de equipos. Creación propia.....                                | 110 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Modos de fallo de un acople. Creación propia.....  | 20  |
| Tabla 2. Modos de fallo de los Sprocket. Creación propia. ....  | 25  |
| Tabla 3. Modos de fallo de las poleas. Creación Propia.....   | 28  |
| Tabla 4. Clasificación de riesgo de los equipos.....  | 48  |
| Tabla 5. Jerarquización de criticidad de los equipos. Creación propia. ....                                 | 48  |
| Tabla 6. Modo de fallo de un engranaje. ....  | 49  |
| Tabla 7. Lubricación con grasa de reductores cicloidales.....   | 55  |
| Tabla 8. Reductores cicloidales lubricados con aceite. ....   | 55  |
| Tabla 9. Reductores cicloidales lubricados con aceite y bombeado.....                                       | 56  |
| Tabla 10. Modos de fallo y sus respectivos costos. Elaboración propia.....                                  | 61  |
| Tabla 11. Tabla ISO 10816-3 Cuadro de severidad de vibraciones.....   | 66  |
| Tabla 12. Índice de acidez.....   | 88  |
| Tabla 13. Tabla para control general del estado de los equipos. Creación propia.....                        | 93  |
| Tabla 14. Partes a revisar para un mantenimiento programado reductor cicloidales.<br>Creación propia. ....  | 95  |
| Tabla 15 . Partes a revisar para mantenimiento programado reductores de engranaje.<br>Creación propia. .... | 96  |
| Tabla 16. Número de horas hombre. Creación propia.....  | 96  |
| Tabla 17. Cronograma de ejecución de mantenimiento de acuerdo a horas hombre.<br>Creación propia. ....      | 97  |
| Tabla 18. Componentes que se pueden evaluar en la confiabilidad. ....                                       | 100 |
| Tabla 19. Componentes que se pueden evaluar para la frecuencia de falla. ....                               | 100 |
| Tabla 20. Componentes que se pueden evaluar para tiempo medio entre fallas. ....                            | 101 |
| Tabla 21. Componentes que se pueden evaluar para la disponibilidad.....                                     | 101 |

## RESUMEN.

El mantenimiento a reductores de velocidad ya sea cicloidales o de engranajes es un tema que ocupará el presente trabajo; en la presente investigación, se estudia los diferentes componentes, que forman parte en sí del equipo reductor de velocidad, y que juegan un papel importante en la operación y en la prolongación de la vida útil del mismo, También se analiza la gestión de activos enfocado en el control que estos deben de tener dentro de la planta y se pueda hacer una buena documentación y registros para el mantenimiento. Además se plasma de manera sistemática como realizar una gestión de mantenimiento. Derivándose de todo esto la necesidad de establecer una línea de conocimiento la cual se denominará **“Mantenimiento a reductores de velocidades cicloidales y de engranajes”**.

En muchas ocasiones cuando falla un equipo, se vuelve un tema integral de análisis que puede involucrar diversos escenarios que va desde investigar si fue una selección inadecuada del equipo, hasta conocer si las causas de falla han sido por los componentes mal instalados, mal seleccionados o por averías, ya sea por el uso o por otra causa. Hacer un análisis completo involucra tener un personal capacitado tanto en conocer cómo se comportan estos componentes, así como tener conocimiento en diversas técnicas de mantenimiento predictivo.

Debido a que las empresas cada día buscan tener equipos que fallen menos; al reparar una falla, la empresa, debe de hacer un análisis RCA, (Análisis Causa Raíz), y hacer una investigación más a fondo en la solución para no tener problemas de paros recurrentes, ya que impacta negativamente en los indicadores de operación y mantenimiento de la planta

## **OBJETIVO GENERAL.**

Generar tópicos de buenas prácticas de mantenimientos de los reductores cicloidales y de engranajes, analizándolo de manera integral con todos los accesorios que lo componen, su buena gestión de activos, sus planes de mantenimiento y su metodología de inspección para minimizar costos por fallas durante la zafra, contando con personal de planta o tercerizado.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO.**

- Conocer los modos de fallo de los componentes acoplados en un reductor de velocidad cicloidales y de engranajes.
- Establecer buenas prácticas de selección y operación a reductores de velocidad cicloidal y de engranajes que ayuden a minimizar fallas.
- Proponer planes de mantenimiento a reductores de velocidad y su metodología de inspección.

## **ALCANCES.**

- Conocer las partes o accesorios que están asociados a un reductor de velocidad, presentar los modos de fallos de sus accesorios acoplados, así como los propiamente ocurridos sobre ellos. Y ante una falla dar a conocer cómo realizar un análisis RCA.
- Proponer mejoras en su gestión que como activos, así como proponer planes de mantenimiento requerido, tomando en cuenta su metodología de inspección para minimizar fallas a lo largo de su ciclo de vida.

## **LIMITANTES.**

- se ha enfocado en un área específica que son los reductores de velocidad considerados críticos específicamente del área de picado de caña del Ingenio Central Izalco del cual se tomaron datos y se plasma un análisis RCA, de una de las fallas ocurridas. Para los demás equipos considerados no críticos se tuvo como limitante la recolección de información administrativa de mantenimiento (causas de falla, frecuencia de falla, tiempo medio entre falla, otros). La limitante también fue en tiempo.
- Se plasma información de diferentes visitas a ingenios azucareros, por lo cual es ésta industria la más estudiada en este trabajo.

## ANTECEDENTES.

En El Salvador hoy día existen al menos seis ingenios azucareros (Ingenio Chaparrastique, Ingenio central Izalco, Ingenio El Ángel, Ingenio Jiboa, Ingenio La cabaña, Ingenio La Magdalena). Cada uno con una maquinaria similar propia para el proceso de extracción de azúcar, y cada uno enfocado en lograr crecer en el rubro de la generación de energía eléctrica. El presente trabajo se enfoca en el ingenio Central Izalco debido a que fue éste ingenio quien abrió sus puertas para poder hacer la recolección de información que se estudia en este trabajo; aunque también fue posible visitar otros ingenios de los cuales se pudo tener información valiosa del ambiente operacional bajo el cual funcionan los reductores de velocidad, y se plasman también una serie de recomendaciones encaminadas a la solución de las malas prácticas ejecutadas en muchas ocasiones por un desconocimiento de estos equipos, y en otras veces por la premura de mantener la planta operativa. Algunas malas prácticas van desde la selección inadecuada de equipos hasta accesorios mal instalados (ruedas dentadas, acoples entre otros); lo que repercute en que la planta opere a un costo mayor. Si bien es cierto hay muchas técnicas de mantenimiento predictivo, que se aplican al mantenimiento de reductores de velocidad (termografía, vibración mecánica, análisis de aceite, y otros), además de personal entrenado y con experiencia en el mantenimiento de reductores; se logra determinar que hay una necesidad en este rubro, que va más allá de solo instalar un equipo y dar mantenimiento, ya que su buen desempeño depende no solo de una buena instalación mecánica; si no también, del análisis de la carga y la aplicación específica en la cual trabajará, es por eso que, existe la necesidad de conocer más a profundidad los procesos operativos de producción (toneladas a mover, velocidades, tipo de producto, horas diarias de operación, y otros) a los que se someterá un equipo

reductor de velocidad, en ocasiones al cambiar los parámetros operativos, el equipo se ve afectado en su desempeño y falla prematuramente.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO DE REDUCTORES DE VELOCIDAD Y MOTORREDUCTORES.

Reductores de velocidad hay de diversos tipos: desde potencias muy pequeñas que pueden ser de menos de 1 HP hasta potencias muy grandes, de 1000HP o más. Todo depende de la aplicación para la cual se requiera.

Estos equipos existen en la mayoría de empresas industriales, desempeñando un trabajo sumamente importante en las operaciones de la planta. Su trabajo principal es transformar una potencia eléctrica en mecánica, debido al diseño que estos equipos tienen esta transformación se lleva a cabo internamente en la caja reductora de velocidad a través de sus engranajes o discos cicloidales, de esta manera pasa de una velocidad alta, la cual recibe el reductor, a una velocidad baja la cual entrega el reductor en su eje de baja velocidad. Para ello se usa el termino llamado *ratio*, el ratio nos indica la relación de transformación de velocidad en un reductor, así por ejemplo un ratio 20:1 indica que por cada 20 vueltas en su entrada, el reductor entregara 1 vuelta a la salida.

Entonces, la frase reductores de velocidad, es usada en este trabajo para dar a entender el cambio de velocidad en su eje de salida que experimenta un equipo cuando en su eje de entrada o eje de alta recibe una velocidad superior en rpm. Hay diversos tipos de reductores de velocidad entre los cuales podemos mencionar como ejemplo los siguientes:

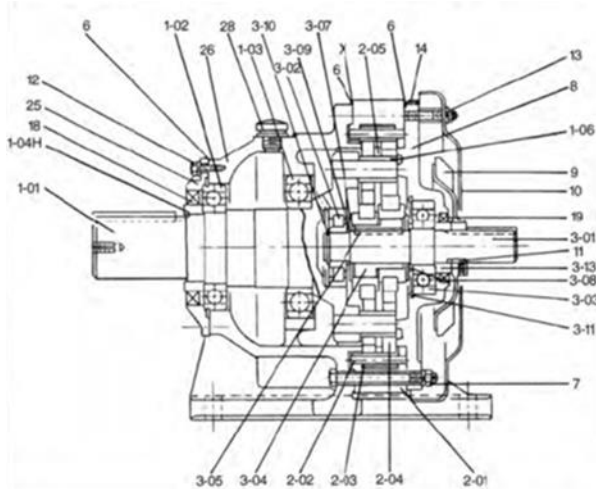
- a) Reductores de velocidad sin fin corona.
- b) Reductores de velocidad de engranajes.
- c) Reductores de velocidad cicloidales.

Estos equipos están compuestos por diferentes partes, en este documento se estudiarán los reductores de engranajes y los del tipo cicloidal.

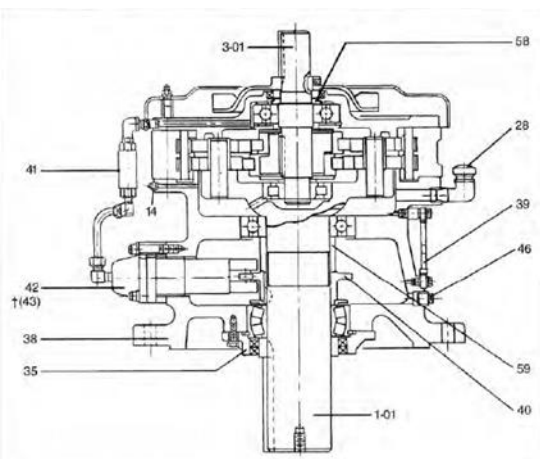
## 1.1 PARTES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD CICLOIDAL<sup>1</sup>.

La construcción general de la que se compone un reductor de velocidad del tipo cicloidal es la siguiente:

Reducción simple Montaje horizontal



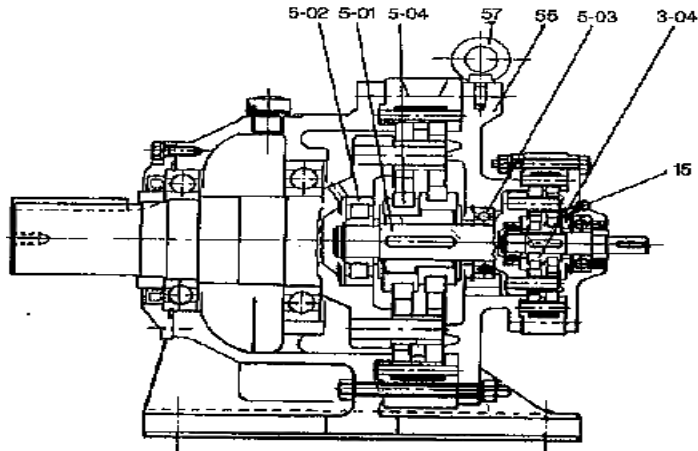
Reducción simple montaje Vertical



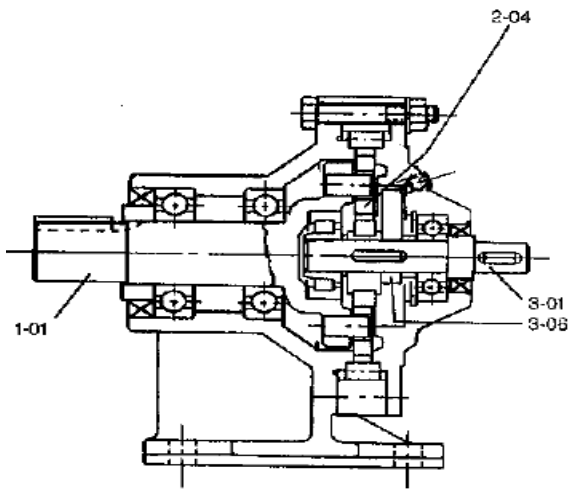
| N° Parte | Nombre de parte                                      |
|----------|--|
| 1-01     | Pines para el eje de baja velocidad                  |
| 1-02     | Rodamiento A   |
| 1-03     | Rodamiento B   |
| 1-04H    | Sello para el collar horizontal                      |
| 1-06     | Rodillos para el eje de baja velocidad               |
| 2-01     | Carcasa radial para los engranajes.                  |
| 2-02     | Pasadores de corona                                  |
| 2-03     | Rodillo para los engranajes radiales.                |
| 2-04     | Discos cicloidales                                   |
| 2-05     | Anillo espaciador                                    |
| 3-01     | Eje de alta velocidad                                |
| 3-02     | Balero C   |
| 3-03     | Balero D   |
| 3-04     | Ensamblaje del balero excéntrico                     |
| 3-05     | Cuña para excéntrica                                 |
| **3-6    | Contrapeso   |
| 3-07     | Espaciador   |
| 3-08     | Espaciador   |
| 3-09     | Espaciador   |
| 3-10     | Anillos retenedores                                  |
| 3-11     | Anillos retenedores                                  |
| 3-13     | Collar   |
| 5-01     | Pines para eje intermedio                            |
| 5-02     | Balero F   |
| 5-03     | Balero G   |
| 5-04     | Ensamblaje del balero excéntrico                     |
| 6        | Empaquetadura  |
| 7        | Perno de tuerca de la carcasa                        |
| 8        | Alta velocidad y protección                          |
| 9        | ventilador de enfriamiento y set de tornillos        |
| 10       | Cubierta protectora.                                 |
| 11       | cuña para ventilador                                 |
| 12       | Pernos para SS y sellos para el aceite de la carcasa |
| 13       | Pernos espaciadores para cubierta del ventilador     |
| 14       | Enchufe  |
| 15       | Niple para grasa                                     |
| 18       | Sello para aceite de la salida de baja velocidad     |
| 19       | Sello para aceite de la salida de alta velocidad     |
| 25       | Sello de aceite para la Carcasa horizontal           |
| 26       | Caja horizontal                                      |
| 28       | Enchufe para cambio de aceite                        |
| 29       | Calibrador de aceite unidad vertical                 |
| 35       | Sello de aceite para la Carcasa vertical             |
| 38       | Caja vertical, integral tipo V                       |
| 39       | Calibrador de aceite unidad vertical                 |
| 40       | Leva   |
| 41       | Set de tubería y señal de aceite                     |
| 42       | Desatascador   |
| 43       | Bomba de desplazamiento positivo                     |
| 46       | Drenaje  |
| 55       | Cubierta intermedia                                  |
| 57       | Cánamo   |
| 58       | Lanzador de aceite                                   |
| 59       | Espaciador   |

Figura 1. Partes de un reductor cicloidal tipo simple montaje horizontal y vertical

<sup>1</sup> Sumitomo.2004, manual de operación y mantenimiento



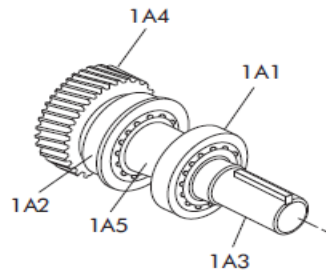
**Figura 2. Reductor de velocidad /Tipo disco simple (tamaño de armazón 4075-4095)**



**Figura 3. Reductor de velocidad doble reducción.**

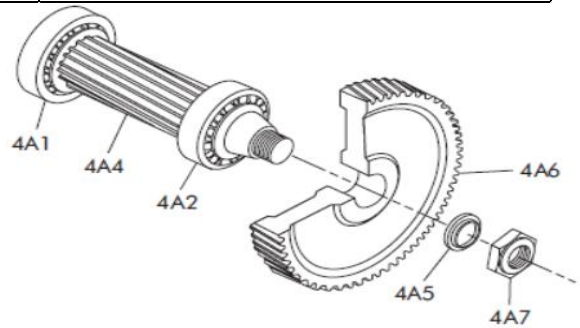
## 1.2 PARTES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE ENGRANAJES.

Entre las partes que se pueden encontrar en una caja reductora de velocidad del tipo engranaje se tienen las siguientes.

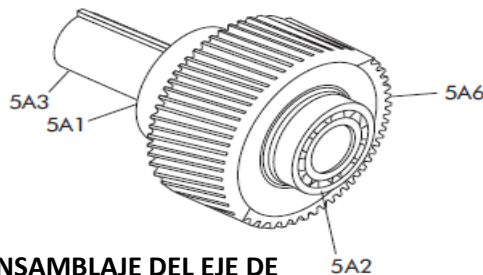


**ENSAMBLAJE DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD 1A**

| 1A  | Ensamblaje de eje 1A1 a 1A5            |
|-----|--|
| 1A1 | Rodamiento                             |
| 1A2 | Rodamiento                             |
| 1A3 | eje                                    |
| 1A4 | Piñon                                  |
| 1A5 | Espaciador tamaño 1060 a 1070          |
| 4A  | Ensamblaje de eje 4A1 a 4A7            |
| 4A1 | Rodamiento                             |
| 4A2 | Rodamiento                             |
| 4A4 | Piñon y eje Ref 4A7                    |
| 4A5 | Spaciador tamaño 1100-1130 & 100 a 130 |
| 4A6 | Engranaje                              |
| 4A7 | Tuerca de bloqueo                      |
| 5A  | Ensamblaje de eje 5A1 a 5A6            |
| 5A1 | Rodamiento                             |
| 5A2 | Rodamiento                             |
| 5A3 | Eje                                    |
| 5A6 | Engranaje                              |



**ENSAMBLAJE DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD 4A**



**ENSAMBLAJE DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD 5A**

**Figura 4. Partes de un reductor de engranajes.**

### **1.3 APLICACIONES DE LAS CAJAS REDUCTORAS DE VELOCIDAD.**

La variedad de aplicaciones para este tipo de equipos es amplia, trabaja comúnmente en conjunto con motores eléctricos.

En la industria azucarera por ejemplo, se pueden ver instalados desde los inicios del proceso en el área de patio de caña, accionando ejes de mesas alimentadoras de caña; en los conductores de caña; en las áreas de purificación de jugo, se pueden ver movilizand o ejes verticales en tanques mezcladores. Los sistemas trasportadores de bagazo hacia las calderas, aquí la función de los reductores es movilizar bandas, y así se pueden enumerar muchas aplicaciones para estos equipos en esta industria.

En empresas de rubros diferentes al de la agroindustria como los ejemplos mencionados anteriormente, las aplicaciones son muy similares, lo que cambia son los equipos que movilizan.

### **1.4 MOTORREDUCTORES.**

Los motorreductores, son las unidades que como su nombre mismo lo indica es una palabra compuesta que indica que ya viene integrado a través de una brida el motor y reductor a la vez, para su selección correcta siguen el mismo patrón que una caja reductora, tomando los mismos parámetros que se describen para ellos. Sus usos también son diversos en la agroindustria.

### **1.5 ELEMENTOS O ACCESORIOS ACOPLADOS A UN REDUCTOR DE VELOCIDAD.**

Para el desarrollo del presente trabajo se mencionarán los accesorios o elementos que trabajan en conjunto con la caja reductora; ya que éstas, usan elementos mecánicos ya sea en su eje de entrada tal como los acoples; o en su eje de salida, las ruedas dentadas o poleas. Estos deben de cumplir criterios técnicos para su uso. La buena selección e instalación tiene incidencia en el buen desempeño de los reductores, así también en la prolongación de su vida útil.

### 1.5.1 ACOPLES.

Para los acoples es determinante realizar una buena selección, es por eso que es necesario conocer los diámetros de eje de ambos equipos; diámetro del eje del motor y diámetro del eje de entrada del reductor, estos datos se deben de conocer para corregir a un acople mayor si se observa que el diámetro obtenido de (EC.1.1) arroja un dato que excede el límite máximo de barrenado al que se debe de maquinar una maza.

Al no considerar estos datos y excederse en mecanizar una maza de un acople, éste se debilita y pueden fallar al someterlo a esfuerzos de torsión fuera de su diseño. Los pasos específicos para una selección adecuada de acoples (D-flex, tipo rejilla, de cadena y de bridas) se presentan a continuación:

- 1) Selecciona el factor de servicio.
- 2) Determina la aplicación HP por 100 RPM.

$$\frac{hp}{100} = HP \times 100 \times FS / RPM \quad (EC1.1)$$

Dónde:

100: Constante.

HP: Potencia del motor.

FS: Factor de servicio.

RPM: RPM del acople.

- 3) Directamente de las tablas del fabricante encontrar el rango igual o más grande que el dato obtenido en la formula HP/100.
- 4) Verifica la máxima capacidad en RPM.

5) Verifica la máxima capacidad de barrenado, si el máximo barrenado excede, elija un rango mayor, pero asegurarse que las máximas RPM del acople no son excedidas.

El factor de servicio se puede obtener de tablas que proporciona el fabricante (ver anexo 5 al final del documento), mientras que las rpm del eje del acople, se selecciona de acuerdo a la velocidad final que se está requiriendo.

Para el presente trabajo, se mencionan al menos 4 tipos de acoples, los cuales son usados para la transferencia de torque mecánico entre un motor y una caja reductora:

- Acople de rejillas.
- Tipo cadena.
- De mordaza.
- De bridas.

Para un acople se pueden tener los siguiente modos de fallo.

**Tabla 1. Modos de fallo de un acople. Creación propia**

| Tipo de Acople | Modo de fallo  | Posible Causa  |
|----------------|--|--|
| De rejillas    | Quebradura en mazas                                    | Maquinado excesivo, mala selección de acoples, mala selección de las mazas   |
| De rejillas    | Quebradura en elemento que une a ambas mazas (rejilla) | Desalineamiento en mazas provenientes también desde los ejes. Falta de lubricación, en su instalación no fue lubricado |
| De rejillas    | Recalentamiento de acople                              | Falta de lubricación   |
| De cadena      | Quebradura en mazas                                    | Maquinado excesivo, mala selección de acoples, mala selección de las mazas   |
| De cadena      | Quebradura en rodillos de cadenas                      | Desalineamiento en las mazas   |
| De cadena      | Cadena floja   | Dientes desgastados  |
| De mordaza     | Quebradura en sus dientes                              | Torque excesivo  |
| De Brida       | Quebradura en sus bridas                               | Torque excesivo  |

## 1) ACOPLES DE REJILLA<sup>2</sup>

Los acoples de rejilla están compuestos por dos mazas de acero las cuales vienen centropunteadas y se pueden mecanizar a la medida, bajo criterios técnicos; en todo caso lo que se debe de evitar es mecanizarlas más de lo indicado, ya que si eso ocurre, el acople quedaría debilitado y propenso a quebrarse en la operación.

Estos acoples pueden funcionar perfectamente bien desde -35 a 210 °F, toleran desalineamiento angular de 0.5°, desalineamiento paralelo de 0.012", las velocidades que pueden alcanzar es un poco arriba de 6,000 rpm.

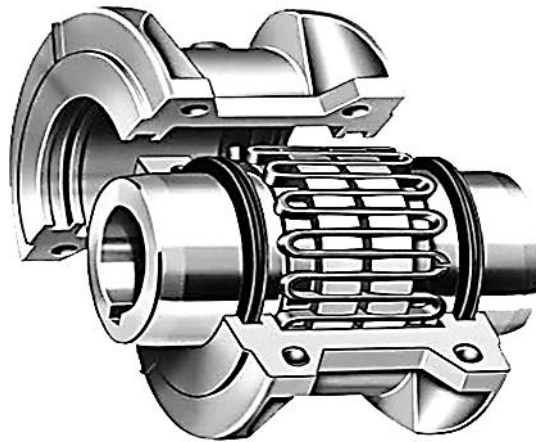


Figura 5. Acople de rejilla

## 2) ACOPLA TIPO CADENA<sup>3</sup>

El acople tipo cadena transmite torque a través de dos mazas con un sprocket endurecidos y doble cadena de rodillos, la cadena es envuelta alrededor del sprocket con un eslabón o pin fácil

---

<sup>2</sup>[DODGE,2010, PT Catalogo de componentes de ingeniería.](#)

<sup>3</sup>[DODGE,2010, PT Catalogo de componentes de ingeniería](#)

de instalar y remover. El acople dispone de un claro entre la cadena y los dientes del sprocket; este dispone de 2° de desalineamiento angular, 0.15" de desalineamiento paralelo. El rango de temperatura de operación es de -30F hasta 225°F.



**Figura 6. Acople tipo cadena**

### **3) ACOPLA DE BRIDA<sup>4</sup>**

El acople tipo raptor puede tolerar hasta 4° de desalineamiento angular y 4.8mm de desalineamiento paralelo, rango de torque hasta 38,438 N-m. En un caso que llegue a fallar los tiempos de reemplazo es mucho menor que cualquier otro, de esta manera, puede mejorarse los tiempos perdidos para reparar. Mejorando así el indicador de mantenimiento (MTTR).

---

<sup>4</sup> [\*DODGE,2010, PT Catalogo de componentes de ingeniería\*](#)



Figura 7. Acople de brida

### 1.5.2 RUEDA DENTADA

Otro elemento que forma parte o puede formar parte en los accesorios acoplados a un reductor de velocidad son las ruedas dentadas o comúnmente conocidas como sprocket, son usados en el eje de baja velocidad en las cajas reductoras, estos en conjunto con cadenas son necesarios para la transmisión de potencia. No todas las cajas reductoras llevan sprocket en su eje de baja, esto dependerá de la aplicación que se esté ejecutando. El material para los sprocket debe de ser seleccionado de acuerdo a las condiciones de trabajo y los requerimientos para la aplicación.

Hay diferentes tipos de sprocket entre los cuales podemos mencionar<sup>5</sup>:

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo A: planos sin mazas en ninguno de los lados.</li></ul> |  |
|---|--|

<sup>5</sup> [Martin Sprocket, 2013, El gran catalogo 4000](#)

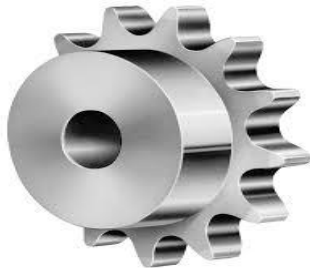

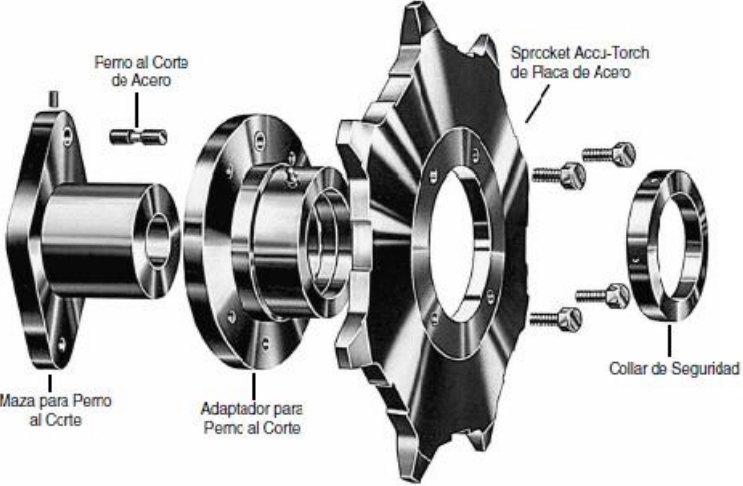
|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo B: con mazas en uno de los lados.</li> </ul> |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo C: con mazas en ambos lados.</li> </ul>      |   |
| <p>Tipo D: con mazas desmontables atornillables.</p>                                       |  |

Figura 8. Tipos de sprocket

**Rueda dentada de hileras múltiples.** Se encuentran enlistados con un prefijo de letra empezando por la letra D para doble hilera, E para triple hilera, F para hilera cuádruple.

Hay otros estilos de sprocket, se mencionan a continuación:

**Rueda dentada tipo QD (Desmontaje Rápido)** donde el buje cónico se atornilla dentro del barreno maquinado en el sprocket. Al ser insertado en el sprocket el buje se comprime contra el eje obteniéndose una sujeción firme.

**Tipo MST.** Son otros tipos de sprocket para buje y es similar al QD excepto que tiene una cuña externa para sujetar el sprocket.

**Tipo con buje Taper,** es otro estilo de sprocket con buje intercambiable. Este buje permite una firme sujeción en el eje de la transmisión.

**Tipo bipartido,** se utiliza en lugar de un sprocket con maza sólida para instalarse rápidamente sin dañar el eje ni desalinear la transmisión.

Existen algunos modos de fallo en las ruedas dentadas las cuales se escriben a continuación.

**Tabla 2. Modos de fallo de los Sprocket. Creación propia.**

| Modo de fallo   | Posible Causa.  |
|---|---|
| Dientes desgastados perdida de paso.                    | El material del cual están hechos los dientes no es adecuado para la aplicación, hay condiciones de contaminación que hace que el diente se desgaste o sufra corrosión. |
| Desmontaje de la cadena en el sprocket o rueda dentada. | Desalineamiento entre sprocket conductor y conducido.   |
| Resequedad en la cadena.                                | Cariado de los dientes  |

### 1.5.3 POLEAS<sup>6</sup>.

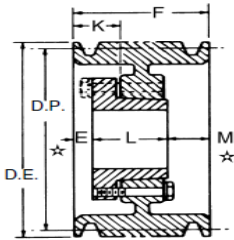
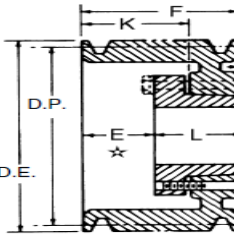
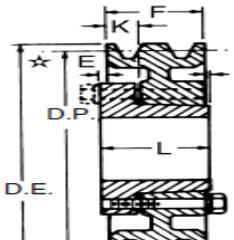
Las poleas son otros elementos los cuales se ven involucrados indirectamente en el trabajo de los reductores de velocidad. Al igual que los acoples, las poleas deben ser seleccionadas de

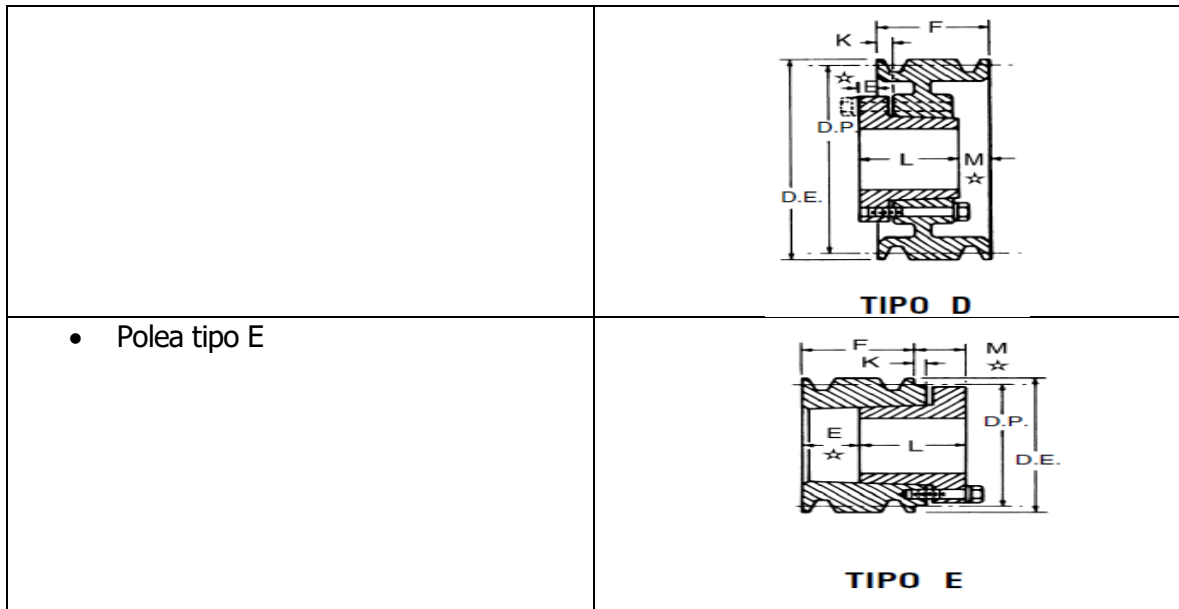
---

<sup>6</sup> [Martin Sprocket, 2013, El gran catalogo 4000](#)

acuerdo al diámetro del eje en el cual se instalará, si no se hace una selección apropiada estos pueden quebrarse. Otro factor a tomar en cuenta para la selección de poleas son las velocidades.

Hay diferentes tipos de poleas; pero, para este trabajo se presentan los tipo QD entre las cuales se mencionan:

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polea tipo A</li> </ul> |  <p style="text-align: center;"><b>TIPO A</b></p>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polea tipo B</li> </ul> |  <p style="text-align: center;"><b>TIPO B</b></p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polea tipo C</li> </ul> |  <p style="text-align: center;"><b>TIPO C</b></p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polea tipo D</li> </ul> |   |



**Figura 9. Tipos de poleas**

Para todas las anteriores de acuerdo a la aplicación pueden existir:

Poleas 3V : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 10 ranuras.

Poleas 5V : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 ranuras.

Poleas 8V : 4, 5, 6, 8, 10, y 12 ranuras.

La información necesaria que se debe de recopilar para la selección de poleas que transmiten potencia a través de bandas en V tenemos:

- La potencia del motor (HP).
- Rpm de la unidad motriz.
- Rpm de la máquina impulsada.
- La distancia entre centros de los ejes.
- Diámetros de los ejes de las dos unidades.
- El promedio diario de horas de operación.

En el anexo 7 se podrá encontrar, los parámetros técnicos correspondiente a las poleas mencionadas en este apartado.

A continuación se listan algunos modos de fallo; cuando una polea ya no está funcionando con las características de diseño original.

**Tabla 3. Modos de fallo de las poleas. Creación Propia.**

| Modo de fallo                             | Posible Causa.  |
|---|---|
| No se desarrolla las rpm que se requieren | Ranuras desgastadas, la faja queda floja.   |
| Se dispara el motor.                      | Hay una mala selección en la faja y hay mucha tracción en las ranuras de las poleas.          |
| Quebradura en sus bujes                   | Mala selección de las poleas, se seleccionó para eje muy grueso y se excedió en su maquinado. |

## **CAPÍTULO II. GESTIÓN DE ACTIVOS.**

En el contenido de este capítulo se proponen mejoras en la administración de los bienes con el objetivo de generar beneficios en la estrategia de mantenimiento.

### **2.1 EL CONTROL DE LOS ACTIVOS REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

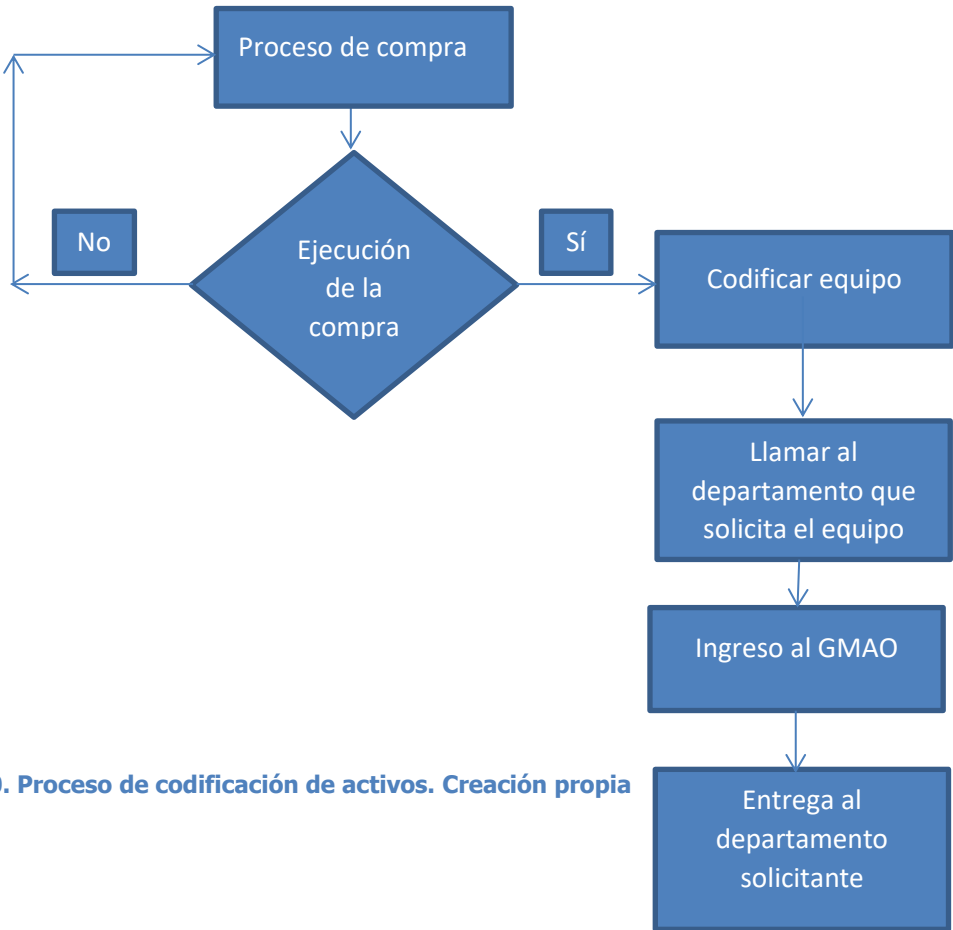
Cuando un equipo entra nuevo a la planta el primer día de operación es necesario recolectarle los datos de placa, o los datos operativos iniciales; así por ejemplo se pueden recolectar: La potencia del motor que lo mueve, la relación de velocidad o ratio del reductor, toneladas por hora a mover, los datos de la carga (carga liviana, moderada, o de alto impacto, otros). Esto con el fin de documentar sus datos y monitorear el comportamiento del reductor desde sus inicios e ir analizándolo a lo largo de su ciclo de vida.

En este breve apartado se harán recomendaciones de un proceso que se debe de seguir desde la adquisición y puesta en marcha de un activo con el objetivo de lograr su trazabilidad de su mantenimiento. Generar nombres y códigos a los equipos ayudará para hacer una buena documentación general del mantenimiento, y conocer en todo tiempo el estado del equipo y por último registrar evento de fallas.

En la práctica ya sea por emergencia o por cualquier otra índole muchas veces no se tiene control de los movimientos que tiene un equipo dentro de la planta. Si un reductor de velocidad u otro equipo, fue adquirido para operar en conjunto con una máquina, que con los años hay necesidad de ir repotenciándolos, estos al ser desinstalados quedan en bodegas o son movidos hacia otras áreas dentro de la planta. Dentro del GMAO debe quedar registrado si este equipo está operando en otras condiciones; se le dará de alta en la nueva posición y esto llevaría a que la descripción del equipo cambie y adquiera un nuevo código correlativo en el lugar de la nueva instalación. Esto es un trabajo de gestión y control de activos muy importante

en la cual se deben de ver involucrados comprometidamente los supervisores y jefes con el objetivo que el GMAO logre tener información relevante para la toma de decisiones, de lo contrario se estaría cargando ordenes de trabajo a un equipo falso y no a un equipo que en realidad se le necesitan imputar los costos.

A continuación se presenta un procedimiento propuesto para ayudar a tener control de los activos, generándoles desde el inicio su correspondiente código de equipo.



**Figura 10. Proceso de codificación de activos. Creación propia**

La codificación de equipos se debe de realizar acorde a las políticas de codificación de equipos de la empresa, lo ideal sería que el código que se dé de alta sea el mismo al cual se dará de baja al final de su ciclo de vida. Sin embargo en el correr de los años existe la necesidad de mover equipos hacia diferentes áreas.

Para un control de activos de los reductores de velocidad se hace necesario llevar a cabo una estrategia de codificación, la cual el personal de mantenimiento debe de conocer. Se propone agrupar y codificar los reductores de acuerdo a su lugar de operación inicial. A continuación se da una propuesta.

**1. Designar la letra "R" como inicial para distinguirlo del resto de los activos.**

**2. Agrupar los reductores por área.**

- Extracción de azúcar: EXT.
  - Conductor principal: 01
  - Molinos: 02
- Fabricación de azúcar y áreas similares: FAB
  - Tachos:01
  - Centrifugas: 02
  - Mieles: 03
- Generación de energía: GEN.
  - Caldera. 01
  - Caldera:02
  - Caldera:03

**3. Ubicar la potencia del reductor.**

**4. Ubicar el año de ingreso a la planta.**

De esta manera se busca tener un control de los activos desde sus ingresos iniciales a la planta.

Ejemplo:

R-EXT-01-200HP-2020.

Que se lee: "Reductor en el área de extracción, conductor principal de 200HP ingresado en el año 2,020".

Para la fabricación de este código se puede usar lámina inoxidable de 1mm de espesor y puede ser remachada con remaches pop en la carcasa del equipo.

Que pasaría si este mismo equipo es llevado al área de fabricación de azúcar a mover una bomba?. Si no estuviera codificado el reductor se le perdería el seguimiento de mantenimiento, pero es obvio que existe una nueva necesidad de codificación y control en su nueva área y al deducir costos de mantenimiento por áreas se vería afectada el área de la cual salió.

¿ Que hacer en este caso?. Si se le cambia código se estaría perdiendo el record de repuestos que se le han cambiado a este equipo. Si no se le cambia el código estaría operando en un área al que no pertenece.

Se propone darle da baja de la posición inicial y darle de alta en la nueva posición. Sin perder el record de mantenibilidad que ha tenido en las áreas anteriores. Llevando un registro el tiempo que estuvo en cada posición.

## **2.2 BUENAS PRÁCTICAS O MEJORAS EN LA DE SELECCIÓN Y OPERACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

### **2.2.1. BUENAS PRÁCTICAS DE SELECCIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

Para asegurar que una caja reductora está siendo bien seleccionada a esto le precede un análisis que puede ser simple pero si no se pone en práctica y se elige sin un criterio técnico la caja reductora está destinada a sufrir daños prematuros en sus componentes o partes. La manera de seleccionar los reductores de velocidad puede variar de acuerdo al fabricante del equipo sin embargo uno de los datos más relevantes que tiene que ver con la buena selección de los

equipos es el factor de servicio. El factor de servicio es un dato que se obtiene de la aplicación de la carga, conociendo por anticipado si ésta operará a cargas uniformes a cargas moderadas o cargas de alto impacto. (Ver anexo 6).

En algunos casos y para un fabricante específico, se puede tener variaciones de factores de servicio desde 0.5 para cargas uniformes hasta 2.5 para cargas de alto impacto.

#### Ejemplo1:

Se tiene un motor eléctrico de 5 HP que operara una caja reductora a carga uniforme y un factor de servicio de 0.5. Como resultado podemos elegir una caja reductora de 2.5HP, y todo marchara muy bien (se ha hecho una buena selección).

#### Ejemplo 2:

Se tiene un motor de 5HP que operara una caja reductora con una carga de alto impacto donde el factor de servicio es de 2.5. Como resultado se tiene que seleccionar una caja reductora de 2.5 veces la potencia del motor, esto nos daría una caja reductora de 12.5HP (se ha hecho una buena selección).

Para estos ejemplos el problema ocurre cuando una caja reductora con un factor de servicio bajo, se instala en un lugar de alto impacto. Se logra ver la diferencia para el ejemplo 1. En el cual se tiene una caja reductora de 2.5HP y en el ejemplo 2 se tiene una caja reductora de 12.5HP; ambos acoplados a un motor de 5HP. El problema ocurre cuando el del ejemplo 1 se ubica en el lugar de operación del ejemplo 2.

A continuación se presenta una lista de las buenas prácticas de selección de cajas reductoras de velocidad<sup>7</sup>:

#### **Recolectar datos de su aplicación.**

- Se debe de conocer la aplicación en la que trabajará la caja reductora, (transportador, mezclador, etc).
- Si trabajará en posición horizontal o vertical.
- Se debe conocer las horas de operación (24 horas, 10 horas al día, etc).
- Potencia del motor, velocidad de entrada (rpm).
- Velocidad de salida deseada.
- Esfuerzos radiales o de impulso.

#### **Selección del tamaño de la carcasa.**

- Encontrar la clasificación de la carga
- Encontrar el factor de servicio
- Seleccionar la potencia de la caja reductora (multiplicando la potencia del motor con el factor de servicio).
- Seleccione un tamaño de carcasa.

#### **Seleccione un estilo de carcasa y una posición de montaje.**

Seleccione un estilo de carcasa.

Verificar las dimensiones de acuerdo a planos, previamente a su adquisición.

(Ver anexo 6. Para una mejor interpretación de selección de reductores de velocidad cicloidades serie cyclo 6000).

---

<sup>7</sup> [\*SUMITOMO, Reductores de velocidad cyclo 6000.\*](#)

### 2.2.2 BUENAS PRÁCTICAS DE OPERACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD<sup>8</sup>.

Para las buenas prácticas de operación de los reductores de velocidad se pueden considerar aquellas que contribuirán a que el reductor de velocidad no sufra daños por mover cargas las cuales ya no están aptas para su capacidad.

- **Operar los equipos bajo los parámetros para lo cual fueron seleccionados:**

Esto ayudara a que los reductores no se sobrecarguen de trabajo o no operarlos en otras condiciones de carga, esto impactara negativamente en su vida útil.

- **Utilizar los equipos en las aplicaciones para lo cual fueron seleccionados:**

Es muy necesario considerar las condiciones de diseño del equipo reductor de velocidad, debido a que éstos, se seleccionan para una aplicación específica y si la condición de la carga cambia, se debería de cambiar también el reductor a la nueva capacidad; aquí juega un papel muy importante el factor de servicio de la caja reductora. Por ejemplo una caja reductora que inicialmente se seleccionó para una carga constante no podrá ir a operar a un lugar donde las condiciones de la carga son pesadas, el equipo estaría propenso a fallar.

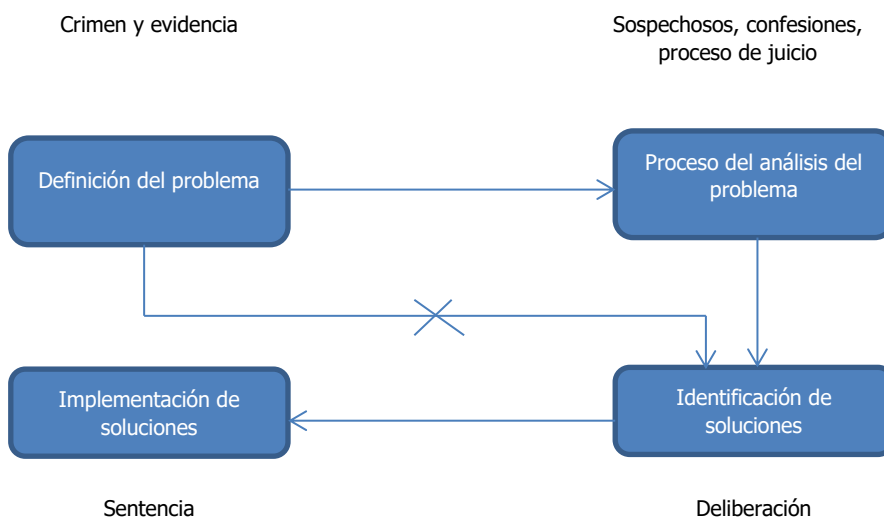
---

<sup>8</sup> *Otras fuentes. Conceptos y definiciones propias del autor.*

## 2.3 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ<sup>9</sup>

Cada vez que ocurre una falla en un reductor de velocidad; no solo se ira a reemplazar la pieza dañada de lo que físicamente se ve, se tiene que hacer un análisis del porqué está ocurriendo la falla. Eso ayudará a localizar la causa raíz del problema ocurrido. A continuación un esquema de análisis RCA.

### Analogía del método del RCA con un juicio



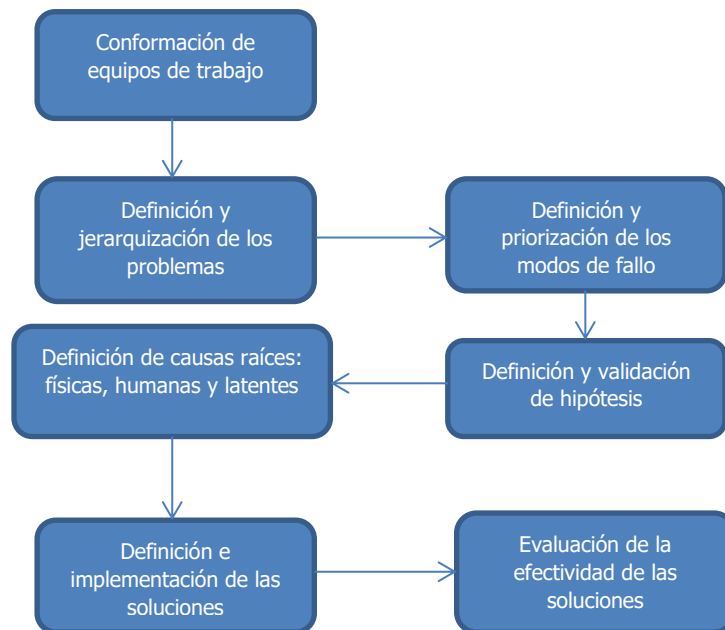
**Figura 11. Esquema de análisis RCA**

En muchas ocasiones como el esquema lo indica ya sea por solventar la falla de inmediato, se olvida de llevar a cabo un análisis más enfocado a eliminar el problema desde la causa raíz, pasando de una vez del paso uno al tres, el cual es una falla en la solución de problemas según el RCA.

Para la implantación de la técnica de análisis causa raíz se presenta a continuación un esquema:

---

<sup>9</sup> [Parra, C. & Crespo, A.2015. Introducción a la Gestión de activos integrado con las técnicas de ingeniería de confiabilidad y mantenimiento.](#)



**Figura 12. Pasos a seguir para aplicar la técnica RCA**

Los pasos detallados en el esquema anterior tiene el objetivo de seguir un desarrollo de beneficio en el análisis, a continuación una breve explicación:

- **Etapa 1. Conformación de un equipo de trabajo:** un conjunto de personas con esfuerzos aunados con un objetivo común. Las características generales son:
  - ✓ Alineación
  - ✓ Coordinación
  - ✓ Comprensión
  - ✓ Respeto
  - ✓ Confianza

- **Etapa 2: Definición y jerarquización de problemas.**

La primera actividad a ser desarrollada por el equipo de trabajo consiste en definir y jerarquizar los problemas existentes en el área a ser evaluada. Esto significa evaluar los siguientes puntos.

- ✓ ¿Qué es un problema?
- ✓ ¿Cómo definimos los problemas?
- ✓ ¿Todos vemos el problema igual?
- ✓ ¿Hemos definido problemas en términos de nuestra realidad?
- ✓ ¿Tenemos experiencias y percepciones distintas?
- ✓ ¿Entendemos nuestra ignorancia o prejuicios?
- ✓ ¿Trabajamos en el problema equivocado?
- ✓ ¿Trabajamos en el síntoma o en la causa?

El equipo de trabajo, debe de responder de una manera sistematizada las siguientes preguntas:

- ✓ ¿Qué? ¿Qué fue lo que ocurrió? Esta pregunta se recomienda que se responda a nivel de equipos o sistemas. (Por ejemplo. Fallas en eje de alta, fallas en sellos, fallas en rodamientos, otros).
- ✓ ¿Cuándo? ¿Cuándo ocurrió? Aquí se incluyen las fechas y las frecuencias de ocurrencias de los eventos.
- ✓ ¿Dónde? ¿Dónde ocurrió el problema? Aquí se agrupan las instalaciones y permite visualizar si hay diversos problemas en una misma área.
- ✓ ¿Importancia? Se describe el impacto y las consecuencias del evento de falla sobre el ambiente, las personas y las operaciones (pérdidas económicas). Se propone cuantificar económicamente el impacto promedio del evento en función del riesgo y se puede llevar a cabo con la siguiente ecuación:

$$R = FF \times TPFS \times (CD + PEN). (EC. 2. 1)$$

Dónde:

R=Riesgo.

FF: Frecuencia de fallos, fallos /año.

TPFS: Tiempo promedio fuera de servicio, horas/falla

CD: Costos promedios directos por fallas por hora.

PEN: Costos promedios de penalización por fallas.

Conociendo el valor del riesgo de cada evento previamente identificado, el equipo de trabajo debe jerarquizar el nivel de riesgo de cada evento de menor a mayor con el objetivo de reorientar esfuerzos y atender aquellos que generan la mayor cantidad de pérdidas. Se recomienda hacer un análisis de Pareto.

- **Etapa 3: Definición y priorización de los modos de fallos.**

Se toman los problemas de mayor impacto y se identifican los posibles modos de fallos.

Los modos de fallo dentro del RCA se definen como los eventos físicos que generan el paro imprevisto (problema identificado).

Para facilitar el proceso de definición de los modos de fallo el método RCA propone que el grupo de trabajo seleccione el problema y sobre el enunciado del problema responder a la pregunta:

¿Cómo pueden ocurrir los paros imprevistos?

Una vez identificados los modos de fallo, se procede a definir el nivel de criticidad de los mismos, se propone calcular el indicador de riesgo total anualizado (RTA). El cual se estima por la siguiente ecuación.

$$RTA = CAR + PAF. (Ec. 2. 2)$$

$$CAR = FF \times (CMO + CM). (Ec. 2. 3)$$

$$PAF: FF \times PE. (Ec. 2. 4)$$

**PE: TRxIP. (Ec. 2. 5)**

Dónde:

**CAR:** Costes anuales de reparación.

**PAF:** Penalización anual por fallos.

**FF:** Frecuencia de fallos (fallos/año).

**CMO:** Costes de mano de obra por fallo.

**CM:** Coste de materiales por fallo.

**TR:** Tiempo de reparación.

**IP:** Impacto producción.

**PE:** Penalización por evento de falla.

Una vez definido el valor de riesgo (dinero/año) y jerarquización de cada modo de fallo (de mayor a menor), se recomienda que el tiempo de trabajo, oriente el esfuerzo de validación de la hipótesis para aquellos modos de fallo que tengan la mejor oportunidad de mejora, utilizando un análisis de Pareto.

- **Etapas 4: Definición y validación de la hipótesis.**

Las hipótesis se definen como los posibles mecanismos que provocan los modos de fallo (Latino y Latino 2002). Al ser verificada una hipótesis se convierte en una causa raíz. El grupo de trabajo se plantea una pregunta cómo la siguiente:

¿Por qué ocurren los modos de fallo?.

Este paso consiste en eliminar aquellas hipótesis que no son muy consistentes y validar con hechos las hipótesis más probables. Durante esta etapa se deben evaluar los siguientes aspectos:

Variables de operación, historiales de mantenimiento, Libros diarios de los eventos de cada turno, resultados de inspecciones (visuales, ensayos no destructivos, etc),

resultados de laboratorio (químico y metalúrgico), datos de vibraciones, información de compras, procedimientos de mantenimiento, procedimientos operacionales, datos y modificaciones sobre diseños, registros de entrenamiento del personal.

- **Etapas 5: Definición y validación de causas raíces.**

Una vez identificadas las hipótesis el equipo de trabajo procede a identificar las posibles causas raíces.

- ✓ Causa raíz física (CRF): se refiere a las causas raíces que envuelven materiales o cosas tangibles.
  - ✓ Causa raíz humana (CRH): Se refiere al tipo de causas raíces que generan fallos debido a intervenciones inapropiadas del ser humano. (Errores humanos).
  - ✓ Causa raíz latente (CRL): se refiere al tipo de causas raíces relacionadas con la falta o deficiencia en los sistemas de gestión y administrativos (reglas, procedimientos, guías) o "normas culturales" que permiten que un fallo ocurra.
- Para definir los diferentes tipos de causas raíces se debe responder la siguiente pregunta:

¿Por qué ocurrió la hipótesis planteada?

Esta pregunta se debe de dirigir a los tres niveles de causas citadas anteriormente (CRF, CRH, CRL)

- **Etapas 6. Definición y evaluación de la efectividad de las soluciones propuestas.**

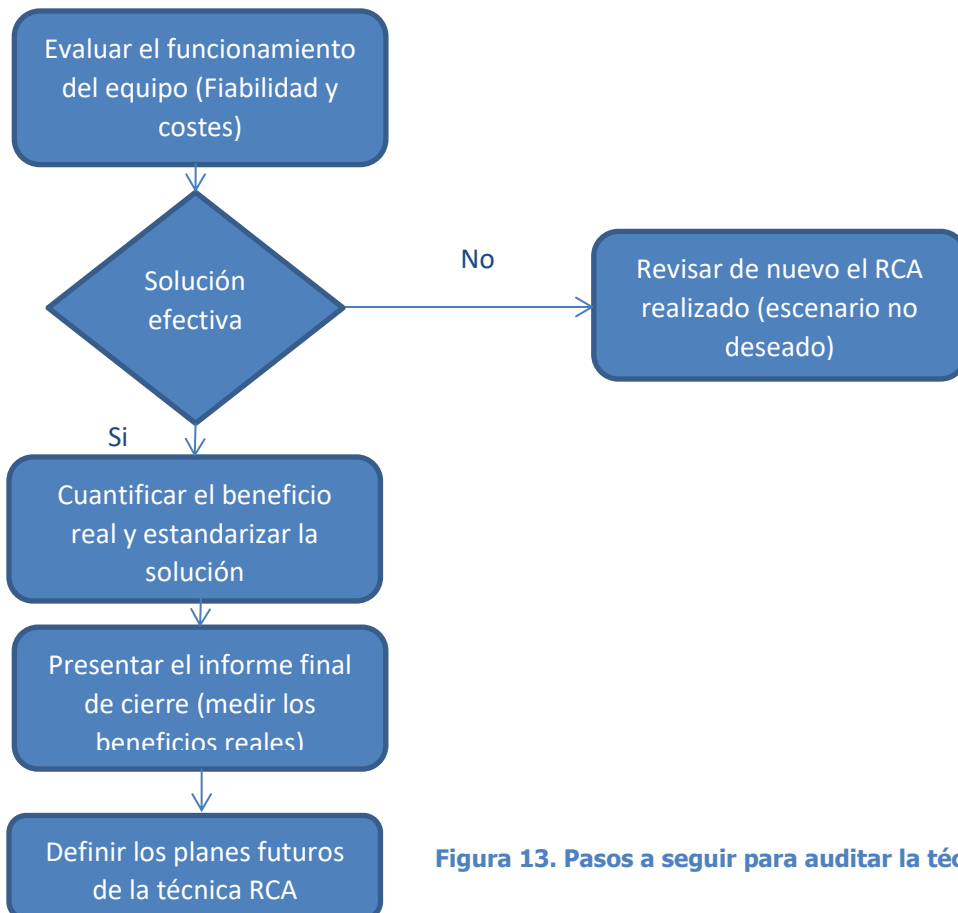
Las soluciones a un problema deben de diseñarse para evitar o al menos reducir tanto la recurrencia como el impacto (consecuencia), que trae consigo el evento de fallo a la seguridad de las personas, al ambiente, a la calidad y a la producción (Woodhouse, 1999). Por otro lado la solución no debe de ayudar solo a la confiabilidad del proceso,

si no se debe de justificar con un análisis Costo-Riesgo, Beneficio- Riesgo, la solución propuesta debe satisfacer los siguientes criterios:

- ✓ Prevenir la recurrencia: prevenir o mitigar el problema original, prevenir problemas similares, no crear problemas adicionales.
- ✓ Minimizar y controlar: Los efectos y consecuencias que traen consigo los nuevos modos de fallos aportados por las soluciones propuestas.
- ✓ Satisfacer las metas y objetivos: De la organización y del área afectada (maximizar la rentabilidad del negocio).

Después de implantado la solución, se propone medir su desempeño con el fin de cuantificar los valores exactos obtenidos y poder cuantificar el beneficio real del cambio.

Se propone como modelo el siguiente flujograma (Parra 2000).



**Figura 13. Pasos a seguir para auditar la técnica RCA.**

## CAPÍTULO III. MANTENIMIENTO A REDUCTORES DE VELOCIDAD CICLODALES Y DE ENGRANAJES.

La estrategia de mantenimiento de activos debe de centrarse en primer lugar en la jerarquización como premisa para saber dónde está la mayor necesidad de atención de los planes de mantenimiento.

**Objetivos del mantenimiento:** Minimizar las fallas en los reductores de velocidad para mantener una planta operativa la mayor cantidad de tiempo aplicando diferentes tipos de mantenimiento.

### **Tipos de mantenimiento:**

- **Mantenimiento Predictivo:** Mantenimiento basado en inspecciones periódicas y que se utilizan para predecir una falla.
- **Mantenimiento preventivo:** Esta basado en el mantenimiento que reciben los equipos conociendo previamente que hay una avería y se sospecha que puede fallar.
- **Mantenimiento Correctivo:** Mantenimiento que se aplica a aquella maquinaria que ya falló.

### **3.1. CLASIFICACION DE ACTIVOS DE ACUERDO A SU CRITICIDAD.**

Es importante, antes de poder llevar a cabo un plan de mantenimiento para las cajas reductoras de velocidad, tener un mapa de criticidad de los equipos, se le debe de dar prioridad de mantenimiento a aquellos que pueden parar las operaciones de la planta si estos llegaran a fallar. Los equipos se pueden clasificar como tipo A, Tipo B, y tipo C; la gerencia debe de tener un plan por nivel de criticidad para mantener el control desde los equipos más críticos hasta aquellos menos críticos. Para los equipos críticos que se ha considerado que afectarían las

operaciones de la planta se debe de tener un stock de repuestos que asegure el restablecimiento rápido de la máquina y minimizar el tiempo medio para reparar (MTTR. Mean Time to Repair). Los registros de cada falla ocurrida es muy importante cuando se quiere evaluar cada cuanto tiempo el equipo falla (MTBF. Mean Time Between Failures), que repuesto es el que falla, cuánto cuesta una falla en mano de obra, y por no decir cuánto cuesta dejar de producir al tener la máquina sin operar. Debe de existir una logística más allá del departamento de mantenimiento, es por eso que juega un papel muy importante el departamento de compras para enfrentar una falla en los equipos.

El departamento de compras debe de tener claro que al menos en los equipos considerados críticos no debe elegir los repuestos únicamente por el precio que hay en el mercado, más bien se debe de hacer tomando en cuenta aquellos que cumplan los requerimientos técnicos y la calidad para asegurar que el tiempo medio entre fallas será lo más prolongado posible y no estarán poniendo en riesgo la producción. En esta etapa puede ser de mucho interés considerar que hacer si mi equipo falla, y esto debe de ser conocido por todo el personal, esto ayudara mucho a minimizar el MTTR.

Algo necesario y se debe de desarrollar para efectos de mejorar los tiempos de respuesta del MTTR es tener los procedimientos para realizar las reparaciones de las fallas ocurridas, esto implica que estarán los procedimientos en papel, y además el personal a cargo del mantenimiento de la maquinaria deberá de conocerlos de primera mano, no en todas las ocasiones los equipos fallan por la misma causa; sin embargo de acuerdo a la documentación recolectada a lo largo del ciclo de vida se puede ver la estadística y la causa de falla, y así tener presente las que hayan sido más recurrentes y estar preparados ante esto.

Los tipos de mantenimiento a los reductores de velocidad se propone en este trabajo que deben de ir de acuerdo a la criticidad. Si un equipo es crítico para una planta, a este se le designaran

los recursos necesarios para asegurar la operación. Por ejemplo si se tienen un equipo "A", el cual es más crítico que un equipo "B"; al equipo "A" se le designara más recursos comprándoles aquellos repuestos que podrían fallar, previendo así que no se tendrían tiempos largos para reparar. Depende de la estrategia de mantenimiento que lleve a cabo la gerencia de mantenimiento, podría hasta tener un plan a seguir en caso que se presente una falla.

En un equipo crítico se le deben de aplicar las rutinas diarias de mantenimiento, monitoreando los reductores cada día, con el fin de detectar anomalías, de tal manera que las fallas no se vuelvan severas. Esto tomando en cuenta que las fallas pueden ser previamente conocidas y planear su reparación.

Se propone tener mapeada la planta haciendo una clasificación de los equipos críticos, medianamente críticos y los no críticos.

Los equipos críticos se pueden clasificar de la siguiente manera.

- Equipos clasificación "A" (Equipos críticos).
- Equipos clasificación "B" (Equipos medianamente críticos).
- Equipos clasificación "C" (No críticos para las operaciones).

Para llevar a cabo este proceso de clasificación es necesario presentarlo matemáticamente a través de la siguiente expresión:

$$\text{CTR} = \text{FF} \times \text{C} \text{ (Ec. 3. 1)}$$

Dónde:

**CTR**= Criticidad total por riesgo.

**FF**=Frecuencia de fallas (rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)).

C= consecuencia de los eventos de falla.

Donde además el valor de las consecuencias se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$C = (IO \times FO) + CM + SHA. \text{ (Ec. 3. 2)}$$

Dónde:

IO=Factor de impacto en la producción.

FO=Factor de flexibilidad operacional.

CM= Factor de costes de mantenimiento.

SHA=Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente.

La expresión final queda:

$$CTR = FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA) \text{ (Ec. 3. 3)}$$

Los factores ponderados para cada variable son.

- Frecuencia de falla (FF) (Escala del 1 al 4).
  1. Excelente: menos de 0.5 eventos al año.
  2. Bueno: Entre 0.5 y 1 evento al año.
  3. Promedio: 1 y 2 eventos al año.
  4. Frecuente: Mayor a 2 eventos al año.
- Factores de consecuencia.
  - ✓ Impacto operacional (IO) (Escala del 1-10).
    1. Pérdida de producción menor al 10%.
    3. Pérdida de producción entre 10% y 24%
    5. Pérdida de producción entre el 25% y 49%
    7. Pérdida de producción entre el 50% y 74%.
    10. Pérdida de producción superior al 75%.
  - ✓ Impacto por flexibilidad operacional (FO) (Escala del 1 al 4).

1. Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeña.
2. Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedia.
4. No cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grande.

✓ Impacto en costes de mantenimiento (CM) (escala 1-2).

1. Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a \$20,000.
2. Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a \$20,000 (para maquinaria altamente crítica y muy significativa para la planta).

✓ Impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA) (escala de 1-8).

1. No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud , ni daños ambientales.
3. Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
6. Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración.
8. Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.

**Tabla 4. Clasificación de riesgo de los equipos**

|            |   |              |    |    |    |    |
|------------|---|--------------|----|----|----|----|
| FRECUENCIA | 4 | B            | B  | B  | A  | A  |
|            | 3 | C            | C  | B  | A  | A  |
|            | 2 | C            | C  | B  | A  | A  |
|            | 1 | C            | C  | B  | A  | A  |
|            |   | 10           | 20 | 30 | 40 | 50 |
|            |   | CONSECUENCIA |    |    |    |    |

A= Críticos.

B= Medianamente críticos.

C= No críticos.

Como ejemplo para la clasificación de equipos de acuerdo a su criticidad se puede realizar una tabla verificando las frecuencias de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, impacto en los costos de mantenimiento y e impacto al ambiente.

Esta clasificación se lleva a cabo en reuniones y participan en conjunto (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente); para ayudar a la clasificación de los equipos para tener una planta mapeada se puede realizar con la ayuda de la siguiente tabla.

**Tabla 5. Jerarquización de criticidad de los equipos. Creación propia.**

| EQUIPOS | JERARQUIZACION DE CRITICIDAD |                          |                               |   |  |                    |                     |
|---------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|--|--------------------|---------------------|
|         | Frecuencia de fallos         | IO (Impacto Operacional) | FO (Flexibilidad Operacional) | CM (Impacto en los costos de mantenimiento) | SHA (Impacto en seguridad ocupacional) | Posicion de matriz | Nivel de criticidad |
| 1       | 1                            | 10                       | 2                             | 2   | 6                                      | (1,5)              | A                   |
| 2       | 2                            | 7                        | 4                             | 2   | 7                                      | (2,5)              | A                   |
| 3       | 3                            | 5                        | 1                             | 1   | 6                                      | (3,3.25)           | B                   |
| 4       | 4                            | 3                        | 2                             | 2   | 5                                      | (4,3)              | B                   |
| 5       | 4                            | 9                        | 2                             | 1   | 8                                      | (4,5)              | A                   |
| 6       | 1                            | 1                        | 4                             | 2   | 1                                      | (1,2)              | C                   |
| 7       | 3                            | 3                        | 3                             | 1   | 4                                      | (3,2.75)           | C                   |
| 8       | 2                            | 6                        | 2                             | 2   | 2                                      | (2,3)              | B                   |
| 9       | 1                            | 5                        | 4                             | 1   | 8                                      | (1,4.5)            | A                   |
| 10      | 2                            | 4                        | 3                             | 2   | 7                                      | (2,4)              | A                   |

*Nota aclaratoria: si el máximo valor promedio sumado es mayor a 5 para efectos de clasificarlo en la matriz se ubicará en número 5.*

Aun así como se menciona en párrafos anteriores las decisiones si un equipo entra en clasificación crítico, medianamente crítico, o no crítico dependerá de lo que se haya acordado en reuniones con las áreas.

Aunque como ya se ha mencionado para el presente trabajo solo se han realizado tres clasificaciones: críticos ("A"). Medianamente crítico "B". Baja criticidad "C".

### 3.2. ANÁLISIS SOBRE LOS ENGRANAJES DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD.

Los engranes pueden fallar de muchas maneras diferentes; sin embargo si se evalúa por vibraciones, no siempre se encontrará un aumento en el nivel de ruido o vibración, esto debido en muchas ocasiones a las bajas revoluciones a las cuales el equipo opera. Cuando se realiza mantenimiento a los reductores de velocidad, en general cada falla deja pistas características en los dientes del engranaje y con un análisis de falla esto podría dejar una información valiosa para establecer la causa raíz del fracaso.

Los modos de fallo para los engranajes se describen a continuación.

**Tabla 6. Modo de fallo de un engranaje.**

| Modo de fallo     | Tipo de falla  |
|-------------------|--|
| Fatiga            | Dientes doblados, Contacto de superficie (picadura o desprendimiento), contacto rodante, fatiga térmica. |
| Impacto           | Doblez en los dientes, cortes en los dientes, dientes astillados, dientes aplastados, corte torsional.   |
| Desgaste          | Abrasivo y adhesivo.   |
| Estrés de ruptura | Interno y externo.   |

De estas causas de falla la más común es la producida por la fatiga y desgaste abrasivo. Los dientes de los engranajes deben de estar hechos de un material apropiado y maquinados con una muy buena precisión.

- **Contacto de los dientes de los engranajes de reductores de velocidad.**

La forma en que la superficie de los dientes de los engranajes correctamente alineados hacen contacto entre sí es responsable de las cargas pesadas que los engranajes son capaces de llevar. Teóricamente los dientes de los engranajes hacen contacto a lo largo de líneas o en puntos. Las superficies de los dientes de los engranajes no están continuamente activas; cada parte de la superficie del diente está en acción solo por periodos cortos de tiempo. La carga máxima que pueden llevar los dientes de los engranajes también depende de la velocidad de deslizamiento entre las superficies, porque el calor generado varía con la velocidad de deslizamiento y con la presión. Si tanto la presión como las velocidades de deslizamiento son excesivas, el calor de fricción desarrollado puede causar la destrucción de la superficie de los dientes.

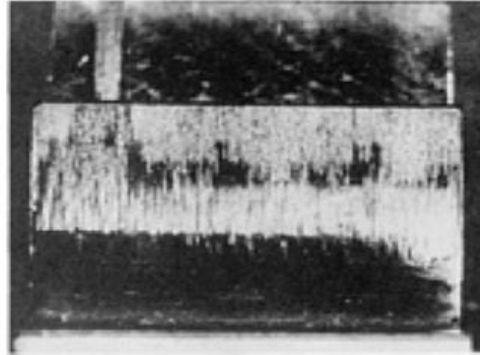
Este factor presión velocidad por lo tanto tiene una importancia crítica, influencia en la probabilidad de desgaste y puntuación de los dientes de los engranajes. El valor permisible de este factor crítico está influenciada por engranajes metálicos, diseño de engranajes, tipo de lubricación y métodos de lubricación.

Los engranajes metálicos normalmente se lubrican con aceite, grafito o grasa. Algunos engranajes pequeños, no metálicos tienen una capacidad limitada para correr sin lubricación, debido a las propiedades autolubricantes del material.

Cuando los engranajes metálicos se lubrican adecuadamente con un lubricante limpio, hay muy poco desgaste abrasivo de los contactos de los dientes. Sin embargo, la superficie del diente puede dañarse rápidamente si se raspa.

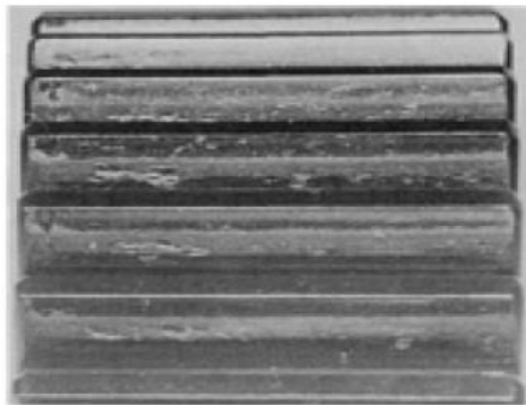
Si el lubricante no es adecuado, tiene baja viscosidad, la intensidad de la carga, la temperatura y la velocidad de frotamiento son demasiado altas. El desgaste consiste en pequeñas lágrimas

radiales en la superficie del diente. Es más probable que ocurra cuando la punta de un diente está en contacto con el flanco inferior de un diente; diente de acoplamiento.



**Figura 14. Diente desgastado**

Las picaduras en los dientes pueden ocurrir después de algunos millones o miles de millones de contacto dentales. En general las picaduras nunca ocurren antes de 10,000 contactos, la picadura es una falla por fatiga en la cual se forman pequeñas grietas en la superficie del diente y luego crecen hasta el punto en que son pequeños trozos redondos de metal que salen de la superficie del diente.



**Figura 15. Diente picado**

La rotura de los dientes es normalmente la situación en la que comienza una grieta en el filete de la raíz, y luego la grieta crece de tal manera que un diente entero se rompe en un tipo de falla de viga en voladizo. En la cara ancha del engranaje, en un extremo del diente

puede romperse, dejando el diente intacto por el resto del ancho de la cara. Esto puede ocurrir por un engranaje mal alineado.

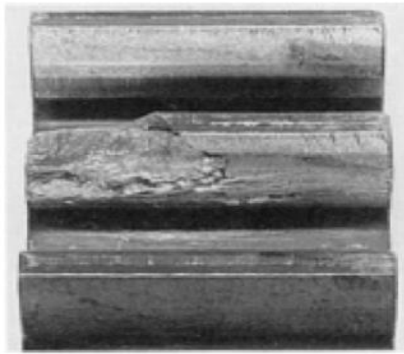


**Figura 16. Diente roto debido a engranaje mal alineado**

Cuando un engranaje es dañado por las picaduras, una grieta puede comenzar en un hoyo, extenderse a lo largo y atravesar todo el diente. En engranajes más anchos, una pieza triangular del diente a menudo se rompe. Esta pieza puede ser tan ancha como un tercio o la mitad del ancho de la cara.

El descanso, puede progresar tan profundo como el filete de raíz en un extremo y correr hacia el diámetro exterior en el otro extremo. El "ojo" donde la fisura iniciada puede estar en la línea de inclinación, o puede estar en el flanco inferior del diente.

Si un piñón o engranaje continúa en servicio después de que una parte apreciable del diente haya desaparecido, el resto ahora sobrecargado del diente es probable que se rompa. A veces, aunque se hayan roto partes de varios dientes, los engranajes continúan en servicio porque el aumento de ruido y vibraciones no son suficientes para llamar la atención.



**Figura 17. Dientes rotos debido a mal alineamiento de engranajes**

Los engranajes deberían de estar hechos de buen material y bien diseñados; muy bien maquinados con precisión para que la vida útil se alargue mucho más y se desempeñe muy bien para el servicio previsto. La vida útil de los engranajes se ve muy afectada por la precisión geométrica, las condiciones de contacto entre los dientes de los engranajes y el estado del material, la calidad metalúrgica es tan importante también como la precisión geométrica de los dientes.

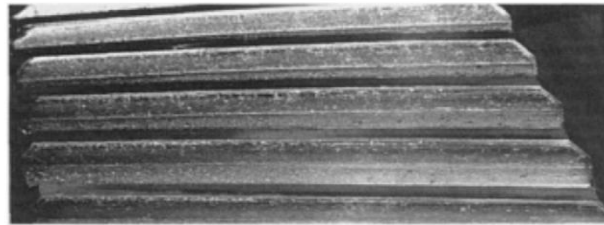
Los engranajes endurecidos en el rango de 300 a 400 HB también son bastante críticos. En general, no se utilizan engranajes que están alrededor 500 HB a 450 HB y más, un engranaje endurecido generalmente es tan quebradizo.

Las piezas endurecidas a 300 HB no son tan sensibles a la muesca y Probablemente no desarrollará grietas a partir de hoyos. Las piezas endurecidas a 210 HB no son sensibles a la muesca. No hay mucho riesgo de grietas por picaduras en este nivel de dureza.

Las picaduras mucho más pesadas son bastante riesgosas para los dientes de engranajes carburados y moderadamente riesgosos para el endurecimiento.

Si un piñón es bastante duro (por ejemplo, 360 HB) y el engranaje tiene una dureza mucho menor (por ejemplo, 300 HB), puede haber un desgaste tan grave. Esto puede dar como resultado que el engranaje sea forzado a llevar toda la carga. Esto tiende a duplicar la tensión en el filete de la raíz del engranaje, y los dientes de los engranajes se rompen debido a la mayor tensión.

El gran peligro que puede llevar a una rotura de los dientes se produce cuando un engranaje con hoyos tiene poco o ningún desgaste en el borde, y el engranaje de acoplamiento tiene desgaste serio de la repisa. A continuación se presenta un ejemplo en el cual un diente de engranaje se ve con desgaste de borde y en peligro de rotura.



**Figura 18. Rotura de dientes por mal alineamiento.**

- **Tipo de lubricación de los engranajes.**

La lubricación se realiza en los dientes de los engranajes mediante la formación de dos tipos de películas de aceite. La película de reacción, también conocida como lubricante de borde, se produce por reacción química para formar una película deseada que es suave y fácilmente cortada, pero difícil de penetrar o remover de la superficie. La película elastohidrodinámica se forma dinámicamente sobre la superficie del diente del engranaje en función de la velocidad de la superficie. Esta película secundaria es muy delgada y tiene una resistencia al cizallamiento muy alta y solo se ve ligeramente afectada por las cargas de compresión.

Para llevar a cabo la lubricación se deben de seguir ciertas reglas:

- La carga se transfiere de un engranaje en el diente a su acoplamiento del diente a través de una película de aceite a presión, o grafito.
- Si desea aumentar la viscosidad del aceite en una película de aceite más grueso mantenga la carga, la velocidad y la constante de temperatura.

Las fallas en los engranajes ocurren o pueden ocurrir por problemas directos o indirectos de la lubricación.

➤ **Lubricación para reductores cicloidales**

Para los reductores con grasa

**Tabla 7. Lubricación con grasa de reductores cicloidales**

| Temperatura ambiente |           | cyclo                                      | planetario                           |
|----------------------|-----------|--|--------------------------------------|
| °F                   | °C        | Shell Oil                                  | Shell Oil                            |
| 14 a 122             | -10 a -50 | Shell Alvania Grasa 2<br>( Grado NLGI N°2) | Shell Alvania EP<br>(Grado NLGI N°0) |

**Para los reductores Lubricados con aceite.**

Se deben de llenar con aceite antes de la operación.

**Tabla 8. Reductores cicloidales lubricados con aceite.**

| Temperatura ambiente |         | Gulf oil                                  | Exxon Oil                             | Mobil Oil   | Shell oil                      | BP Oil   |
|----------------------|---------|---|---------------------------------------|---|--------------------------------|--|
| °F                   | °C      |   |                                       |   |                                |  |
| 14 a 41              | -10 a 5 | EP Lubricant HD 68                        | Spartan EP 68                         | Mobilgear 626<br>ISO VG 68                              | Omala Oil 68                   | Energol GR-XP 68                               |
| 32 a 95              | 0 a 35  | EP Lubricant<br>HD 100<br>HD 150          | Spartan<br>EP 100<br>EP 150           | Mobilgear<br>627,629<br>(ISO) VG<br>100,150             | Omala Oil<br>100,150           | Energol<br>GR-XP 68                            |
| 86 a 122             | 30 a 50 | EP Lubricant<br>HD220<br>HD 320<br>HD 460 | Spartan<br>EP 220<br>EP 320<br>EP 460 | Mobilgear<br>630,632<br>633,634<br>(ISO) VG 220-<br>460 | Omala Oil<br>220<br>320<br>460 | Energol<br>GR-XP 220<br>GR-XP 320<br>GR-XP 460 |

**Tabla 9. Reductores cicloidales lubricados con aceite y bombeado**

| Simple reduccion  |                          |        |          |        |
|-------------------|--------------------------|--------|----------|--------|
| Tamaño de carcaza | Configuracion de montaje |        |          |        |
|                   | Horizontal               |        | Vertical |        |
|                   | Galones                  | Litros | Galones  | Litros |
| 6130, 6135        | 0.18                     | 0.7    | 0.29     | 1.1    |
| 6140,6145,614H    | 0.18                     | 0.7    | 0.29     | 1.1    |
| 6160,6165,616H    | 0.37                     | 1.4    | 0.26     | 1      |
| 6170, 6175        | 0.5                      | 1.9    | 0.5      | 1.9    |
| 6180, 6185        | 0.66                     | 2.5    | 0.53     | 2      |
| 6190, 6195        | 1.1                      | 4      | 0.71     | 2.7    |
| 6205              | 1.5                      | 5.5    | 1.5      | 5.7    |
| 6215              | 2.2                      | 8.5    | 2        | 7.5    |
| 6225              | 2.6                      | 10     | 2.6      | 10     |
| 6235              | 4                        | 15     | 3.2      | 12     |
| 6245              | 4.2                      | 16     | 4        | 15     |
| 6255              | 5.5                      | 21     | 11.1     | 42     |
| 6265              | 7.7                      | 29     | 13.5     | 51     |
| 6275              | 14.8                     | 56     | 15.9*    | 60*    |

\*Con Bomba.

Si se evalúa la cantidad.

- **Modos de fallos en reductores de velocidad.**

Las principales causas que generan fallas en un reductor de velocidad pueden ser variables y pueden depender de: Diseño mecánico, condiciones operacionales, metalúrgica del material, química del lubricante.

A continuación, y según los apartados anteriores se puede resumir algunos modos de falla:

| Modos de falla  | Posible causa  |
|---|--|
| <b>Diseño mecánico</b>  |  |
| Quebradura en los dientes de los piñones                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esfuerzo de torsión excesivo.</li> <li>• Mala selección de la dureza de los dientes desde el diseño.</li> <li>• Mala selección de la aplicación.</li> </ul> |
| Quebradura en los ejes  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala instalación de los mismos</li> </ul>   |
| Fallas en los rodamientos del reductor                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamientos de baja calidad o no apropiados para la aplicación.</li> </ul>  |
| Daños generales completos en un reductor                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala selección de la aplicación.</li> </ul> <p>Potencia del motor es muy elevada para la capacidad de la caja reductora.</p>                                |
| <b>Metalúrgica del material</b>                               |  |
| Quebradura en los ejes.                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala selección de la dureza de los dientes desde el diseño.</li> </ul>  |
| Desprendimiento de material de los engranajes                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatiga en los dientes</li> </ul>  |
| <b>Condiciones operacionales</b>                              |  |
| Quebradura en los ejes.                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala selección de la aplicación.</li> </ul>   |
| Fallas en los rodamientos del reductor                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala selección del rodamiento para la aplicación.</li> </ul>  |
| Rotura en los dientes del engranaje.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esfuerzo de torsión excesivo.</li> </ul>  |
| <b>Química del lubricante</b>                                 |  |
| Recalentamiento fuera de las especificaciones del fabricante. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo nivel de aceite.</li> <li>• Selección inadecuada del aceite.</li> </ul>  |
| Quebradura en los dientes de los piñones                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente nivel de lubricación.</li> <li>• Mala selección del lubricante.</li> </ul>   |
| Rotura en los dientes del engranaje.                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala selección del lubricante.</li> </ul>   |
| Fallas en los rodamientos del reductor                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamientos mal lubricados.</li> </ul>  |

Figura 19. Modos de fallo de reductores de velocidad.

### 3.3 TÉCNICA DE ANÁLISIS CAUSA RAÍZ PARA REDUCTORES DE VELOCIDAD, UNA APLICACIÓN CRÍTICA, EN INGENIO CENTRAL IZALCO.

#### RCA REDUCTOR DE PICADORA DE CAÑA.

- **Etaapa 1: análisis Conformación de un equipo de trabajo.**

Se inicia primeramente conformando un equipo de trabajo de diferentes funciones de la organización que trabajan juntas un periodo de tiempo para aunar esfuerzos y analizar los problemas comunes.

- **Etaapa 2: Definición y jerarquización de problemas.**

¿Qué fue lo que ocurrió. ¿Cuándo ocurrió?. ¿Dónde ocurrió?.

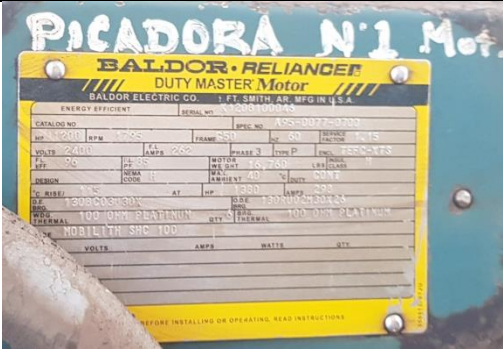
¿Qué fue lo que ocurrió?

Fallo en el reductor de velocidad de la picadora de caña N°1 de 3,800kW. Marca Weg, velocidad de entrada 1794, velocidad de salida 629rpm, factor de servicio 3.45. Alimentado por un motor de 1200 HP.

¿Cuándo ocurrió?

Falló en uno de los engranajes a pocos días de haber iniciado operaciones en los inicios de un periodo de zafra, el 03 de diciembre de 2017. A continuación datos de placa.

Figura 20. Datos de placa reductor de picadora de caña #1.

| Motor   | Reductor     |                         |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
|---|--------------|-------------------------|---------------------------|---------|-------|----|------------|----------|---------|---------|--------------|--------|--------------|------------|-----------|-------------|----|-----|----------|----|-----|---------|--------------|--------|--------------|------------|-----------|-------------|----|-----|----------|----|-----|---------|--------------|--------|--------------|------------|-----------|-------------|----|-----|----------|----|-----|---|----------|------------|-------------------------|---------------------------|--------------|------|------------------|------|--------------|------------|------|---------|
|  <p>PICADORA N°1 Mot.<br/><b>BALDOR-RELIANCE</b><br/>DUTY MASTER Motor<br/>ENERGY EFFICIENT<br/>BALDOR ELECTRIC CO. MADE IN U.S.A.</p> <table border="1"><tr><td>CATALOGO NO.</td><td>MODEL NO.</td><td>ASS-0027-20000</td></tr><tr><td>HP 1200</td><td>FRASE</td><td>SD</td></tr><tr><td>VOLTS 2700</td><td>AMPS 200</td><td>PHASE 3</td></tr><tr><td>TEC 200</td><td>WEIGHT 10700</td><td>TYPE D</td></tr><tr><td>INSUL. CLASS</td><td>TEMP. RISE</td><td>ENCLOSURE</td></tr><tr><td>RESOUR. SMC</td><td>AT</td><td>WEG</td></tr><tr><td>LV. RISE</td><td>AT</td><td>WEG</td></tr><tr><td>TEC 200</td><td>WEIGHT 10700</td><td>TYPE D</td></tr><tr><td>INSUL. CLASS</td><td>TEMP. RISE</td><td>ENCLOSURE</td></tr><tr><td>RESOUR. SMC</td><td>AT</td><td>WEG</td></tr><tr><td>LV. RISE</td><td>AT</td><td>WEG</td></tr><tr><td>TEC 200</td><td>WEIGHT 10700</td><td>TYPE D</td></tr><tr><td>INSUL. CLASS</td><td>TEMP. RISE</td><td>ENCLOSURE</td></tr><tr><td>RESOUR. SMC</td><td>AT</td><td>WEG</td></tr><tr><td>LV. RISE</td><td>AT</td><td>WEG</td></tr></table> <p>BEFORE INSTALLING OR OPERATING, READ INSTRUCTIONS.</p> | CATALOGO NO. | MODEL NO.               | ASS-0027-20000            | HP 1200 | FRASE | SD | VOLTS 2700 | AMPS 200 | PHASE 3 | TEC 200 | WEIGHT 10700 | TYPE D | INSUL. CLASS | TEMP. RISE | ENCLOSURE | RESOUR. SMC | AT | WEG | LV. RISE | AT | WEG | TEC 200 | WEIGHT 10700 | TYPE D | INSUL. CLASS | TEMP. RISE | ENCLOSURE | RESOUR. SMC | AT | WEG | LV. RISE | AT | WEG | TEC 200 | WEIGHT 10700 | TYPE D | INSUL. CLASS | TEMP. RISE | ENCLOSURE | RESOUR. SMC | AT | WEG | LV. RISE | AT | WEG |  <p><b>WEG CESTARI</b> MONTE ALTO - SP<br/>REDUCTORES CNPJ: 14739173/0001-00<br/>TEL.: (65) (16) 3244-1022</p> <p>SERIE 637902</p> <p>CODIGO E36109P110R00.01</p> <table border="1"><tr><td>POTENCIA</td><td>3800,00 kW</td><td>n<sup>1</sup> 1794 rpm</td><td>n<sup>2</sup> 629,00 rpm</td></tr><tr><td>REDUÇÃO REAL</td><td>2,85</td><td>FATOR DE SERVIÇO</td><td>3,45</td></tr><tr><td>LUBRIFICANTE</td><td>ISO VG 220</td><td>PESO</td><td>1800 kg</td></tr></table> <p>LUBRIFICAÇÃO CONFORME MANUAL - INDÚSTRIA BRASILEIRA</p> | POTENCIA | 3800,00 kW | n <sup>1</sup> 1794 rpm | n <sup>2</sup> 629,00 rpm | REDUÇÃO REAL | 2,85 | FATOR DE SERVIÇO | 3,45 | LUBRIFICANTE | ISO VG 220 | PESO | 1800 kg |
| CATALOGO NO.  | MODEL NO.    | ASS-0027-20000          |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| HP 1200   | FRASE        | SD                      |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| VOLTS 2700  | AMPS 200     | PHASE 3                 |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| TEC 200   | WEIGHT 10700 | TYPE D                  |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| INSUL. CLASS  | TEMP. RISE   | ENCLOSURE               |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| RESOUR. SMC   | AT           | WEG                     |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| LV. RISE  | AT           | WEG                     |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| TEC 200   | WEIGHT 10700 | TYPE D                  |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| INSUL. CLASS  | TEMP. RISE   | ENCLOSURE               |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| RESOUR. SMC   | AT           | WEG                     |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| LV. RISE  | AT           | WEG                     |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| TEC 200   | WEIGHT 10700 | TYPE D                  |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| INSUL. CLASS  | TEMP. RISE   | ENCLOSURE               |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| RESOUR. SMC   | AT           | WEG                     |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| LV. RISE  | AT           | WEG                     |                           |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| POTENCIA  | 3800,00 kW   | n <sup>1</sup> 1794 rpm | n <sup>2</sup> 629,00 rpm |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| REDUÇÃO REAL  | 2,85         | FATOR DE SERVIÇO        | 3,45                      |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |
| LUBRIFICANTE  | ISO VG 220   | PESO                    | 1800 kg                   |         |       |    |            |          |         |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |         |              |        |              |            |           |             |    |     |          |    |     |   |          |            |                         |                           |              |      |                  |      |              |            |      |         |

¿Dónde ocurrió el problema?.

Ocurrió en el área de patios en la mesa alimentadora número 1.

¿Importancia?

La falla ocurrió en la picadora 1, la cual sirve para preparar la caña de tal manera que quede totalmente lista para ser introducida al molino y tiene una importancia alta:

No hay impactos en el ambiente.

No hay impacto en las personas.

Impacto en las operaciones: debido a que hay pérdidas en la producción de azúcar y al final son quintales que se dejan de producir, también tiene incidencia en la producción de bagazo que se traduce en pérdidas de potencia no entregada a la red.

A continuación se cuantificará económicamente el impacto promedio del evento en función del riesgo y se puede llevar a cabo con la siguiente ecuación:

$$R = FF \times TPFS \times (CD + PEN). (de EC. 2. 1)$$

Dónde:

R: Riesgo.

FF: Frecuencia de fallos, fallos /año: (una vez en periodo de zafra)

TPFS: Tiempo promedio fuera de servicio, horas/falla: (21 días)

CD: Costos promedios directos por fallas por hora: \$125.87 por hora.  
(CMO+CM/Nºhoras)

PEN: Costos promedios de penalización por fallas: \$12,000.

$$R = 1 \times 504 \times (125.87 + 12,000)$$

$$R = \$6,111,438.48$$

- **Etapa 3: Definición de los modos de fallo.**

Definición del problema: Fallos en reductor de la picadora número uno.

Modos de fallo:

1. Fallos en los engranajes.
2. Fallos en los rodamientos.
3. Fallos en eje de alta.
4. Fallos en el eje intermedio
5. Fallos en eje de baja.

Al utilizar las siguientes formulas.

$$\mathbf{RTA = CAR + PAF(de Ec. 2. 2)}$$

$$\mathbf{CAR = FFx(CMO + CM)(de Ec. 2. 3)}$$

$$\mathbf{PAF: FFxPE(de Ec. 2. 4)}$$

$$\mathbf{PE: TRxIP(de Ec. 2. 5)}$$

Dónde:

RTA: Riesgo total anualizado.

CAR: Costes anuales de reparación.

PAF: Penalización anual por fallos.

FF: Frecuencia de fallos (fallos/año).

CMO: Costes de mano de obra por fallo.

CM: Coste de materiales por fallo.

TR: Tiempo de reparación.

IP: impacto producción.

PE: Penalización por evento de falla.

**Tabla 10. Modos de fallo y sus respectivos costos. Elaboración propia.**

| Modos de fallo                 | FF<br>Fallos/año | CMO<br>\$   | CM<br>\$    | CAR<br>\$/Año | TR<br>Horas | IP<br>\$/hora | PE<br>\$      | PAF<br>\$/Año | RTA<br>\$/Año. |
|--------------------------------|------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Fallos en los engranajes       | 1                | \$ 1,438.64 | \$62,000.00 | \$63,438.64   | 504         | \$ 12,000.00  | \$6048,000.00 | \$6048,000.00 | \$6111,438.64  |
| Fallos en los rodamientos      | 1                | \$ 122.02   | \$ 4,000.00 | \$ 4,122.02   | 8           | \$ 12,000.00  | \$ 96,000.00  | \$ 96,000.00  | \$ 100,122.02  |
| Fallos en el eje de alta       | 1                | \$ 716.50   | \$ 5,000.00 | \$ 5,716.50   | 44          | \$ 12,000.00  | \$ 528,000.00 | \$ 528,000.00 | \$ 533,716.50  |
| Fallos en el eje de intermedio | 1                | \$ 284.23   | \$ 2,500.00 | \$ 2,784.23   | 44          | \$ 12,000.00  | \$ 528,000.00 | \$ 528,000.00 | \$ 530,784.23  |
| Fallos en el eje de baja       | 1                | \$ 153.55   | \$ 1,500.00 | \$ 1,653.55   | 44          | \$ 12,000.00  | \$ 528,000.00 | \$ 528,000.00 | \$ 529,653.55  |

Para la importancia que tiene este reductor, al momento de recibir una nueva unidad se debe de pedir información del material del cual están hechos los engranajes; la dureza que tienen los dientes y compararlas con lo que se está recibiendo en físico; también juega un papel muy importante tener garantía de parte del fabricante que aunque no evita que hayan pérdidas de producción si ayuda para que no hayan costos de materiales ni de mano de obra especializada para reparar un equipo significativo como el mencionado.

- **Etapas 4: Definición y validación de la hipótesis.**

Definición del problema: Fallos en picadora de caña

Modo de fallo: cómo ocurrieron los paros en el reductor.

1. Daños en los engranajes.
  - 1.1 Mal alineamiento entre motor y reductor.
  - 1.2 Mal diseño de fábrica de los engranajes.
  - 1.3 Mala operación del reductor
  - 1.4 Aplicación incorrecta del reductor (mala selección del reductor).
  - 1.5 Falta de lubricación del reductor
  - 1.6 Mala selección del lubricante

- **Etapas 5: Definición y Validación de causas Raíces.**

Hipótesis: ¿Por qué ocurrieron los fallos en la picadora de caña?.

Modo de fallo: ¿Cómo ocurrieron los paros en el reductor?

1. Daños en los engranajes.

Hipótesis. ¿ Por qué ocurrieron los fallos en los engranajes?.

- 1.1 Mal alineamiento entre motor y reductor (hipótesis validada)
- 1.2 El equipo se recibió con un mal diseño de fábrica de los engranajes (hipótesis validada)
- 1.3 Mala operación del reductor (hipótesis descartada)
- 1.4 Aplicación incorrecta del reductor; mala selección del reductor. (Hipótesis descartada)
- 1.5 Falta de lubricación del reductor. (Hipótesis descartada)
- 1.6 Mala selección del lubricante. (Hipótesis descartada).

#### Causas Raíces.

¿Por qué hay un mal alineamiento entre motor y reductor?.

- 1.1.1 Pórqe el tiempo de montaje fue muy corto.
- 1.1.2 Pórqe no habían las herramientas correctas.
- 1.1.3 El personal asignado no tiene una formación para este tipo de actividad.

¿ Por qué se recibió con un mal diseño de fábrica de los engranajes?

- 1.2.1 Reductor comprado fuera de especificaciones técnicas.
- 1.2.2. Diseño original erróneo, no se verificaron las durezas a la hora de recibirlo.

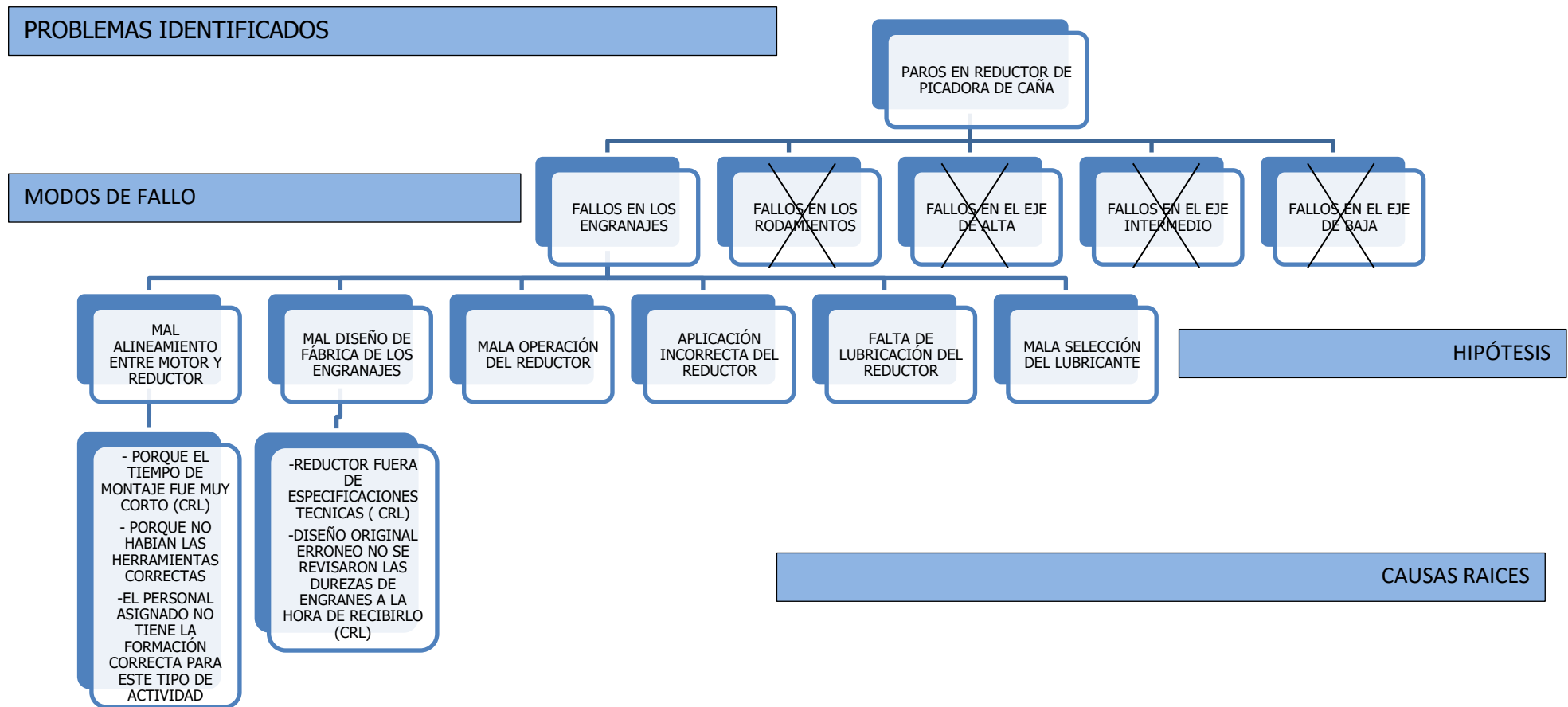


Figura 21. Árbol de análisis de fallo.

- **Etapa 6: Definición y evaluación de la efectividad de las soluciones propuestas.**

Definición del problema: fallos en reductor de picadora de caña.

Modo de fallo: por qué ocurrieron los fallos en el reductor?

1. Daños en los engranajes.

Hipótesis: ¿por qué ocurrieron los fallos en el reductor?

1.2 Mal diseño de fábrica de los engranajes (hipótesis validada).

Causas raíces.

¿ Por qué se recibió un reductor erróneo?.

1.2.1 No se revisaron las especificaciones técnicas

1.2.2 No se hizo prueba de dureza de engranajes a la hora de recibirlo.

Solución propuesta: con los datos que se tienen a partir de la hipótesis validada se detectó que para los reductores de potencia significativa y para aplicaciones críticas, los reductores deben de pasar por un procedimiento de verificación de las especificaciones técnicas. El fabricante debe de proveer los manuales de diseño y fabricación, y el cliente debe de revisar el manual y comprobar en campo hacer las pruebas respectivas de dureza a los engranes y recibirlo de acuerdo a lo que se dice en el manual técnico. Cuando un reductor ya está en operación y se necesite diagnosticar averías, se puede hacer un análisis predictivo del aceite del reductor, análisis de vibraciones, termografía; con el objetivo de detectar a tiempo los fallos.

### **3.4 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO APLICABLES A REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

En el siguiente apartado se presentan las técnicas de mantenimiento predictivo con las cuales se pueden detectar averías en un reductor de velocidad antes que estas se vuelvan más severas.

#### **3.4.1 VIBRACIONES MECÁNICAS**

Hacer un análisis de vibraciones mecánicas en reductores de velocidad, a sus inicios es un análisis un poco difuso debido a que en el instrumento se captan señales de múltiples engranajes y estos emiten cada uno su frecuencia; para los reductores de velocidad que trabajan a muy bajas rpm no se logra tener una apreciación clara de lo que está ocurriendo en los dientes del engranaje del reductor, aún más si el analista no está experimentado en la técnica.



**Figura 22. Toma de vibraciones mecánicas a reductores de velocidad**

Sin embargo para el caso de rodamientos se puede tener una apreciación más acertada especialmente en el lado de alta velocidad. Así por ejemplo se puede llevar la tendencia de vibraciones desde su inicio después de un mantenimiento y definir un límite de "BCU" para los cuales la máquina ya ira dando alertas para reemplazo de rodamientos. Se deben de ir guardando los historiales del estado del rodamiento para cada reductor de velocidad y se debe

de programar aquellos que den alertas. Para un análisis rápido usando los datos globales, hay tablas las cuales se pueden usar para ayudar a definir los niveles de "BCU" en los cuales una máquina ya está indicando averías.

**Tabla 11. Tabla ISO 10816-3 Cuadro de severidad de vibraciones<sup>10</sup>**

|   |       |  |  |  |  |  |  | v r.m.s.<br>mm/s                          | v r.m.s.<br>inch/s | Velocidad Vibración<br>10 - 1000 Hz n > 600 1/min<br>(2 - 1000 Hz n > 120 1/min) |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|---|-------|--|--|--|--|--|--|---|--------------------|--|--------------------------|---|--------------------------------|--|-----------------------|----------|---|--|--|--|---|--|--|--|----------------|--|--------------------------|--|--------------------------------|--|-----------------------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|----|-------|
| <table border="1"> <tr> <td>rigida</td><td>flexible</td><td>rigida</td><td>flexible</td><td>rigida</td><td>flexible</td><td>rigida</td><td>flexible</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Bombas &gt; 15 kW<br/>radial, axial, diagonal</td> <td colspan="2">Máquinas medianas<br/>15 kW &lt; P ≤ 300 kW</td> <td colspan="2">Máquinas Grandes<br/>300 kW &lt; P &lt; 50 MW</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Acople directo</td> <td colspan="2">Eje intermedio / Poleas.</td> <td colspan="2">Motores<br/>160 mm ≤ H &lt; 315 mm</td> <td colspan="2">Motores<br/>315 mm ≤ H</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grupo 4</td> <td colspan="2">Grupo 3</td> <td colspan="2">Grupo 2</td> <td colspan="2">Grupo 1</td> </tr> </table> |       |  |  |  |  |  |  | rigida                                    | flexible           |  | rigida                   | flexible                                | rigida                         | flexible                               | rigida                | flexible | Bombas > 15 kW<br>radial, axial, diagonal |  |  |  | Máquinas medianas<br>15 kW < P ≤ 300 kW |  | Máquinas Grandes<br>300 kW < P < 50 MW |  | Acople directo |  | Eje intermedio / Poleas. |  | Motores<br>160 mm ≤ H < 315 mm |  | Motores<br>315 mm ≤ H |  | Grupo 4 |  | Grupo 3 |  | Grupo 2 |  | Grupo 1 |  | 11 | 0.433 |
|   |       |  |  |  |  |  |  | rigida                                    | flexible           |  | rigida                   | flexible                                | rigida                         | flexible                               | rigida                | flexible |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | Bombas > 15 kW<br>radial, axial, diagonal |                    |  |                          | Máquinas medianas<br>15 kW < P ≤ 300 kW |                                | Máquinas Grandes<br>300 kW < P < 50 MW |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | Acople directo                            |                    |  | Eje intermedio / Poleas. |   | Motores<br>160 mm ≤ H < 315 mm |  | Motores<br>315 mm ≤ H |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | Grupo 4                                   |                    |  | Grupo 3                  |   | Grupo 2                        |  | Grupo 1               |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | 7.1                                       | 0.280              |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | 4.5                                       | 0.177              |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | 3.5                                       | 0.138              |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
| 2.8   | 0.110 |  |  |  |  |  |  |   |                    |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
| 2.3   | 0.091 |  |  |  |  |  |  |   |                    |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
| 1.4   | 0.055 |  |  |  |  |  |  |   |                    |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
| 0.71  | 0.028 |  |  |  |  |  |  |   |                    |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  | Fundación                                 |                    |  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  |   |                    | Tipo de Máquina  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |
|   |       |  |  |  |  |  |  |   |                    | Grupo  |                          |   |                                |  |                       |          |   |  |  |  |   |  |  |  |                |  |                          |  |                                |  |                       |  |         |  |         |  |         |  |         |  |    |       |

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
|  | Puesta en operación recientemente. |
|  | Operación para largo plazo.        |
|  | Operación para corto plazo         |
|  | Vibración causando daños           |

Los puntos de medición para la obtención de datos globales de "BCU" en una máquina son:

- Verticales
- Horizontales
- Axiales

Los valores verticales son aquellos que se toman verticalmente en un punto, para una mejor obtención de los datos este valor y todos los valores se toman en los puntos más críticos, así por ejemplo se tomará lectura vertical en el punto de abajo donde esté más próximo al rodamiento y que se considere que es el punto de mayor carga (siempre y cuando se tomen estos datos con seguridad y la operación de la máquina lo permita). Los valores radiales son los que se toman horizontalmente sobre el radio de operación del rodamiento y los valores axiales

<sup>10</sup> MOBIUS INSTITUTE, 1999-2005 *Entrenamiento de vibraciones- referencias rápidas*

son los que se toman en dirección del eje del reductor, se ubica el sensor en dirección paralela al eje.

### **Diagnóstico de fallas generales en reductores, análisis avanzado.**

Para llevar a cabo un diagnóstico de un reductor de velocidad por vibraciones mecánicas se tiene que tener cierto grado de conocimiento (nivel 1, nivel 2 o más), en la técnica de vibraciones mecánicas, para saber interpretar y diagnosticar la falla. A continuación se verán algunos criterios de análisis utilizando esta técnica y su interpretación espectral<sup>11</sup>.

#### ➤ **Pista de esquí**

Síntomas:

- ✓ Muy cerca de los cero Hz, desintegrándose en todo el espectro.

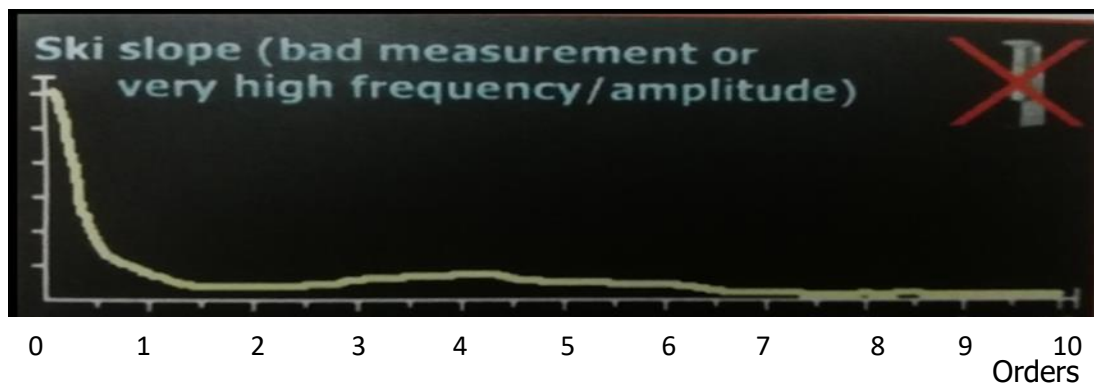


Figura 23. Posible falla en el sensor.

Si se observa que el espectro comienza en un nivel alto en el extremo de baja frecuencia de la gráfica, y decae lentamente a través de la gráfica, entonces existe un problema con el sensor, o el sensor experimentó un choque / transitorio durante la medición. El transitorio

---

<sup>11</sup> [MOBIUS INSTITUTE, Entrenamiento de vibraciones-referencias rápidas](#)

puede ser mecánico (el sensor fue golpeado o hay una vibración muy alta); térmico (el sensor fue colocado en una superficie muy caliente) o eléctrico.

El espectro tendrá una pendiente de esquí y un piso de ruido elevado en el extremo de alta frecuencia del espectro si el transductor se "satura". Esto ocurre típicamente cuando hay una fuente de vibración alta a alta frecuencia.

➤ **Desequilibrio: máquinas verticales.**

Síntomas:

- ✓ 1x radial (horizontal).
- ✓ Lectura de fase similar en la misma dirección en diferentes puntos de la máquina.

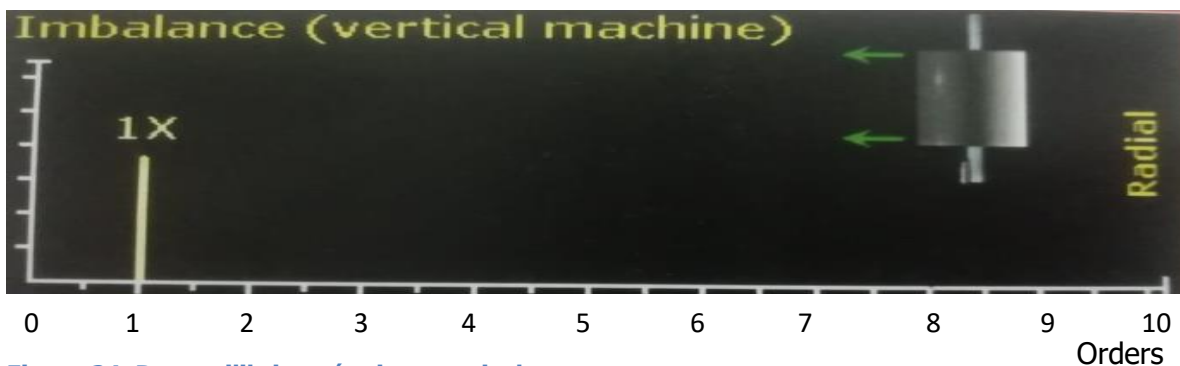


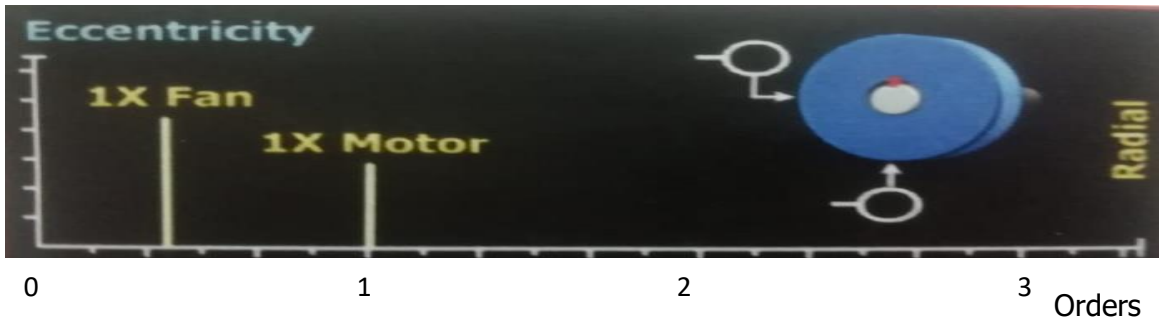
Figura 24. Desequilibrio máquinas verticales.

El espectro volverá a mostrar un fuerte pico 1x cuando se mide en la dirección radial (horizontal o tangencial).

➤ **Rotor excéntrico o engranaje.**

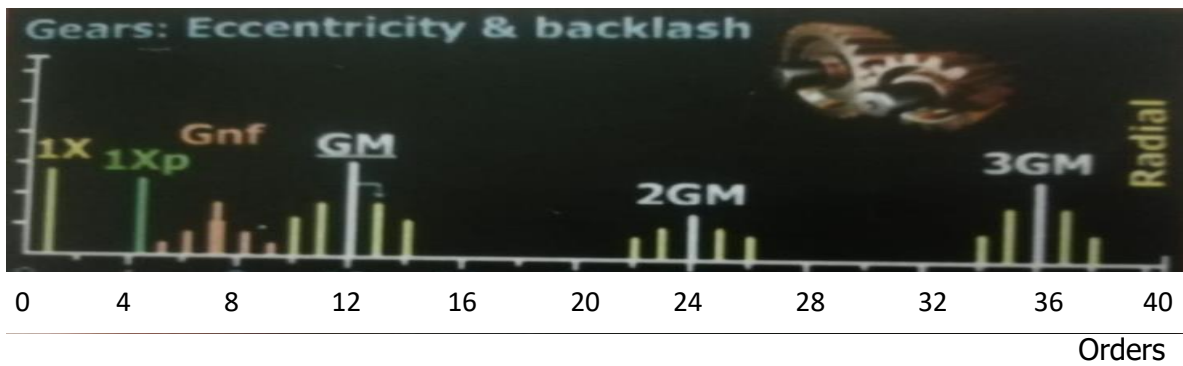
Síntomas.

- ✓ 1x radial (V Y H).



**Figura 25. Rotor excéntrico.**

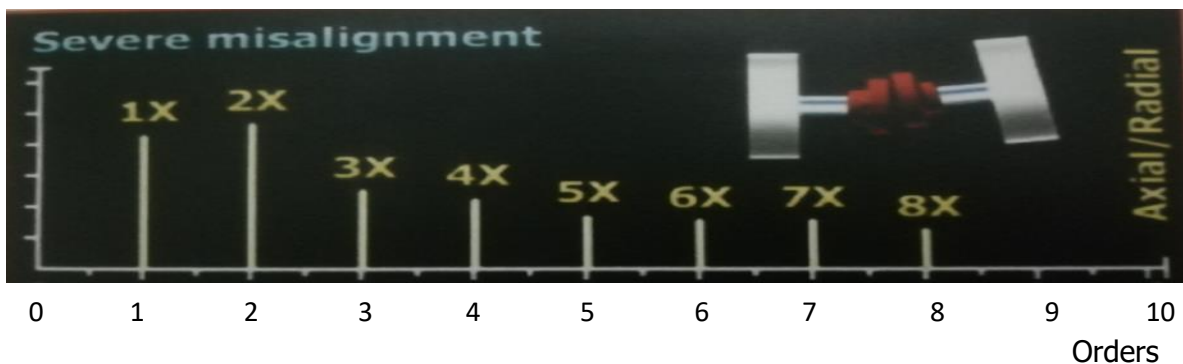
La excentricidad se produce cuando el centro de rotación se desplaza de la línea central geométrica del engranaje, rodamiento o rotor.



**Figura 26. Falla en el engranaje.**

La excentricidad del rotor / engranaje generará una fuerte componente radial de 1X, especialmente en la dirección paralela al rotor / engranaje. Esto es muy común, y simula desequilibrio.

➤ **Desalineación.**



**Figura 27. Falla de desalineación.**

Frecuencia: 1x y 2x (3x, 4x...) en dirección radial y horizontal.

En resumen, la desalineación es una condición donde la línea central de los ejes acoplados no coincide.

Si las líneas centrales del eje desalineadas son paralelas pero no coincidentes, se dice que la desalineación es paralela (o desviada).

Si los ejes desalineados se encuentran en un punto pero no son paralelos, se denomina desalineación angular.

La mayoría de los casos desalineados son una combinación de desalineación paralela y angular. El diagnóstico, como regla general, se basa en la vibración dominante al doble de la velocidad de rotación (2x) con niveles de velocidad de rotación incrementados (1x) que actúan en las direcciones axial y vertical u horizontal.

➤ **Desalineamiento angular.**

Síntomas:

- ✓ Alta vibración axial; 1x fuerte pero 2x y 3x pueden también serlo.
- ✓ 180 ° a través del acoplamiento en dirección axial.

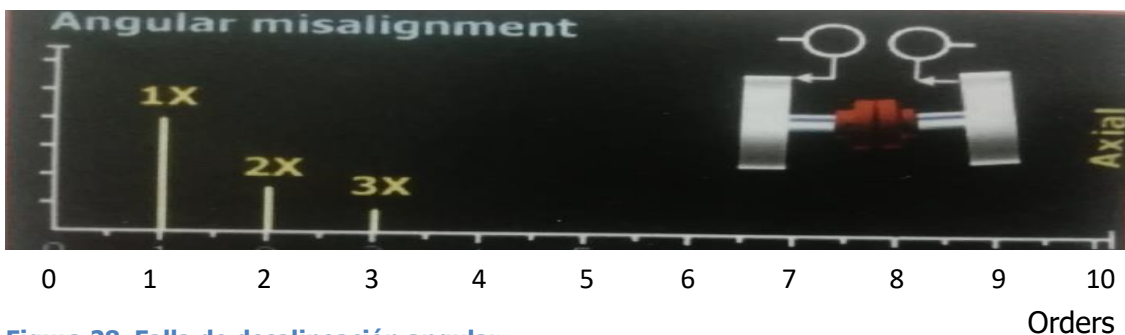


Figura 28. Falla de desalineación angular

Si los ejes mal alineados se encuentran en un punto pero no son paralelos, entonces la desalineación se denomina desalineación angular.

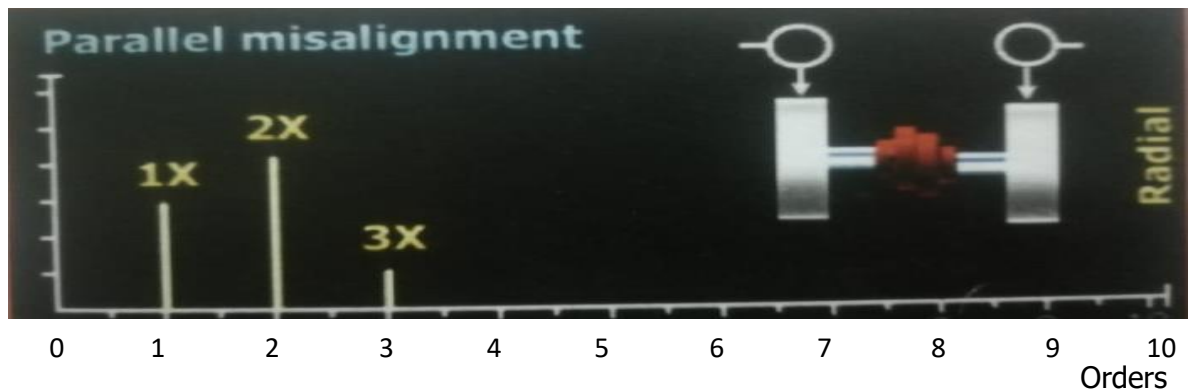
La desalineación angular produce un momento de flexión en cada eje, y esto genera una fuerte vibración a 1x y cierta vibración a 2x e incluso 3x en la dirección axial en ambos cojinetes.

También habrá niveles radiales (verticales y horizontales) justamente fuertes (1x y 2x), pero estos componentes estarán en fase.

La vibración es de 180° fuera de la fase a través del acoplamiento en la dirección axial, y en fase en la dirección radial.

➤ **Desalineamiento paralelo.**

Síntomas: 2x radial, 1x radial más pequeño (VyH).



**Figura 29. Falla de desalineación paralela.**

180° a través del acople en dirección radial.

Si las líneas centrales del eje desalineadas son paralelas, pero no coinciden, se dice que la desalineación es una desalineación paralela (o desviada).

La desalineación paralela produce una fuerza de corte y un momento de flexión en el extremo acoplado de cada eje.

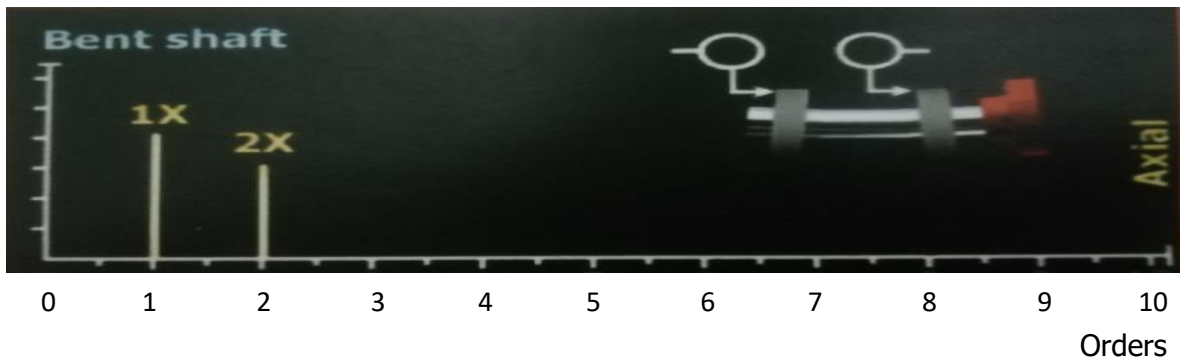
Los niveles de vibración altos a 2x así como 1x se producen en las direcciones radiales (verticales y horizontales) en los cojinetes en cada lado del acoplamiento. Más a menudo el

componente 2x será mayor que 1x. Dependiendo del tipo de acoplamiento, puede haber 3x, 4x hasta 8x picos, parcialmente cuando la desalineación es grave. En este caso, el piso de ruido no se eleva (a diferencia de la flojedad de la rotación) y el armónico no continúa a frecuencias más altas (como lo hacen con flojedad giratoria).

➤ **Eje doblado.**

Síntomas:

- ✓ 1x axial.
- ✓ Cerca de 180° diferencia de fase entre el rodamiento



**Figura 30. Falla de eje doblado.**

Un eje doblado provoca predominantemente una alta vibración axial 1x. La vibración dominante es normalmente de 1x si la curva está cerca del centro del eje, sin embargo, verá una vibración 2x si la curva está más cerca del arrollamiento.

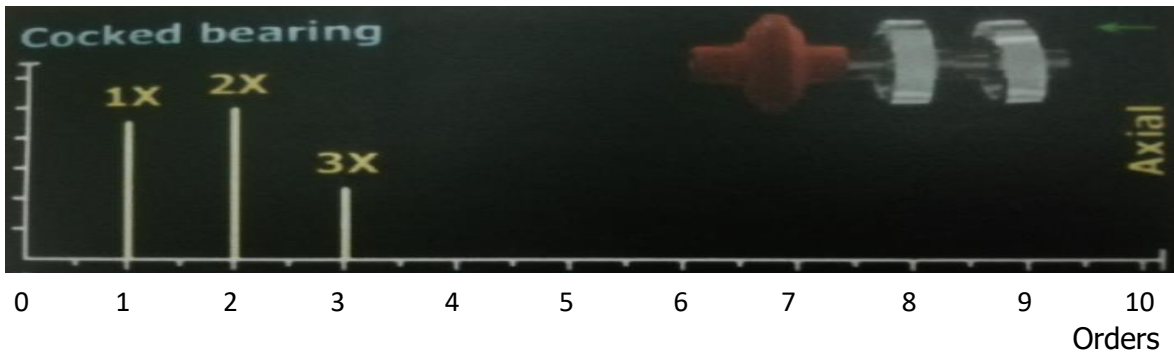
Las mediciones de eje vertical y horizontal a menudo también revelarán picos a 1x y 2x, sin embargo, la clave es la medición axial.

La fase también es una buena prueba utilizada para diagnosticar un eje doblado. La fase a 1x medida en las direcciones axiales en los extremos opuestos del componente estará desfasada 180°.

➤ **Rodamiento amortillado.**

Síntomas:

- ✓ 1x, 2x, y 3x en sentido axial.
- ✓ Diferencia de fase de 180 ° a cada lado del eje.



**Figura 31. Falla de rodamiento amortillado**

Un cojinete de apoyo, que es una forma de desalineación, generará una vibración axial considerable. Los picos a menudo se verán en 1x, 2x, así como 3x.

Dado que existe una vibración axial tan fuerte, también puede confundirse con una desalineación y con un desequilibrio en una bomba o ventilador en voladizo. La presencia de picos a 2x y 3x indicaría una condición de rodamiento abombado sobre desequilibrio.

Debido al movimiento de torsión, habrá una fase de 180 ° diferente a cada lado del eje en el rodamiento.

➤ **Desgaste de los dientes del engranaje.**

Síntomas:

- ✓ 1x Bandas laterales alrededor de los armónicos de frecuencia de malla de engranajes.

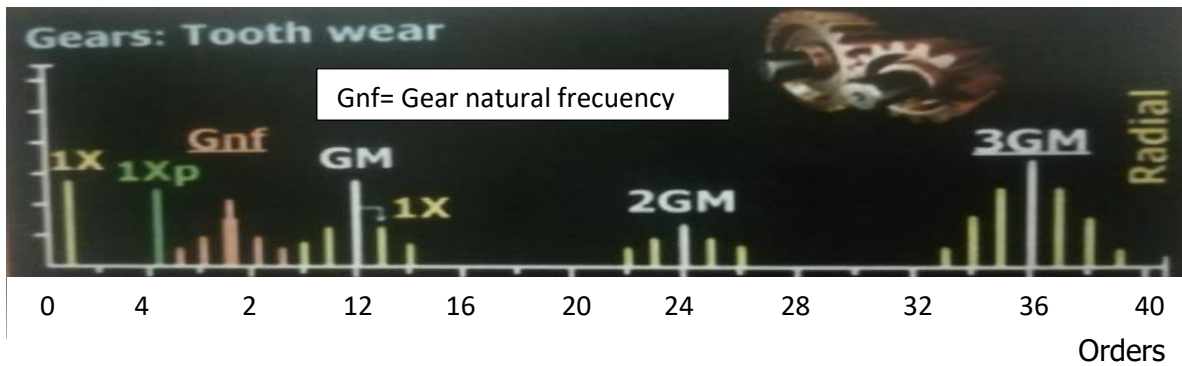


Figura 32. Falla de desgaste de los dientes

Cuando los dientes de un engranaje empiezan a desgastarse dos cosas pueden ocurrir. La primera es que las bandas laterales de la malla de engranajes aumentarán de nivel. Las bandas laterales corresponderán a la velocidad del engranaje con el desgaste.

La segunda es que la frecuencia natural del reductor es excitada. Este pico también exhibirá bandas laterales y, como frecuencia natural, es probable que tenga una base más amplia.

*Malla de engranajes = número de dientes x velocidad del eje*

*Velocidad de salida = velocidad de entrada x diente de entrada / dientes de salida*

➤ **Diente sobre cargado.**

Síntomas:

- ✓ Alta frecuencia de engranajes

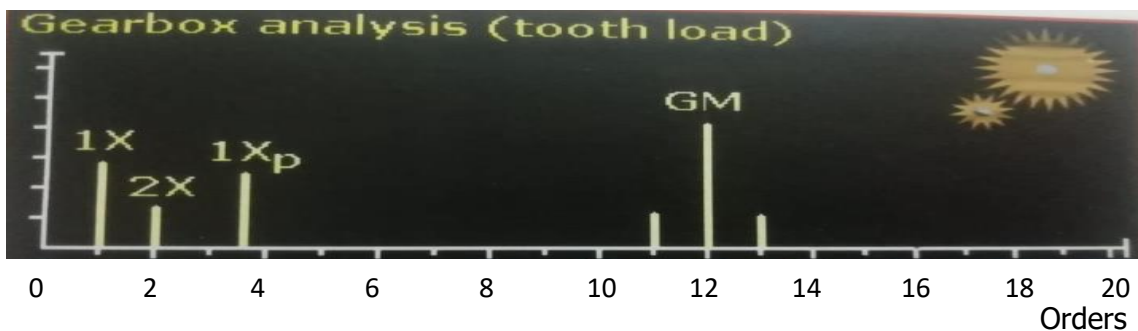


Figura 33. Falla de los dientes sobrecargados.

El nivel de la frecuencia de la malla dental depende de la alineación de los ejes que llevan el engranaje y la carga en el engranaje. Un pico alto en la frecuencia de la malla del engranaje no indica necesariamente un problema.

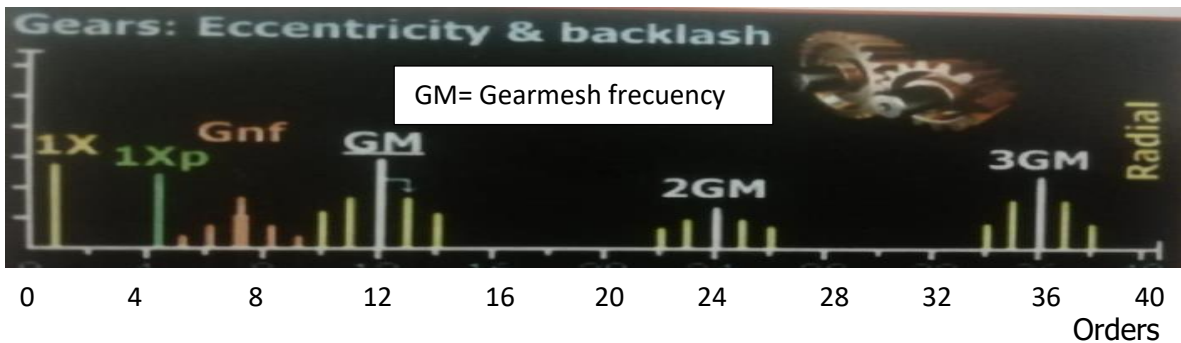
*Malla de engranajes = número de dientes x velocidad del eje*

*Velocidad de salida = velocidad de entrada x diente de entrada / dientes de salida*

➤ **Juego de engranajes.**

Síntomas:

- ✓ 1x bandas laterales alrededor de la frecuencia de malla de engranajes frecuencia natural de alta velocidad.



**Figura 34. Falla juego de engranajes**

El juego del engranaje generará bandas laterales de velocidad del eje alrededor de la frecuencia del engranaje. El pico de malla del engranaje y el pico de frecuencia natural del engranaje a menudo disminuirán con el aumento de carga cuando exista este problema

➤ **Engranajes excéntricos.**

Síntomas:

- ✓ 1x banda lateral alrededor de la frecuencia de malla de engranajes.

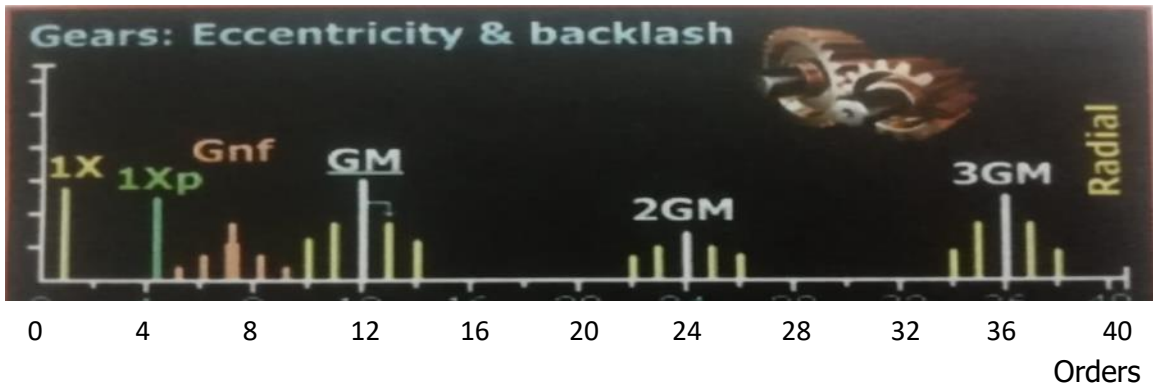


Figura 35. Falla engranajes excéntricos.

Para engranajes excéntricos y engranajes con ejes doblados, verá bandas laterales de velocidad de corte (del engranaje ofensivo) de la frecuencia de malla de engranajes, sin embargo, a menudo solo verá una banda lateral única, en lugar de toda una familia

➤ **Engranajes desalineados.**

Síntomas.

- ✓ 1x banda lateral alrededor de la frecuencia de malla de engranajes.

Armónicos de malla de engranaje.

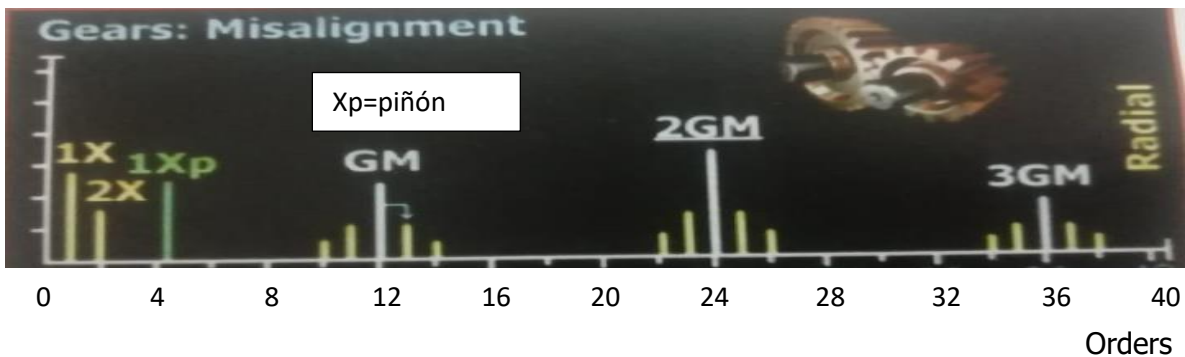


Figura 36. Falla engranaje desalineado

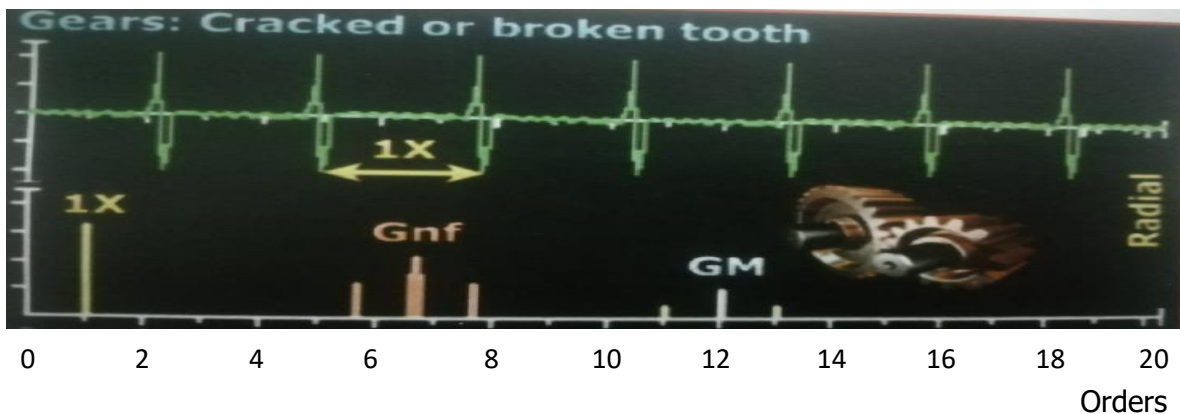
Los engranajes mal alineados generarán altas frecuencias de engranajes con bandas laterales, sin embargo, es común tener armónicos de la frecuencia de engranajes, con niveles más altos con dos y tres veces la frecuencia de la malla de engranajes. Por lo tanto,

es importante establecer su rango de frecuencia ( $F_{max}$ ) lo suficientemente alto para ver estas frecuencias.

➤ **Diente de engranaje agrietado o roto.**

Síntomas:

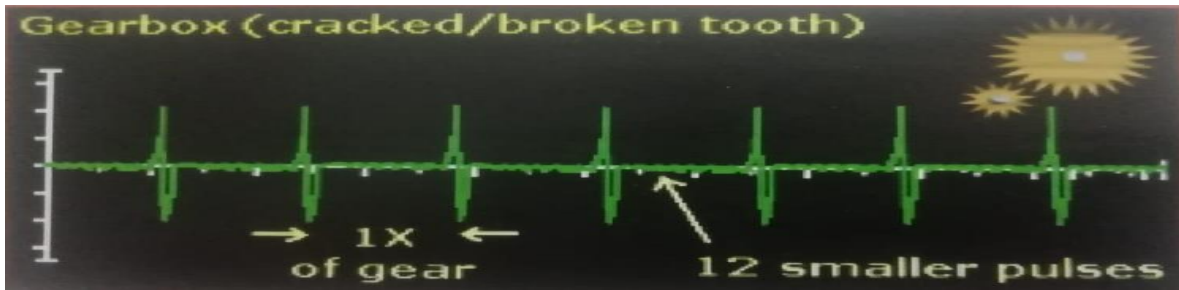
- ✓ Alto 1x radial. Frecuencia natural del engranaje.
- ✓ 1x bandas laterales alrededor de la frecuencia de malla de engranajes.



**Figura 37. Falla engranaje agrietado o roto.**

Un diente agrietado o roto generará un pico de gran amplitud a la velocidad de giro de ese engranaje, y hará que la frecuencia natural del engranaje se excite. Habrá bandas laterales de la velocidad de giro de ese engranaje.

Sin embargo, la mejor manera de ver un diente roto es a través de la forma de onda del tiempo. Si hubiera doce dientes, uno de los 12 pulsos en la forma de onda será muy diferente de los otros pulsos. Naturalmente, la diferencia de tiempo entre estos impulsos será igual al período de la velocidad de giro de ese engranaje (el diente entra en malla una vez por revolución).



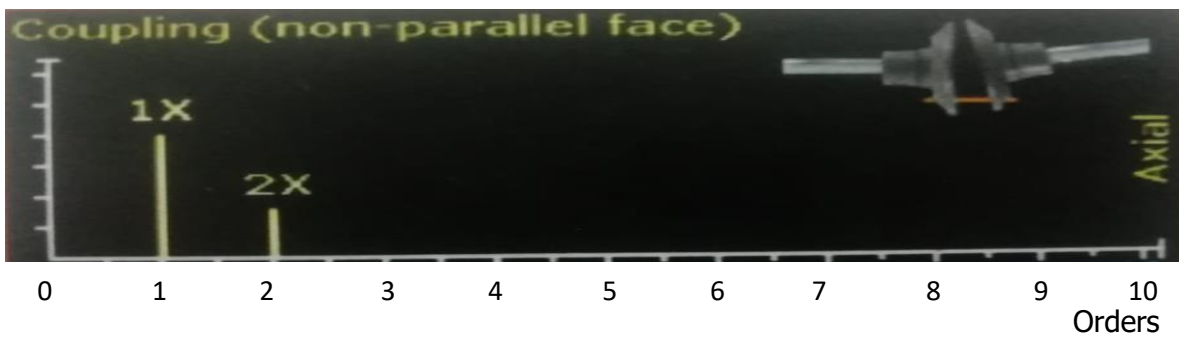
**Figura 38. Falla engranaje agrietado o roto**

➤ **Falla de acoplamiento.**

Síntomas:

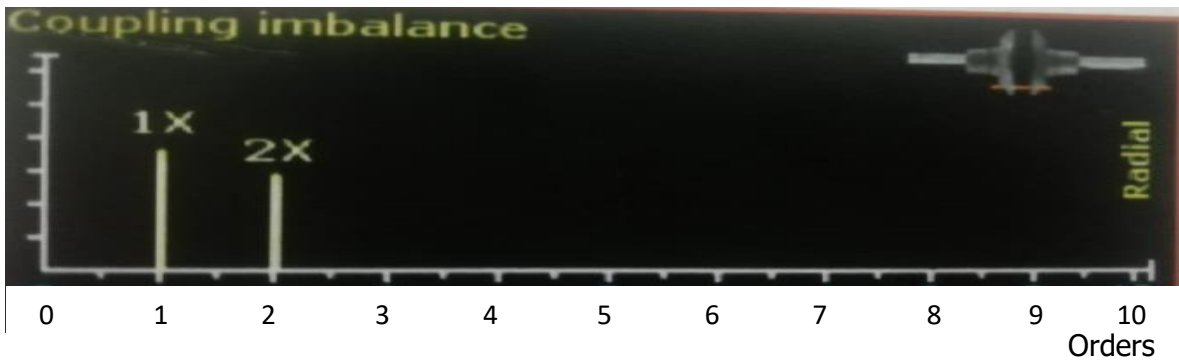
- ✓ 1x y 2x.

Si el acoplamiento no es cierto; no es paralelo a las caras de la brida, se produce un patrón de vibración similar a la desalineación angular.



**Figura 39. Falla de acoplamiento.**

El desequilibrio de acoplamiento también es un problema común, y da como resultado componentes radiales altos de 1x y 2x.



**Figura 40. Falla desbalance del acople.**

El desgaste del acoplamiento puede producir todos los síntomas de desalineación y flojedad.

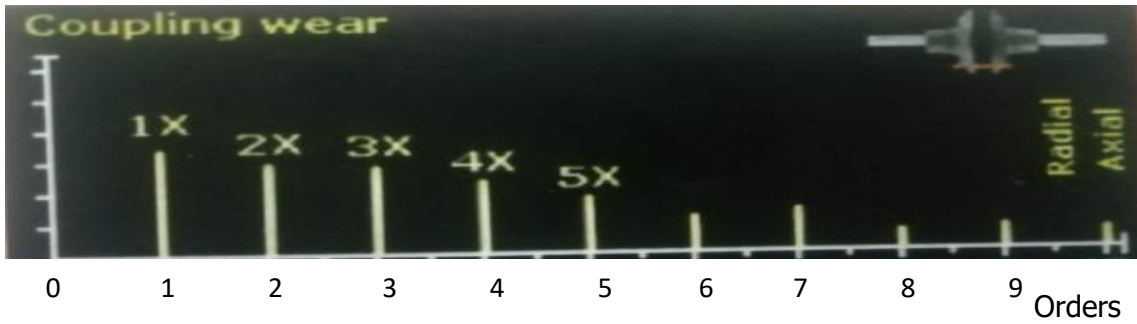


Figura 41. Falla desgaste del acople

➤ **Fajas desgastadas o sueltas.**

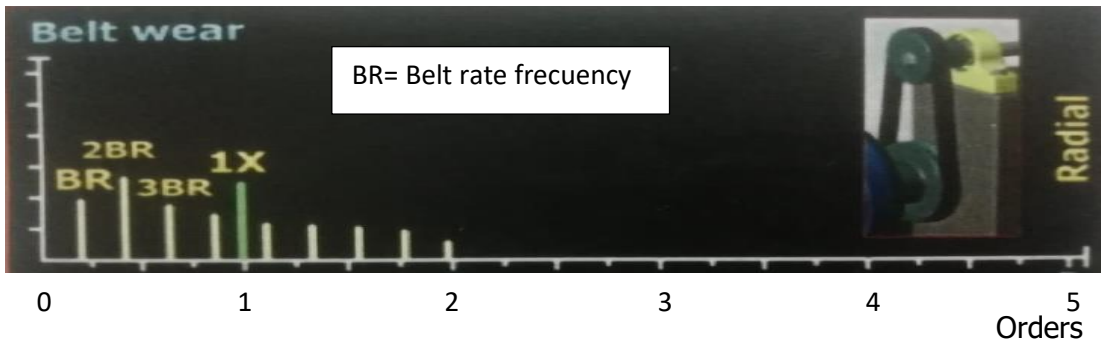


Figura 42. Falla fajas desgastadas o sueltas.

Si la faja está desgastado o suelto, tendrá un pico a la velocidad de la faja y armónicos, con el doble de esta frecuencia (2BR) el más alto, cuando hay dos poleas. La frecuencia de fuerza clave se conoce como "tasa de banda" o "frecuencia de paso de banda fundamental". Es la velocidad a la que un punto de la banda pasa por un punto de referencia fijo. Siempre es menor que la velocidad de cualquiera de las poleas.

Es calculado de la siguiente manera.

*rpm impulsada*

$$= \frac{\text{rpm de conducción} \times \text{diámetro de la polea de conducción}}{\text{diámetro de la polea accionada}}$$

*Frecuencia de la polea*

$$= \pi \times rpm \text{ de la polea} \times \text{diametro de la polea} / \text{longitud de la faja}$$

Para las fajas de tiempo se tiene una segunda frecuencia de fuerza a considerar, conocida como "frecuencia de faja de tiempo".

*Frecuencia de faja de tiempo = Frecuencia de faja x número de dientes sobre la faja.*

*Frecuencia de faja de tiempo = rpm de la polea x número de dientes sobre la polea.*

### 3.4.2 ANÁLISIS POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA<sup>12</sup>.

La termografía puede contribuir mucho en la inspección de equipos aunque parece una técnica muy fácil de aplicar tiene sus regulaciones y su metodología de enseñanza está basado en las normas ISO 9001 de los sistemas FLIR en Suecia y Estados Unidos. Además la cámara a utilizar para dicho propósito debe de estar calibrada en un laboratorio que esté aprobado. El termografista debe de estar certificado para efectos de una auditoria o para validar una buena interpretación.

Antes de hacer un análisis en una termografía es necesario tener claro algunos conceptos:

**Concepto de calor:** Energía asociada al movimiento aleatorio de las moléculas y átomos de los que está compuesta la materia. La cantidad de energía calorífica de un objeto está relacionada con la energía cinética total de las moléculas que lo componen.

**Temperatura:** Es una medida relativa que compara unos cuerpos con otros.

---

<sup>12</sup> [\*Centro de Entrenamiento Infrarrojo. 2006, manual de Termografía nivel I\*](#)

## **Leyes de la ciencia térmica:**

### **Primera ley de la ciencia térmica:**

Conservación de la energía: La suma de la energía total contenida en un sistema cerrado permanece constante.

### **Segunda ley de la ciencia térmica:**

El calor fluiría espontáneamente desde las zonas calientes hacia las más frías, y esta es la forma en que se transfiere calor de un cuerpo a otro.

Modos de transmisión de calor.

Para el análisis de una termografía asociada a un reductor de velocidad el encargado de realizar las termografías debe de tener claros algunos conceptos relacionados al modo de transmisión de calor, los cuales son:

- Conducción
- Convección
- Evaporación
- Radiación

Para el análisis de termografías a reductores de velocidad el modo de transmisión de calor que se debe de tener muy claro es el de conducción.

La conducción de calor es la transmisión directa de energía térmica entre moléculas, cuando estas chocan entre sí.

El calor y la energía están relacionados al movimiento molecular. Cuando dos moléculas se acercan suficientemente y entran en contacto, la que tiene mayor temperatura posee mayor movimiento molecular, de esta forma transmitirá energía a la molécula que se mueve más lenta, este proceso puede continuar como una reacción en cadena. Si por ejemplo, se calienta una barra de metal en uno de sus extremos, el calor se transmitirá de molécula en molécula hasta llegar al extremo más frío.

Es importante recordar que las pequeñas moléculas, tienen que ponerse en contacto unas con otras para que se produzca la conducción.

La transmisión de calor por conducción se produce en cualquier situación en la que se ponen en contacto moléculas con diferente temperatura. Puede tener lugar en diferentes objetos que están en contacto, y en el interior de los objetos.

### **El espectro electromagnético:**

El espectro electromagnético cubre un vasto espectro de diferentes tipos de radiación, que se utilizan para una amplia variedad de aplicaciones.

Las longitudes de ondas más utilizadas son:

- Gamma
- Rayos x
- Ultravioleta
- Visible
- Infrarrojo
- Microondas
- Ondas de radio

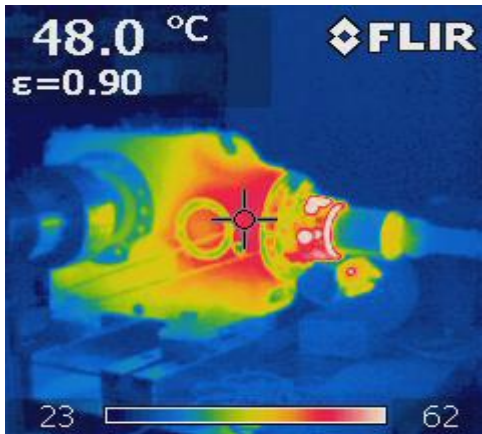
En esta lista, los rayos gamma tienen la longitud más corta, que se va incrementando hacia abajo en la lista. Entre ellos hay unas aplicaciones dañinas para la salud humana al estar expuesto directamente tal como son los rayos gamma o los rayos X.

La termografía infrarroja tiene una peculiar ventaja ya que no es dañina a la salud humana tiene diversos usos en la industria. En este caso propuesto se puede usar para revelar anomalías en la operación de los reductores de velocidad. Un programa de mantenimiento por termografía infrarroja se puede aplicar a aquellos equipos altamente críticos y medianamente críticos para la operación de la planta; con esta tecnología de inspección se puede detectar:

- Exceso de temperatura en rodamientos.
- Exceso de temperatura en acoples.
- Faltantes de lubricantes en la caja reductora.

Entre las ventajas de la aplicación de la termografía está la observación precisa a distancia.

Ejemplo.



**Figura 43. Termografía a Reductor.**

En esta imagen se observa seteados los siguientes parámetros.

**Rango de temperatura:** en las cámaras termográficas se puede ajustar el valor de rango de temperatura el cual se necesita filtrar para tener una mejor apreciación de la imagen, en este caso esta del 23°C a 62°C.




**Emisividad:** El factor emisividad es un parámetro muy importante en la termografía un termografista principiante debe de saber muy bien su importancia y no olvidar ajustarlo. Para el caso de los reductores de velocidad, se puede usar un valor de emisividad entre 0.95-0.98<sup>13</sup>

Así existen otros parámetros que se pueden ajustar con el fin de hacer un análisis más preciso y verídico de la termografía, entre ellos está la isoterma.

---

<sup>13</sup> *Termografía nivel 1 course manual, rev 1.1 2,006. Infrared training center.*

Para llevar a cabo una inspección de equipos se puede aplicar a aquellos que son críticos o medianamente críticos. Establecer un sistema de identificación según su estado:

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Estado crítico              |  |
| Estado medianamente crítico |  |
| No crítico                  |  |

En Algunas aplicaciones de los reductores de velocidad sin embargo, no es del todo justificable si los equipos son muy estables en su operación y no son representativos para la operación de la planta, ya que demandaría mucho tiempo del personal técnico en la selección de la información y almacenaje de la misma. Sí puede ayudar en una rutina diaria de mantenimiento como se mencionó en apartados anteriores, se necesita tener un control sensorial de la operación del equipo.

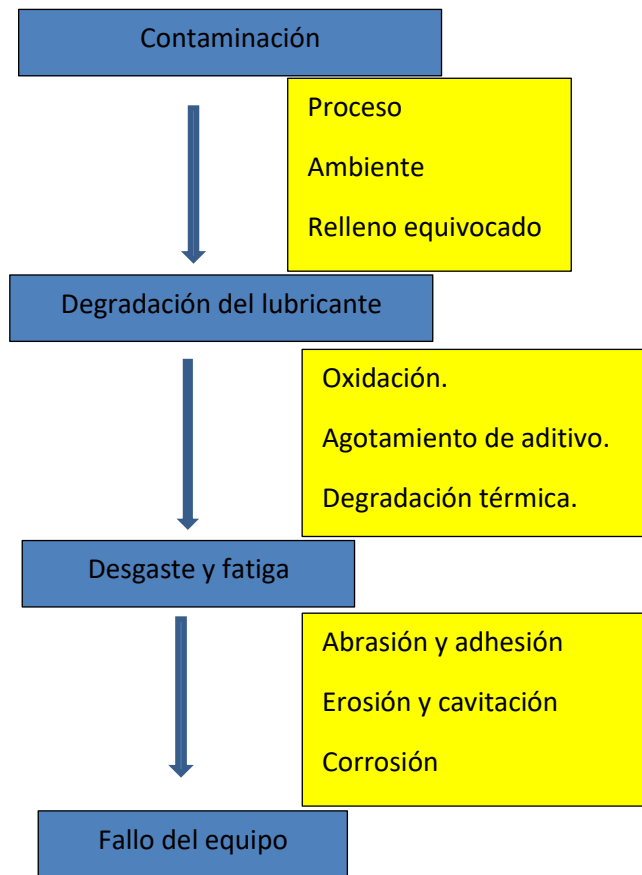
Otras técnicas para localización de fallas en reductores de velocidad es la aplicación de ultrasonido, y de análisis de aceite.

### **3.4.3 ANÁLISIS DE ACEITES<sup>14</sup>**

El ingreso de contaminantes y una pobre calidad del fluido originan el aumento del desgaste para que el equipo falle. El proceso hacia la falla se describe a continuación.

---

<sup>14</sup> [Universidad de las palmas de Gran Bretaña, 2002, Mantenimiento predictivo-proactivo a través del análisis de aceite.](#)



**Figura 44. Proceso de deterioro de equipos a causa del aceite.**

**La detección de la contaminación se puede llevar a cabo por los siguientes métodos:**

- **Conteo de partículas.**

Basado en la ISO 4406, se mide la limpieza de un aceite. Las partículas se evalúan en cinco categorías de tamaños y se reportan por 1ml de fluido. Se cuentan todas las partículas, incluyendo las de desgaste, y contaminantes de proceso y ambientales.

- **Examen microscópico.**

Las muestras que contienen cantidades anormales de impurezas visibles a simple vista deben ser filtradas. La muestra se filtra a 8µm y son examinadas a través de un microscopio óptico. El análisis es capaz de identificar los contaminantes y partículas de desgaste presentes en el aceite.

Las categorías de detección son las siguientes: metal blanco, babbit, sedimentos, precipitados, suciedad, impurezas, apariencia, olor.

- **Karl Fischer.**

El Karl Fischer nos da una medida precisa de la cantidad de humedad, o agua presente en la muestra de aceite. El agua puede entrar al sistema a partir de: conductos de respiraderos, filtros defectuosos de llenado de aceite, tornillos flojos, abrazaderas, tapas de inspección, tapas de filtros.

El agua es incompatible con el aceite y conduce a severos fallos de los componentes. Además de reducir la capacidad lubricante del aceite, causa:

- Corrosión combinándose químicamente con los productos de la degradación del aceite.
- En combinación con otros contaminantes, forma lodos, obstruyendo los conductos, los filtros, las bombas y las válvulas.
- Se combina con aditivos como el calcio, magnesio, cloruros y sulfatos, formando decapados, que aumentan las temperaturas, de funcionamiento.
- Evita la lubricación correcta de cojinetes con mucha carga formando bolsas de agua y vapor.
- Emulsiona el aceite, reduciendo su capacidad de transferencia de calor, provocando aumentos de temperatura en los cojinetes.

- **Análisis espectrométrico (ASTM D5185).**

El análisis espectrométrico nos da un informe cuantitativo de los elementos presentes en el aceite. Los elementos se pueden dividir en tres categorías: Metales de desgaste, contaminantes y aditivos.

**La detección de la degradación se puede llevar a cabo por los siguientes métodos.**

- **Índice de acidez (ASTM D664)**

El índice de acidez (TAN), mide la presencia de los productos ácidos presentes en el aceite. El nivel de acidez tolerable antes de que ocurra el fallo varía según el aceite y la aplicación. Un TAN alto se corresponde con un aumento del desgaste y puede ser señal de un proceso de oxidación o degradación térmica.

**Tabla 12. Índice de acidez**

| TAN inicial | Aumento |
|-------------|---------|
| 0.02        | 0.04    |
| 0.04        | 0.05    |
| 0.10        | 0.08    |
| 0.20        | 0.19    |
| 0.40        | 0.25    |
| 0.50        | 0.25    |
| 0.70        | 0.35    |
| 0.90        | 0.40    |
| 1.20        | 0.45    |
| 2.00        | 0.70    |
| 2.50        | 1.00    |
| 4.00        | 1.25    |
| >6.0        | 1.50    |

- **Viscosidad cinemática (ASTMD445)**

Es la resistencia a fluir del aceite. Bajo condiciones normales de funcionamiento, la viscosidad del aceite aumenta gradualmente porque las fracciones más ligeras del aceite se evaporan y se forman productos de degradación. La medida de la viscosidad determina hasta que medida el aceite se ha contaminado o degradado.

- **Ferografía analítica.**

La ferografía analítica nos permite observar varios de los productos de la degradación de los lubricantes. Cuando el aceite sufre estrés debido a un exceso de carga, aparecerán polímeros de fricción. Los lubricantes severamente degradados exhiben partículas amorfas.

**La detección del desgaste y la fatiga, se puede llevar a cabo por los siguientes métodos:**

- **Análisis espectrométrico. (ASTM D5185).**

Es el ensayo más antiguo utilizado para el análisis del aceite. Las unidades modernas de ICP pueden analizar alrededor de 20 elementos en un minuto. El análisis de metales de desgaste por ICP puede detectar problemas potenciales meses antes de que estos sean aparentes mediante análisis de vibraciones.

- **Ferrografía de lectura directa.**

La ferrografía de lectura directa comprende la cuantificación de partículas ferrosas en dos categorías distintas, menores de  $5\mu\text{m}$  en tamaño (DS) y las mayores de  $5\mu\text{m}$  (DL), siendo el WPC la suma DL+DS. La tendencia de los resultados de la ferrografía directa, es una buena pista para que el analista detecte desgastes anormales.

- **Análisis ferrográfico.**

La ferrografía analítica permite al analista ir más allá de los resultados del análisis espectrométrico para determinar la morfología de las partículas del desgaste en la muestra del aceite. La ferrografía revela ambos, el tipo de desgaste producido y la composición de las aleaciones de las partículas de desgaste. La interpretación del ferrograma da al analista una imagen clara de los componentes que se están desgastando en el sistema.

### **3.5 PLANES DE MANTENIMIENTO PARA REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

#### **3.5.1 REDUCTORES DE VELOCIDAD CLASIFICADOS COMO TIPO "A", CRITICOS.**

Que hacer en caso de que un equipo crítico falle es una pregunta que debería de tener respuesta por todos los técnicos de planta y los jefes. Se debe de dejar documentado procedimientos de reparación y debe de ser divulgado para aquellos que estén involucrados en tareas de mantenimiento.

A continuación se listan algunos puntos que puede ser de ayuda en caso se de una falla en un reductor clasificado como "crítico" para obtener tiempos de reparación cortos.

- Accesos físicos sin obstáculo.
- Personal entrenado.
- Herramientas en buen estado.
- Información técnica del equipo que este accesible al personal de mantenimiento.
- Debe de haber aplicación de 5S´ en el contorno del equipo.
- Stock de repuestos basado en frecuencia de fallas.

Todo el personal debe de estar alineado con los objetivos de mantenimiento para que se logren resultados satisfactorios en el restablecimiento del equipo en caso de una falla. Como se menciona al tener como norma la aplicación de las 5S´ en el contorno del equipo ayudará a que se tenga un mejor desempeño en la gestión a fin de restablecer de inmediato las operaciones, o en su defecto dejar de dañar al ambiente en caso de falla.

Los equipos clasificados como críticos lo ideal es repararlos en un mantenimiento programado, sin embargo se debe de tener un plan de reacción en caso de una falla, por esta razón tener

como disciplina las 5S´ en el personal ayudara a que todos tengan las herramientas ordenadas y en caso de una emergencia puedan ser muy fáciles de encontrar.

Las fallas pueden ser diversas y el personal debe de estar entrenado para solventarlas debe de capacitarse muy bien en el conocimiento de este tipo de equipos. Los equipos se clasificarán como críticos no únicamente por las pérdidas económicas que este puede traer a la planta, sino también por el grado de incidencia en el ambiente que puede provocar en caso que dejara de funcionar, así como los daños al personal que puede traer en caso de falla.

Un equipo clasificado como tipo "A", debido a que es imprescindible para las operaciones de la planta para éste se tendrá un presupuesto mayor, y el grado de monitoreo es mayor que uno clasificado como tipo "B" o "C".

Para llevar a cabo el mantenimiento ya sea diario o programado se hace necesario hacer una clasificación previa para deducir los tiempos de mano de obra que se le dedicará; estas agrupaciones se pueden llevar a cabo de la siguiente manera:

- Reductores de velocidad con potencias mayores a 200HP.
- Reductores de velocidad con potencias mayores de 100HP hasta 200HP.
- Reductores de velocidad con potencias mayores a 25HP hasta 100HP.
- Reductores de velocidad con potencias mayores de 10HP hasta 25HP.
- Reductores de velocidad con potencias mayores de 5HP hasta 10HP.
- Reductores de velocidad Hasta 5HP.

### **Mantenimiento diario a equipos, clasificados como tipo "A".**

En la operación de los reductores de velocidad es necesario diariamente mantener un control sobre cómo están operando aunque sea un control visual, es de mucha ayuda para hacer una

verificación rápida que proporcione información de cómo opera el equipo. La inspección diaria debe de incluir la percepción sensorial:

**Ver:** Ver cómo está operando el equipo; está sin aparentes patas flojas, está bien físicamente sin problemas de excesiva suciedad por ejemplo.

**Escuchar:** Cómo opera el equipo; si todos los sonidos que emiten están tan buenos como cuando inicio a trabajar.

**Sentir:** Sentir su temperatura si esta es de operación normal o hay un indicativo que el equipo está incrementando su temperatura.

**Oler:** El ambiente da indicios de aceite quemado o falta de lubricación, el equipo está funcionando muy bien o se siente a través del olfato que algo anda mal, aceite quemado, olor a humo por fricción de hierros, y otros.

Para los reductores críticos dentro de las operaciones de la planta se les debe de hacer un plan de inspección diario por vibraciones mecánicas, automatizar los procesos de adquisición de datos es mucho mejor ya que la información se va teniendo en línea y en tiempo real. A estos equipos también se les puede adaptar sistemas para medición de temperatura en línea además también se puede usar la técnica de termografía infrarroja para detectar anomalías en temperaturas.

Ya sea del tipo cicloidal o de engranaje, si este está clasificado como crítico se recomienda realizar lo siguiente en los planes de mantenimiento diario.

- 1) Revisión del nivel de aceite a través de la mirilla .
- 2) Revisión de fugas de aceite en los sellos.
- 3) Revisión de temperaturas en toda su carcasa, y especialmente en la zona de los sellos (que esté de acuerdo a las temperaturas que el fabricante recomienda).

- 4) Revisión de temperatura en zona de rodamientos.
- 5) Toma de lecturas de vibraciones mecánicas de sus rodamientos.
- 6) Toma de vibraciones mecánicas en engranajes (aunque cuando la velocidad del reductor es muy baja es más recomendable con el método de ultrasonido) esto siempre y cuando el personal este muy bien entrenado.
- 7) Inspección integral de las partes acopladas al reductor de velocidad, ya que los reductores de velocidad no trabajan solos, trabajan en conjunto con otros elementos mecánicos como acoples, cadenas, sprocket, los cuales al no estar íntegramente bien estos pueden ser la causa de un siniestro del reductor, se debe de tener un control integral del estado de los componentes mecánicos acoplados.

**Tabla 13. Tabla para control general del estado de los equipos. Creación propia**

| Mantenimiento Diario a Reductores de velocidad |  |                       | Diagnóstico   |       | Observaciones |
|--|--|-----------------------|---|-------|---------------|
| Item   | Actividad  | Tipo de Mantenimiento | Tiempo estimado promedio para potencias 0-50HP(min) | Bueno |               |
| 1  | Revisión de niveles de aceite a través de la mirilla                   | Preventivo            | 2   |       |               |
| 2  | Revisión de fugas de aceite en los sellos                              | Preventivo            | 10  |       |               |
| 3  | Revisión de temperatura en su carcasa y en zona de sellos              | Predictivo            | 4   |       |               |
| 4  | Revisión de temperatura en zona de rodamientos                         | Predictivo            | 4   |       |               |
| 5  | Toma de lectura de vibraciones mecánicas en sus rodamientos y análisis | Predictivo            | 10  |       |               |
| 6  | Toma de lectura de vibraciones mecánicas en sus engranajes y análisis  | Predictivo            | 20  |       |               |
| 7  | Inspección integral a las partes acopladas                             | Predictivo            | 10  |       |               |
|  | Acoples  |                       |   |       |               |
|  | Cadenas  |                       |   |       |               |
|  | Sprocket   |                       |   |       |               |

|  |    |
|--|----|
| Tiempo estimado en revisar un reductor (Minutos) | 60 |
| Personal necesario por turno                     | 1  |

*Nota: el tiempo estimado para la revisión del equipo dependerá de su potencia y las condiciones de campo.*

Algo muy importante que dejen las rutinas de mantenimiento diarios es que se podrá recolectar los datos reales y detectar anomalías, las cuales ayudarán a que las reparaciones sean programadas por el departamento de mantenimiento, también ayuda a que las tareas de mantenimiento sean más organizadas en todo.

**Para un mantenimiento programado de reductores cicloidales se puede proceder a la revisión como a continuación se indica:**

- 1) Estado de los rodamientos: Para asegurar la alineación de eje motriz y conducido (si este sistema lleva poleas)
- 2) Estados de los rodillos y bujes: Revisar los rodillos o pines verificando que no hayan rayaduras en los mismos.
- 3) Estados de los discos cicloidales: Verificar rayaduras y evaluar un reemplazo de las piezas.
- 4) Estado de la excéntrica: Es el corazón del reductor cicloidal, este se conecta directamente con el eje de alta. Durante la operación este balero excéntrico puede presentar averías o daños por operación como cualquier otro rodamiento. Mantener una caja reductora lubricada de acuerdo a las indicaciones del fabricante ayudará para que se asegure una vida útil más prolongada.
- 5) Estado de los Sellos: verificar que no estén cristalizados.
- 6) Estado del eje de baja: Verificar su integridad que no tenga desgastes excesivos en el eje, o que no haya daños en el cuñero.
- 7) Estado del eje de Alta: Verificar su integridad que no tenga desgastes excesivos en el eje, o que no haya daños en el cuñero.
- 8) Análisis de aceite: Verificar el estado del aceite.

Las actividades a realizar para un reductor cicloidal, en un mantenimiento programado se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 14. Partes a revisar para un mantenimiento programado reductor cicloidales. Creación propia.**

| Mantenimiento programado anual en reductores cicloidales. Partes a revisar |                                  |                       | Diagnostico   |       | Observaciones |
|--|----------------------------------|-----------------------|---|-------|---------------|
| Item   | Actividad                        | Tipo de Mantenimiento | Tiempo estimado promedio para potencias 0-50HP(Horas) | Bueno |               |
| 1  | Estado de los rodamientos        | Correctivo            | 2   |       |               |
| 2  | Estado de los rodillos y bujes   | Preventivo            | 0.5   |       |               |
| 3  | Estado de los discos cicloidales | Preventivo            | 0.5   |       |               |
| 4  | Estado de la excéntrica          | Preventivo            | 0.5   |       |               |
| 5  | Estado de los sellos             | Correctivo            | 0.5   |       |               |
| 6  | Estado del eje de baja           | Preventivo            | 0.5   |       |               |
| 7  | Estado del eje de alta           | Preventivo            | 0.5   |       |               |
| 8  | Análisis de aceite               | Preventivo            | 0.5   |       |               |

|   |     |
|---|-----|
| Tiempo estimado en revisar un reductor (Horas). | 5.5 |
| Personal necesario por turno                    | 2   |

*Nota: El tiempo estimado para la revisión del equipo dependerá de su potencia. Y no incluye desmontaje y montaje.*

*Ni tiempos muertos*

**Para un mantenimiento programado de reductores de engranaje se puede proceder a la revisión como a continuación se indica:**

- 1) Estado de los rodamientos: Hacer una inspección visual verificando su integridad si no están rayados, indicaciones de una mala lubricación o lubricante contaminado que los haya dañado, evaluar el reemplazo.
- 2) Estado de los dientes de los engranajes: Se sugiere hacer una revisión de los dientes del reductor con el objetivo de verificar su integridad si no existen rayaduras en los diente y que estén íntegramente completos.
- 3) Estado de los sellos: verificar que no estén cristalizados.
- 4) Estado del eje de baja: Asegurar que no existen indicaciones de agrietamientos debido al trabajo de operación.
- 5) Estado del eje intermedio: Asegurar que no existen indicaciones de agrietamientos debido al trabajo de operación.

6) Estado del eje de alta: Asegurar que no existen indicaciones de agrietamientos debido al trabajo de operación.

Si existen defectos en el caso de los ejes, se debe de investigar el tipo de material del cual está hecho el eje y así seleccionar el método de reparación que se le aplicara o decidir su reemplazo total.

7) Análisis de aceite: Verificar el estado del aceite.

Las actividades a realizar para un reductor de engranajes, en un mantenimiento programado se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 15 . Partes a revisar para mantenimiento programado reductores de engranaje. Creación propia.**

| Mantenimiento programado anual en reductores de engranajes. Partes a revisar |                          |                       | Diagnóstico   |       | Observaciones |
|--|--------------------------|-----------------------|---|-------|---------------|
| Item   | Actividad                | Tipo de Mantenimiento | Tiempo estimado promedio para potencias 0-50HP(Horas) | Bueno |               |
| 1  | Estado de rodamientos    | Correctivo            | 2   |       |               |
| 2  | Estado de los engranajes | Correctivo            | 0.75  |       |               |
| 3  | Estado de los sellos     | Correctivo            | 0.5   |       |               |
| 4  | Estado del eje de baja   | Predictivo            | 0.5   |       |               |
| 5  | Estado de eje intermedio | Predictivo            | 0.5   |       |               |
| 6  | Estado del eje de alta   | Predictivo            | 0.5   |       |               |
| 7  | Análisis de aceite       | Preventivo            | 0.5   |       |               |

|  |      |
|--|------|
| Tiempo estimado en revisar un reductor (Minutos) | 5.25 |
| Personal necesario por turno                     | 2    |

*Nota: El tiempo estimado para la revisión del equipo dependerá de su potencia. Y no incluye desmontaje y montaje ni tiempos muertos.*

**Tabla 16. Número de horas hombre. Creación propia.**

| Clasificación según su potencia                                     | Cantidad de equipos | Tiempo de reparación estimado en mantenimiento programado (Horas) | Cantidad de personas | Horas Hombre | Número de días |
|---|---------------------|---|----------------------|--------------|----------------|
| Reductores de velocidad con potencias mayores a 200HP               | 5                   | 48  | 3                    | 720          | 30             |
| Reductores de velocidad con potencias mayores de 100HP hasta 200HP. | 10                  | 16  | 2                    | 320          | 13             |
| Reductores de velocidad con potencias mayores de 25HP hasta 100HP.  | 20                  | 7   | 2                    | 280          | 12             |
| Reductores de velocidad con potencias mayores de 10HP hasta 25HP.   | 30                  | 5   | 2                    | 300          | 13             |
| Reductores de velocidad con potencias mayores de 5HP hasta 10HP.    | 40                  | 4   | 1                    | 160          | 7              |
| Reductores de velocidad hasta 5HP.                                  | 22                  | 3   | 1                    | 66           | 3              |
|   |                     |   | Total .HH.           | 1846         | 77             |

*Nota: tiempos efectivos sin interrupciones por repuestos. Ni tiempos muertos.*

**Tabla 17. Cronograma de ejecución de mantenimiento de acuerdo a horas hombre. Creación propia.**

| Descripción de equipos                                | N° de personas | Primer Mes |          |          |          | Segundo Mes |          |          |          | Tercer Mes |          |          |          | Cuarto Mes |          |          |          |
|---|----------------|------------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|
|   |                | semana 1   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | semana 1    | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | semana 1   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | semana 1   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 |
| Reductores de velocidad mayores a 200HP.              | 3              | █          | █        | █        | █        | █           | █        | █        | █        |            |          |          |          |            |          |          |          |
| Reductores de velocidad mayores de 100HP hasta 200HP. | 2              |            |          |          |          | █           | █        | █        | █        |            |          |          |          |            |          |          |          |
| Reductores de velocidad mayores a 25HP hasta 100HP.   | 2              |            |          |          |          |             |          |          |          | █          | █        | █        | █        |            |          |          |          |
| Reductores de velocidad mayores de 10HP a 25HP.       | 2              |            |          |          |          |             |          |          |          |            |          |          |          | █          | █        | █        | █        |
| Reductores de velocidad de 5HP a 10HP.                | 1              |            |          |          |          |             |          |          |          |            |          |          |          |            |          | █        | █        |
| Reductores de velocidad de menores a 5HP.             | 1              |            |          |          |          |             |          |          |          |            |          |          |          |            |          |          | █        |

*Nota: tiempos efectivos sin interrupciones por repuestos. Ni tiempos muertos.*

### 3.5.2 REDUCTORES DE VELOCIDAD CLASIFICADOS COMO TIPO "B", MEDIANAMENTE CRÍTICOS.

Se propone que entren en clasificación tipo "B" aquellos equipos que de acuerdo a las funciones que realizan dentro de las operaciones de la planta, sus fallas no tengan incidencia directa ya sea en la producción o en daños al ambiente o al personal. Cuáles equipos entraran en esta clasificación ya dependerá de la dirigencia de mantenimiento.

#### **Mantenimientos semanales a reductores de velocidad clasificados como tipo "B".**

En esta clasificación se puede proceder con las actividades de mantenimiento aplicadas a un equipo crítico, pero en esta ocasión lo que hará la diferencia es en que los tiempos de revisión serán semanales, es decir irá subiendo el intervalo de tiempo, el objetivo será no descuidar su mantenimiento aun cuando esté clasificado en esta categoría, ya que si bien es cierto no tiene incidencia directa, los equipos deben estar disponible y sin fallas.

### **3.5.3 REDUCTORES DE VELOCIDAD CLASIFICADOS COMO TIPO "C" (NO CRÍTICOS PARA LAS OPERACIONES).**

Los equipos clasificados en esta categoría, pueden ser aquellos que casi no son sometidos a trabajo diario, que están dentro de la planta y que cumplen una función específica, pero hay más de una alternativa para suplir su falta en caso que llegara a fallar.

#### **Mantenimientos quincenales a reductores de velocidad clasificados como tipo "C".**

Para los equipos que no son críticos para las operaciones de la planta no es necesario invertirles una gran cantidad de horas hombre, estos pueden ser pequeños motorreductores, que si bien no son visibles en las operaciones de una planta al dejar de funcionar la ponen en riesgo. La rutina de mantenimiento será integral ya que aunque en la clasificación no está como crítico ni medianamente crítico este mantenimiento tomara relevancia cuando llegue el tiempo establecido. Tal vez no se llegue hasta la etapa de inspección avanzada como monitorear en línea, pero sí se puede hacer mucho de lo citado para mantenimientos a equipos críticos, lo que cambiaría para esta clasificación de equipos es la frecuencia de mantenimiento.

### **3.6 ANÁLISIS DE DATOS DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

Con la documentación recolectada en las inspecciones diarias, semanales y quincenales realizada a los equipos, se procederá a programar los mantenimientos, esto previamente haciendo un análisis para la justificación del mantenimiento, todo esto debe de ir con una justificación técnica: análisis de aceites, análisis de vibraciones mecánicas, análisis de temperatura, horas de paro de la maquinaria, impacto en la operación de la planta, etc. Es lógico pensar que a una máquina que sea sumamente crítica no se esperará a que llegue un trimestre para reparar, o el tiempo que se le haya asignado, si se le detecta una anomalía

durante las inspecciones predictivas se preparará un momento y espacio para reparar esto de acuerdo a un análisis previo, esto va a depender de lo avanzado que este la avería. De lo contrario, se debe asegurar dejar documentado todos los chequeos predictivos o rutinas que recibe para su reparación posterior. Además si se decide llevar a la reparación se debe designar un tiempo para realizar el análisis causa raíz, con esto se estaría asegurando que no únicamente se ira a reemplazar la parte dañada; ya que podría volver a fallar de inmediato, así por ejemplo, si solo se va a reemplazar un rodamiento, sin hacer un análisis de la causa que lo llevo a la falla se dejan vacíos en la interrogante, porqué fallo?, el rodamiento era el adecuado?, tenía grasa el rodamiento?, recibió sobre esfuerzos mecánicos?, se realizaron cambios bruscos en la alimentación de las toneladas de producto?, etc.

Para lograr tiempos promedios de falla más prolongados o distantes, es necesario realizar un mantenimiento de calidad.

### 3.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO<sup>15</sup>

Los indicadores, los cuales se vuelven clave para la gestión del mantenimiento de la empresa se pueden clasificar en:

#### 3.7.1 INDICADORES TÉCNICOS.

##### 1) Indicadores de confiabilidad: TPO=MTTF (continuidad operacional).

- $TTF = TPO$ : (*Mean Time to failure, tiempo promedio operativo hasta la falla*)

$$MTTF = \text{tiempo hasta la falla} / \text{número de fallas en el periodo evaluado}$$

---

<sup>15</sup> Crespo y parra 2,004

$$TPO = \sum_{i=1}^n TPO/n = (\text{horas, dias, semanas, meses, años})$$

TPO: tiempos promedio operativos hasta fallar.

n= número total de fallos periodo evaluado.

**Tabla 18. Componentes que se pueden evaluar en la confiabilidad.**

| Recomendación calcular a nivel: | Utilidad                        |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Componentes criticos            | Planes de mantenimiento.        |
| Sistemas: tren de maquinaria    | definir la frecuencia de falla. |
| Planta.                         | planes de produccion.           |

$$\checkmark \quad FF = \frac{1}{TPO} = \frac{1}{\frac{\text{tiempo}}{\text{falla}}}$$

*TPO = Tiempo promedio operativo hasta la falla*

**Tabla 19. Componentes que se pueden evaluar para la frecuencia de falla.**

| Recomendación calcular a nivel: | Utilidad                       |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Componentes criticos            | Cantidad de fallos por parte   |
| Sistemas: tren de maquinaria    | Cantidad de fallos por sistema |
| Planta.                         | Cantidad de fallos por planta. |

## 2) Indicadores de mantenibilidad:

- MTTR (TPPR) = (*Mean Time to Repair, tiempo promedio de reparacion*)

$$MTTR = \text{N}^\circ \text{ horas de paro por averias} / \text{número de fallas}$$

- MDT (TPFS) = (*Mean Downtime, tiempo promedio fuera de servicio*)

$$TPFS = \sum_{i=1}^n \frac{TPFS}{n} = (\text{Horas, dias, semanas, meses})$$

TPFS = *Tiempo promedio fuera de servicio.*

n = *número total de fallas, en periodo evaluado.*

**Tabla 20. Componentes que se pueden evaluar para tiempo medio entre fallas.**

| Recomendación calcular a nivel de: | Utilidad  |
|------------------------------------|---|
| Componentes críticos               | Definir alcance de mantenimiento e impacto por disponibilidad/partes              |
| Sistemas: tren de maquinaria       | Definir alcance de mantenimiento e impacto por disponibilidad a nivel de sistemas |
| Planta                             | Definir alcance de mantenimiento. Impacto por indisponibilidad/planta.            |

**Disponibilidad.** (Relación de tiempos disponibles e indisponibles).

- $$D = \frac{TPO}{(TPO+TFS)} \times 100\%$$

*TPO(MTTF) = Tiempo promedio operativo (Mean time to failure)*

*TFS (MDT) = Tiempo fuera de servicio (Mean Down Time)*

**Tabla 21. Componentes que se pueden evaluar para la disponibilidad**

| Recomendación calcular a nivel | Utilidad  |
|--------------------------------|---|
| Componentes críticos           | Impacto por indisponibilidad a nivel de partes.   |
| Sistemas: tren de maquinaria   | Impacto por indisponibilidad a nivel de sistemas. |
| Planta.                        | Impacto por indisponibilidad a nivel de planta.   |

Otros indicadores funcionales del mantenimiento.

- De gestión de los equipos.
- De gestión del mantenimiento planificado.
- De gestión de correctivo.
- De gestión de los repuestos y materiales de mantenimiento.
- De gestión de los recursos humanos.

### 3.7.2 INDICADORES DE COSTOS.

Se puede tomar para efectos de medir los indicadores de costos de mantenimiento los siguientes:

- 1) Costos de mantenimiento preventivo y correctivo.**
- 2) % Costos de mantenimiento/Costos de unidad producida.**
- 3) Costos por indisponibilidad (CIF):** (frecuencia \* consecuencia: Seguridad, impacto, ambiental, etc), riesgo económico.

El CIF, incluye costos de penalización provocados por los eventos de fallas (mantenimiento correctivo, paros de planta, diferimiento de producción, productos deteriorados, baja calidad, impacto en seguridad, ambiente, otros).

Se calcula en función de la frecuencia de falla y los tiempos fuera de servicio.

Se puede estimar a nivel de: componentes, sistema y planta, se estima en unidad monetaria por tiempo (Dólares/año)

$$CIF = FF \times TPFS \times CP$$

$FF =$  Frecuencia de falla

$TPFS =$  Tiempo promedio fuera de servicio = horas/fallo

$CP =$  Costes de penalización por hora = dolares hora

Los costos de mantenimiento son otra medida de desempeño del mantenimiento, estos son impactados por ambos efectividad del mantenimiento y eficiencia.

El mantenimiento maximiza su efectividad asegurando el rendimiento "El trabajo correcto en el tiempo correcto". Un mantenimiento proactivo significa que se intervendrá antes que el evento

de falla ocurra. El efecto de un mantenimiento proactivo no es solo minimizar el impacto ambiental o consecuencias operacionales sino, reducir daños secundarios.

**4) Indicadores Financieros.** Para los indicadores financieros se pueden mencionar los siguientes:

- **EVA.** (*Economic Value Added*). Es el Resultado obtenido una vez se han cubierto todos los gastos y satisfecho una rentabilidad mínima esperada por parte de los accionistas.

$$EVA = Ingresos - costo\ capital$$

$$Ingresos = ingreso\ potencial \times Disponibilidad$$

$$Disponibilidad = (TPO\ Y\ TPFS)$$

$$\begin{aligned} \text{Gastos} &= \text{Costos Fijos} + \text{Insumo} + \text{Mtto Preventivo} \\ &+ \text{Matto correctivo (indisponibilidad por fallas)} \end{aligned}$$

$$\text{Mtto preventivo} = TPO.$$

$$\text{Mtto correctivo (indisponibilidad por fallas)} = FF, TPFS, CIF.$$

- **ROA (Return on assets).** Beneficios /Activos medios. Es el índice de rentabilidad en función de los activos de la empresa.

### **3.8 CICLOS DE VIDA ÚTIL DE REDUCTORES DE VELOCIDAD.**

Para llevar a cabo este proceso de análisis de ciclo de vida útil, se debe de tener claro cuánto se está gastando en mantenimiento mensual o anualmente, y luego de acuerdo a un análisis se puede evaluar a partir de cuando ya no es rentable tener un equipo en operación dada la obsolescencia o por haber nuevos y más eficientes con los cuales se incurre en menores costos de mantenimiento y que mediante el reemplazo de la unidad se minimizan costos.

### **Análisis del riesgo total anualizado para LCCA.**

Método de riesgo total anualizado para LCCA.

$$CTA = CTI + CO + CMP + CTPF + CMM. (EC. 3. 4)$$

CTA= Costo total anualizado (\$/año)-costos totales esperados a lo largo del ciclo de vida.

CTI=Costo inicial de adquisición e instalación, (convertir a valor anual)

CO = Costes operacionales, dado en valor anual.

CMP= Costes de mantenimiento preventivo, (normalmente dado como valor anual).

CTPF= Costos totales por fiabilidad, normalmente dado como valor anualizado.

Caso básico se asume tasa de fallos constante calculada a partir del tiempo promedio operativo, por lo cual el impacto en costes es igual en todos los años.

CMM= Costes de mantenimiento mayor, (convertir a valor anual)

La fórmula anterior es aplicable cuando se tienen que comparar dos equipos los cuales se piensan adquirir, se analiza su ciclo de vida para hacer la elección de aquella con la cual se tendrán menos costos.

Ejemplo. Análisis, comparación de dos reductores para su análisis de LCCA.

| Reductor A                      |                         | Reductor B                      |                       |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Datos de costes                 |                         | Datos de costes                 |                       |
| CI                              | \$45000/10 años         | CI                              | \$35,000/10 años      |
| CO                              | 1000/año                | CO                              | 1000/año              |
| CMP                             | 500/año                 | CMP                             | 500/año               |
| CMM                             | 2000/año                | CMM                             | 2000/año              |
| Datos de Fiabilidad             |                         | Datos de Fiabilidad             |                       |
| Frecuencia de falla             | 0.5 vez/ eventos al año | Frecuencia de falla             | 1 veces/evento al año |
| Costos de mano de obra          | \$400/por evento        | Costos de mano de obra          | \$300/por evento      |
| Costos de materiales            | 1000/por evento         | Costos de materiales            | 800/por evento        |
| Tiempo fuera de servicio        | 8 horas /evento         | Tiempo fuera de servicio        | 8 horas /evento       |
| Impacto en la produccion        | \$16000/evento          | Impacto en la produccion        | \$16000/evento        |
| CI                              | \$4,500                 | CI                              | \$3,500               |
| CO                              | \$1,000                 | CO                              | \$1,000               |
| CMP                             | \$500                   | CMP                             | \$500                 |
| CMM                             | \$2,000                 | CMM                             | \$2,000               |
| Frecuencia de falla             | 0.5                     | Frecuencia de falla             | 1                     |
| Costos de mano de obra          | \$200                   | Costos de mano de obra          | \$200                 |
| Costos de materiales            | \$500                   | Costos de materiales            | \$500                 |
| Costos anuales por reparar      | \$350                   | Costos anuales por reparar      | \$700                 |
| Tiempo fuera de servicio        | 4                       | Tiempo fuera de servicio        | 8                     |
| Impacto en la produccion        | \$8,000                 | Impacto en la produccion        | \$16,000              |
| Costos anuales por penalizacion | \$32,000                | Costos anuales por penalizacion | \$128,000             |
| Penalizacion anual por fallos   | \$16,000                | Penalizacion anual por fallos   | \$128,000             |
| CTPF                            | \$16,350                | CTPF                            | \$128,700             |
| CTA                             | \$24,350                | CTA                             | \$135,700             |
| % costos de fiabilidad          | 0.67                    | % costos de fiabilidad          | 0.95                  |
| Resultados                      |                         | Resultados                      |                       |
| Reductor A                      |                         | Reductor B                      |                       |
| Inversion:                      | \$45,000                | Inversion:                      | \$35,000              |
| Riesgo total anualizado         | \$24,350                | Riesgo total anualizado         | \$135,700             |
| Costos totales por fallos       | \$32,000                | Costos totales por fallos       | \$128,000             |

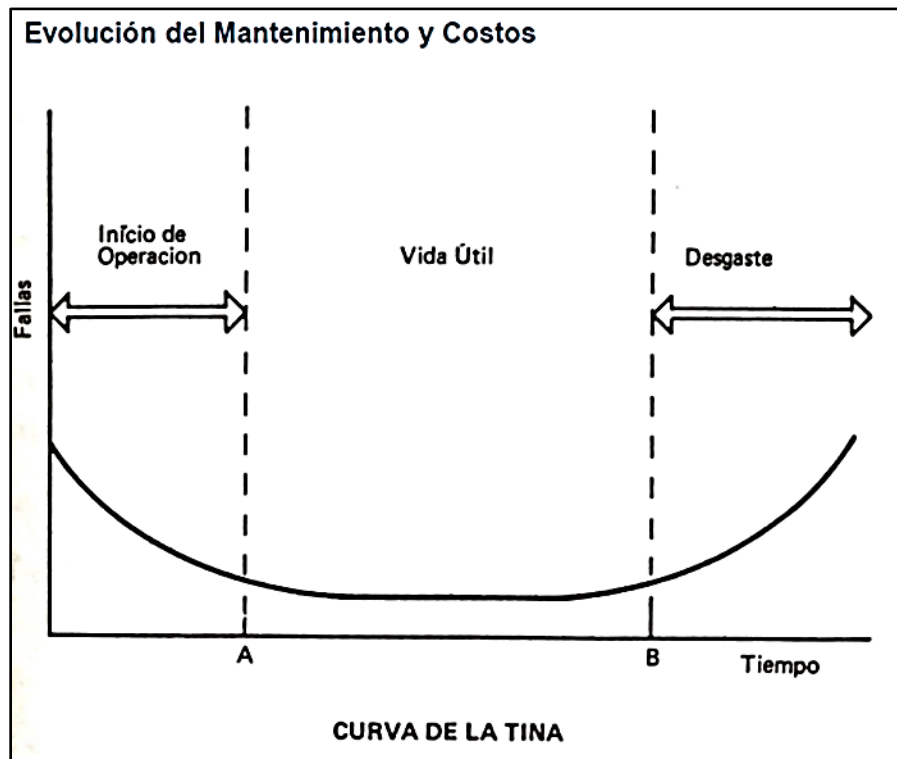
Figura 45. Análisis comparativo de resultados LCCA. Creación propia.

Según este ejemplo, al final del análisis se determina que el riesgo total anualizado es mucho mayor para la opción B. Por lo cual se elige la opción A.

Para un equipo nuevo y bien mantenido su vida útil se prolongará; sin embargo, con el paso de los meses o años de operación los equipos irán requiriendo más atención en mantenimiento hasta que llega un punto en el cual los costos tienden a ir al alza y no es rentable tener el

equipo en operación, tener un buen plan de mantenimiento preventivo ayudará a que se prolongue más tiempo en su etapa de costos constantes.

Los equipos tienen un tiempo de vida útil; en sus inicios, el comportamiento de las fallas es a la baja, ya que éstos están en buenas condiciones, luego le precede una etapa de operación constante de fallas mínimas, para luego presentar una etapa en la cual se incrementan por lo tanto también su costo de mantenimiento. Lo mencionado se presenta en la gráfica (curva de la bañera), mostrada a continuación:

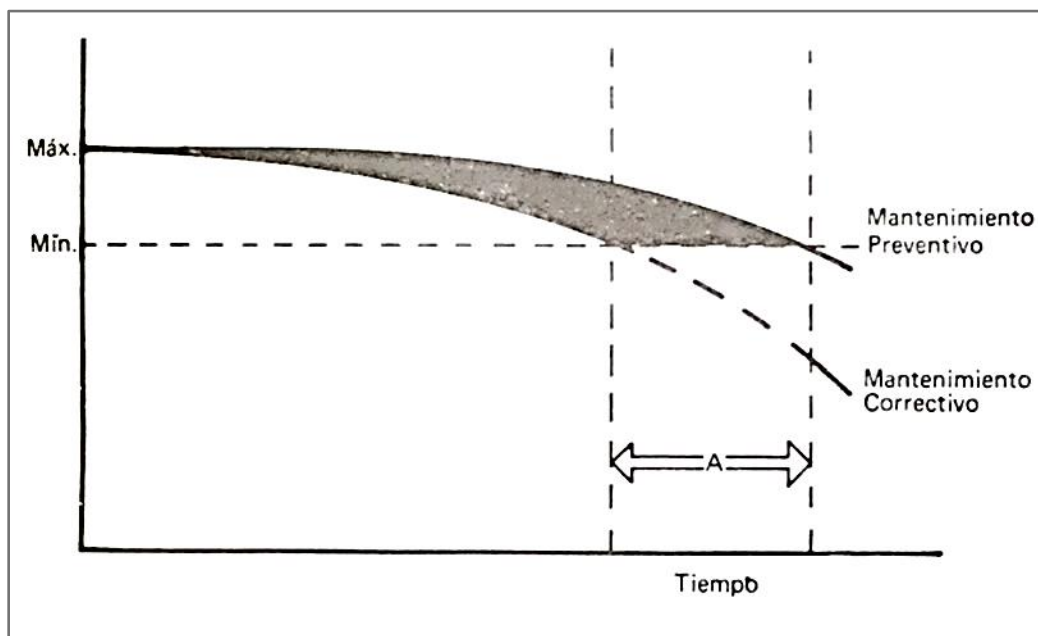


**Figura 46. Curva de la bañera evolución del mantenimiento y sus costos.**

Tener bajo control estos equipos y sustituirlos en su tiempo adecuado se volverá una ventaja para la planta, ya que la falta de producción debido a fallas, significa pérdida de ingresos, además, cuando esto ocurre se ve afectada la imagen empresarial, hasta el punto de perder

contratos de suministro para la empresa o las personas. Es por estas razones que las plantas deben de reemplazar las unidades que se consideran fuera de vida útil. Llevar este trabajo a la justificación es una tarea para la cual es muy necesaria la documentación. Si hay muchos equipos a reemplazar, se empezará por aquellos que tienen un impacto considerable en la continuidad de las operaciones de la planta y se ira progresando hasta a aquellos de menor impacto.

Tal como se muestra en la siguiente gráfica la disponibilidad de los equipos dependerá de un buen mantenimiento preventivo y no de un correctivo.

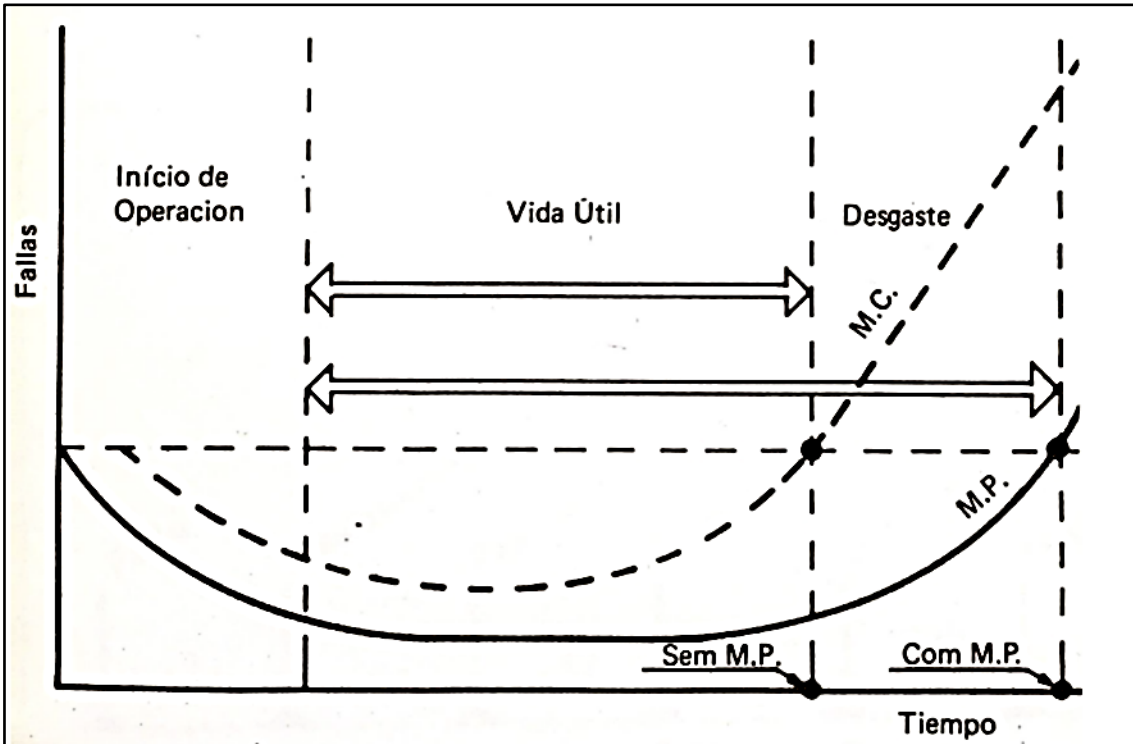


**Figura 47. Variación de la disponibilidad en función del tipo de mantenimiento.**

### **3.8.1 JUSTIFICACIÓN DE REEMPLAZO DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD.**

El reemplazo de unidades se debe comúnmente a la frecuencia de fallas, tener un plan de mantenimiento preventivo ayudará a que los tiempos de vida útil se prolonguen y no haya necesidad de reemplazos de maquinaria a un corto tiempo; los equipos sufren un desgaste

premature al aplicar únicamente mantenimiento correctivo, ante todo cualquier reemplazo debería de justificarse para lograr su aprobación por la unidad financiera de la planta. La siguiente gráfica muestra cómo se afecta un equipo cuando se le aplica únicamente un mantenimiento correctivo.



**Figura 48. Afectación de la vida útil del equipo al aplicar solo un tipo de mantenimiento.**

Los reemplazos de maquinaria se dan por al menos las siguientes condiciones:

- Obsolescencia técnica
- Las condiciones de la carga han cambiado.
- Costes elevados (operación-mantenimiento).
- Baja fiabilidad.
- Aspectos de seguridad/ambiente.

### **3.9 ANÁLISIS DE REEMPLAZO DE UNA CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD.**

#### **3.9.1 BAJA FIABILIDAD.**

Cuando las fallas son frecuentes en un reductor de velocidad, entra en evaluación el reemplazo de la unidad, debido a que las operaciones de una planta no pueden ser interrumpidas por equipos con fallas, más aun cuando esta interrupción no da lugar a una programación y la falla es repentina. Las interrogantes a resolver cuando se pretende reemplazar un equipo con fallas frecuentes son:

- ¿Cuántas veces falla el equipo en un periodo determinado?
- ¿Cuánto deja de producir la planta por un paro no programado?
- ¿Cuánto cuesta en mano de obra reestablecer el funcionamiento de un equipo?
- ¿Cuánto cuesta en repuestos reestablecer el funcionamiento de un equipo?

Estas interrogantes son las que llevan al final a tomar una decisión de reemplazo de la unidad reductora de velocidad.

#### **3.9.2 LAS CONDICIONES DE LA CARGA HAN CAMBIADO.**

En muchas ocasiones por desconocimiento o por una situación de emergencia se ubican unidades reductoras de velocidad en puestos para los cuales no fueron inicialmente seleccionadas, esto lleva a que las unidades se dañen prematuramente acortándoles de esta manera sus vida útil.

Una de las razones por las cuales se debe reemplazar las cajas reductoras de velocidad es cuando las condiciones de la carga ha incrementado. No se puede seguir operando con la misma potencia mecánica cuando ha existido un incremento considerable de carga, de otra manera se queda expuesto a que el equipo pueda fallar.

Ejemplo del análisis de reemplazo de un reductor de velocidad.

Para un equipo crítico se pueden dar solución a las interrogantes siguientes:

- ¿Cuánto deja de producir la planta por un paro no programado? \$60,000/hora
- ¿Cuánto es el tiempo promedio que dura la falla? 15 minutos. \$20,000
- ¿Cuánto cuesta en mano de obra reestablecer el funcionamiento de un equipo? \$65/hora.
- ¿Cuánto cuesta en repuestos reestablecer el funcionamiento de un equipo? \$100.
- ¿Cuánto cuesta cada vez que falla el equipo? \$165/h + costo variable por repuesto.
- ¿Cuántas veces falla el equipo en un periodo determinado? 1 vez cada 6 meses.

| ANALISIS  |                                       |
|---|---------------------------------------|
| Costo del equipo  | \$35,000                              |
| Costos por paro de la planta                            | \$60,000/hora                         |
| Cuanto es el tiempo promedio que dura la falla?.        | 15 minutos                            |
| Cuanto cuesta en mano de obra restablecer un equipo?.   | \$65/hora.                            |
| Cuanto cuesta en repuestos restablecer un equipo?.      | \$100                                 |
| Cuanto cuesta cada vez que falla el equipo?             | \$65/hora+costo variable por repuesto |
| Cuántas veces falla el equipo en un periodo determinado | 1 vez cada 6 meses                    |
| <b>RESUMEN RETORNO DE INVERSION.</b>                    |                                       |
| Costo de producción por paro                            | \$30,000.00                           |
| Costos materiales + mano de obra                        | \$216.25                              |
| Total perdido al año                                    | \$30,216.25                           |
| Retorno mensual en dinero                               | \$2,518.02                            |
| Retorno de inversion en meses.                          | 13.90                                 |

**Figura 49. Comparación de selección de equipos. Creación propia.**

Si el equipo nuevo tiene un valor de \$35,000. La inversión en el equipo la estaría recuperando en un tiempo de 13.90 meses. En este proceso el dato que más tiene valor agregado es dejar de producir. No así la mano de obra para reestablecer las operaciones, aun cuando para el

restablecimiento de la reparación de un equipo se ven involucrados indirectamente; gerentes de planta, jefes, mecánicos, compras y personal de despacho de repuestos en el área de almacén. Si se está convencido que los costos de indisponibilidad por falla son reales un gerente de planta no dudará en tener la máquina en las mejores condiciones de confiabilidad para las operaciones críticas para su planta, tal como se vio en el análisis LCCA.

### 3.10 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.

A continuación se presenta un análisis costo beneficio de las fallas latentes o que han ocurrido.

#### 3.10.1 COSTOS.

Costo inicial de implantación: Adquisición de equipo, contrata y capacitación de personal.

| Costo en Equipo                                   | \$                  |
|---|---------------------|
| Cámara Termográfica                               | \$ 6,000.00         |
| Equipo para análisis de vibraciones mecánicas     | \$ 8,000.00         |
| Equipo para análisis de aceites.                  | \$ 3,000.00         |
| Equipo de ultrasonido                             | \$ 17,000.00        |
| Sub total   | \$ 34,000.00        |
| Costo en personal                                 | \$                  |
| Salario anual Tecnico en Mantenimiento predictivo | \$ 8,400.00         |
| Salario Anual Auxiliar de mantenimiento           | \$ 4,200.00         |
| Capacitacion a personal                           | \$ 6,000.00         |
| Sub total   | \$ 18,600.00        |
| <b>TOTAL</b>                                      | <b>\$ 52,600.00</b> |

#### 3.10.2 BENEFICIOS.

Beneficio a percibir por detección de fallas en un periodo de un año.

| Equipo                     | N° de equipos | Modos de fallo           | FF Fallos/año | CMO \$      | CM \$        | CAR \$/Año   | TR Horas | IP \$/hora   | PE \$          | PAF \$/Año            | RTA \$/Año.           |
|----------------------------|---------------|--------------------------|---------------|-------------|--------------|--------------|----------|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Red. Picadora #1           | 1             | Fallos en los engranajes | 1             | \$ 1,438.64 | \$ 62,000.00 | \$ 63,438.64 | 504      | \$ 12,000.00 | \$ 6048,000.00 | \$ 6048,000.00        | \$ 6111,438.64        |
| Equipos de mediano impacto | 10            | Fallos en rodamiento     | 1             | \$ 33.95    | \$ 120.00    | \$ 1,539.50  | 2        | \$ 3,000.00  | \$ 6,000.00    | \$ 6,000.00           | \$ 7,539.50           |
| Equipos de bajo impacto    | 30            | Fallos en rodamiento     | 1             | \$ 33.95    | \$ 15.00     | \$ 1,468.50  | 2        | \$ 300.00    | \$ 600.00      | \$ 600.00             | \$ 2,068.50           |
| Fallas en acoples          | 3             | falla en acoples         | 1             | \$ 33.95    | \$ 120.00    | \$ 461.85    | 1.5      | \$ 300.00    | \$ 450.00      | \$ 450.00             | \$ 911.85             |
| Fallas en ejes             | 1             | Fallos en eje            | 1             | \$ 70.74    | \$ 3,500.00  | \$ 3,570.74  | 3        | \$ 300.00    | \$ 900.00      | \$ 900.00             | \$ 4,470.74           |
| <b>TOTAL</b>               |               |                          |               |             |              |              |          |              |                | <b>\$ 6055,950.00</b> | <b>\$ 6126,429.23</b> |

Relación costo beneficio:  $\$52,600.00/6,055,950.00 = 0.0086$  años. En un año atípico con una falla catastrófica. La recuperación es evidentemente rápida.

Sin embargo si se quita una de las falla de mayor relevancia que es la falla en la picadora de caña.

Relación costo beneficio:  $52,600.00/7950 = 6.54$  años. Recuperación de la inversión en años sin fallas catastróficas.

Debido a que las fallas en la mayoría de ocasiones no son visibles tanto a la vista humana ni a la verificación simple sin instrumentos y por lo tanto en muchas ocasiones impredecibles debido a que el comportamiento de la carga es variable, es siempre necesario acudir a tecnología predictiva para hacer la adquisición de datos para luego hacer análisis avanzado de las fallas que presenta un equipo y de esta manera procurar la estabilidad en la maquinaria, que de otra forma se incurriría en pérdidas de producción que con el tiempo resultan cuantiosas.

## CONCLUSIONES.

Para el desarrollo de este trabajo se han tomado dos ramas de reductores, los cuales han sido estudiados en conjunto con sus accesorios o componentes que estos necesitan para llevar a cabo las operaciones dentro de una planta industrial. Se da a conocer sus buenas prácticas de selección de estos elementos, debido a que durante las visitas a los diferentes ingenios azucareros, se han observado malas prácticas en la instalación de los mismos,

Se han desarrollado los pasos que debe de llevar un mantenimiento de reductores de velocidad, inicialmente definiendo un objetivo para ello; se dan propuestas de clasificación de los equipos de acuerdo a su criticidad y su análisis de puntos débiles incluyendo un ejemplo de RCA vivido en ingenio central Izalco, esto con el objetivo de tener claro que las fallas se tienen que mitigar desde la raíz y no simplemente reparar físicamente lo dañado; diseño de planes de mantenimiento para optimizar el MTTF. Proponiendo para ello las técnicas de análisis de mantenimiento predictivo aplicables a los reductores de velocidad para tener un mejor conocimiento del comportamiento durante su operación, en el cual se propone además evaluarlos a través de indicadores tanto técnicos, de costos y financieros.

Finalmente se hace un análisis de ciclo de vida útil de los reductores de velocidad, así también se han hecho análisis de reemplazo dejando ver que una unidad cuando ya presenta muchas fallas, la parte más afectada es la producción, por lo cual lo mejor es el reemplazo de la unidad.

## RECOMENDACIONES.

- Capacitar al personal. Para la cantidad de equipos que operan en un ingenio azucarero y debido a la suficiente información que se debe conocer para cada equipo, se recomienda que el personal sea capacitado en diferentes líneas de reductores de velocidad y conocerlos al máximo, de esta manera se potencializaran los mantenimientos que estos necesitan recibir, viniendo de personal que ha sido entrenado previamente.
- Aplicar buenas prácticas de selección y operación. No ubicar equipos sin antes haber revisado técnicamente sus condiciones de diseño y los usos para los cuales fueron fabricados.
- Se debe de conocer cuáles son los equipos críticos dentro de la planta y enfocar planes de mantenimiento, aplicando técnicas de análisis predictivo
- Realizar para los equipos críticos análisis RCA una vez que ha ocurrido la falla.
- Para los equipos altamente críticos se debe de establecer un protocolo de recepción de equipos ya que en el caso del reductor de la picadora de caña se hubiera detectado que no cumplía con la calidad del material verificando sus durezas en los engranajes.
- Establecer de inmediato después de poner en marcha los equipos un plan de mantenimiento predictivo y monitoreo de su condición.

## GLOSARIO.

**Acople:** Elemento usado para unir dos ejes, en los cuales se necesita transferir torque mecánico.

**Activo:** Es un bien que la empresa posee y que puede convertirse en dinero u otros medios líquidos equivalentes.

**Babbitt:** Babbitt o metal de cojinete es una de las distintas aleaciones utilizadas para la superficie de apoyo en un cojinete de fricción.

**BCU:** Unidad de condición del balero, por sus siglas en inglés.

**Brida:** Componente que une dos sistemas.

**Carga liviana:** Cargas sin problemas para manejarse y su comportamiento siempre será constante.

**Carga moderada:** Cargas con pequeñas variaciones a la hora de manejarse.

**Carga de alto impacto:** Cargas con variaciones altas y no muy predecibles a la hora de manejarse.

**Calor:** Energía asociada al movimiento aleatorio de las moléculas y átomos de los que está compuesta la materia.

**Cicloide:** El punto que traza la curva está fuera del círculo, que rueda sobre una línea recta.

**Ciclo de vida útil:** Tiempo en el que se mide el rendimiento de un equipo desde sus inicios de operación hasta cuando ya se considera que no es rentable económicamente.

**Desalineamiento:** Dos ejes que han perdido su alineación mecánica.

**Desalineamiento angular:** Se refiere cuando uno de los ejes se encuentra a un ángulo diferente respecto a su proyección de línea recta.

**Desalineamiento paralelo:** Se refiere cuando dos ejes no se encuentran en línea recta uno del otro, respecto a su proyección.

**Engranaje:** Mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica de un componente a otro

**EVA:** Valor Económico Añadido, por sus siglas en inglés.

**Factor de servicio:** Valor que determina la capacidad de desempeño que tiene un equipo de acuerdo a la carga que moverá.

**Frecuencia de fallas:** Cantidad de fallas que presenta un equipo en un periodo de tiempo

**GMAO:** Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador.

**HB:** Unidad de medida de dureza en Brinel, por sus siglas en inglés.

**Infrarrojo(a):** Radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible

**Poleas:** Dispositivo mecánico de tracción, se utiliza para transmitir una fuerza, posee un canal en su periferia sobre la cual se instalan fajas.

**Potencia mecánica:** Rapidez con la que se realiza un trabajo

**Modos de fallo:** Puntos específicos por los cuales una máquina puede fallar.

**MTTR:** Tiempo medio para reparar por sus siglas en inglés

**MTBF.** Tiempo medio entre fallas, por sus siglas en inglés

**MTTF.** Tiempo Medio hasta la falla.

**Ratio:** Relación cuantitativa, entre dos cantidades que muestra el número de veces que un valor contiene o está contenido dentro de la otra.

**Reductor de velocidad o caja reductora de velocidad:** Equipo mecánico que transforma una velocidad alta en una baja.

**ROA.** Retorno sobre activos, por sus siglas en inglés.

**RCA:** Análisis causa raíz, por sus siglas en inglés.

**RPM:** Revoluciones por minuto

**Sprocket:** Rueda dentada sobre la cual comúnmente se engrana con una cadena.

**Temperatura:** Medida relativa que compara unos cuerpos con otros.

**Termografía:** técnica que permite determinar temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar.

**Torque:** Medida de la fuerza que puede causar un objeto al rotar sobre un eje.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Parra, C. & Crespo, A.2015. *Introducción a la Gestión de activos integrado con las técnicas de ingeniería de confiabilidad y mantenimiento.*

Sumitomo, 2004, *Manual de operación y mantenimiento*

DODGE,2010, PT *Catálogo de componentes de ingeniería.*

Martin Sprocket, 2013, *El gran catálogo 4000*

MOBIUS INSTITUTE, 199-2005, *Entrenamiento de vibraciones - referencias rápidas*

Centro de Entrenamiento Infrarrojo. 2006, *Manual curso de Termografía nivel I*

Universidad de las palmas de Gran Bretaña, 2002, *Mantenimiento predictivo-proactivo a través del análisis de aceite.*

## ANÉXOS.

### Anexo 1. Formato para mantenimiento de reductores de velocidad cicloidales.

Nombre del equipo: \_\_\_\_\_

Código del equipo: \_\_\_\_\_

Clasificación de acuerdo a su criticidad: Altamente crítico  Medianamente crítico:  NO   
crítico:

En que parte del reductor está ocurriendo la falla: \_\_\_\_\_

Describir la falla: \_\_\_\_\_

Seleccione las partes con daños: Eje de baja \_\_\_ Rodamiento \_\_\_ Sellos de aceite \_\_\_ Discos  
cicloidales \_\_\_ Rodamiento Excéntrico \_\_\_ Eje de alta \_\_\_ Otros \_\_\_.

Cuál es la causa de la falla: Desalineamiento: \_\_\_ alto BCU \_\_\_ excesiva temperatura en sello \_\_\_.

Otros: \_\_\_\_\_

Tiene equipo de respaldo: Si \_\_\_ No \_\_\_

Que efecto hace en el proceso si el equipo falla \_\_\_\_\_

Fecha en la que se reparará la falla: \_\_\_\_\_.

**Anexo 2. Formato para mantenimiento de reductores de velocidad de engranaje.**

Nombre del equipo: \_\_\_\_\_

Código del equipo: \_\_\_\_\_

Clasificación de acuerdo a su criticidad: Altamente Crítico  Medianamente crítico  No crítico

En que parte del reductor está ocurriendo la falla: \_\_\_\_\_

Describir la falla: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Seleccione las partes con daños: Piñon de ataque\_\_\_Piñon intermedio\_\_\_ piñon de alta. \_\_\_Balero\_\_\_ sellos de aceite\_\_\_Otros.

Cuál es la causa de la falla: Desalineamiento. \_\_\_Daños en piñon\_\_\_alto BCU\_\_\_excesiva temperatura en sello\_\_\_. Otros.

Tiene equipo de respaldo: Si\_\_\_No\_\_\_

Que efecto hace en el proceso si el equipo falla \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fecha en la que se reparará la falla: \_\_\_\_\_

**Anexo 3. Guía para la clasificación o mapeo de los equipos en la planta según su criticidad (tipo "A", "B" y "C").**

| GUIA PARA LA CLASIFICACION O MAPEO DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA, SEGÚN SU CRITICIDAD (TIPO "A", "B" Y "C"). |                                  |  |   |   |                             |         |           |
|--|----------------------------------|--|---|---|-----------------------------|---------|-----------|
| Item   | Nombre del reductor de velocidad | Clasificación del equipo según su criticidad |   |   | Frecuencia de mantenimiento |         |           |
|  |                                  | A  | B | C | DIARIO                      | SEMANAL | QUINCENAL |
| 1  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 2  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 3  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 4  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 5  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 6  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 7  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 8  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 9  |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 10   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 11   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 12   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 13   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 14   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 15   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 16   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 17   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 18   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 19   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 20   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 21   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 22   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 23   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 24   |                                  |  |   |   |                             |         |           |
| 25   |                                  |  |   |   |                             |         |           |

**Anexo 4. Tareas a ejecutar según la clasificación de criticidad de un equipo. (según la clasificación se propone que solo cambie la frecuencia "A" diaria "B" semanal "C" quincenal.**

| TAREAS A EJECUTAR EN UN EQUIPO SEGÚN SU CLASIFICACION DE CRITICIDAD        |                    |                                       |             |             |                    |
|--|--------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|--------------------|
| Nombre del equipo: _____   |                    | clasificación "A" ___ "B" ___ "C" ___ |             |             |                    |
| DESCRIPCION DE LAS TAREAS  | TIPO DE INSPECCION |                                       |             |             |                    |
|  | SENSORIAL          | VIBRACIONES                           | TERMOGRAFIA | ULTRASONIDO | ANALISIS DE ACEITE |
| Verificacion de los rodamientos tendencia de averia                        | Auditiva           | x                                     |             | x           |                    |
| Verificacion de los sellos tendecia de averia                              | Visual             |                                       | x           |             |                    |
| Verificacion de niveles de aceite  | Visual             |                                       |             |             |                    |
| Revision de fugas en todo su contorno de la carcasa                        | Visual             |                                       |             |             |                    |
| Verificacion integral de su carcasa, patas quebradas, temperatura, u otros | Visual             |                                       | x           |             |                    |
| Verificacion del estado de los engranajes                                  |                    | x                                     |             |             |                    |
| <b>COMPONENTES ACOPLADOS AL REDUCTOR Y OTROS</b>                           |                    |                                       |             |             |                    |
| Rueda dentada o sprocket (verifique que no haya perdido el paso)           | visual             |                                       |             |             |                    |
| poleas (verifique que la polea no tenga desgastes severos en sus ranuras)  | Visual             |                                       |             |             |                    |
| Verifique los acoples que presenten quebraduras, alta temperatura, otros.  | Visual             |                                       | x           |             |                    |
| Cadenas(Verifique que este lubricada y que no hay perdido el paso)         | Visual             |                                       |             |             |                    |
| Fajas (Verifique que no este haciendo rechineo excesivo)                   | Auditiva           |                                       |             |             |                    |
|  |                    |                                       |             |             |                    |
|  |                    |                                       |             |             |                    |
|  |                    |                                       |             |             |                    |
|  |                    |                                       |             |             |                    |
|  |                    |                                       |             |             |                    |
|  |                    |                                       |             |             |                    |

## **Anexo 5. Pasos para la selección de un acople. Aplicación de la formula HP/100**

### **METODO DE SELECCIÓN DE ACOPLES.**

**D-FLEX, PARA FLEX, GRID-LING, GEAR, POWER-PLUS, POLY-DISC, RIGID COUPLIG.**

### **METODO HP/100.**

**Paso 1:** Obtén el factor de servicio requerido de la tabla.

**Paso 2:** Determine la aplicación HP/100 por RPM.

HP/100 rpm= HP del motor x 100 x factor de servicio/rpm de acople.

**Paso 3:** Del rango de la tabla encontrar un rango igual o más grande que lo establecido por la formula HP/100 RPM.

**Paso 4:** Verifique la máxima capacidad de RMP.

**Paso 5:** Verificar la máxima capacidad de barrenado. Si el máximo es excedido, moverse a un tamaño más grande para un adecuado barrenado, pero asegurarse que la máxima capacidad de RPM no es excedida

**Paso 6:** Si el GT sistema adaptador es utilizado, asegurarse que el elemento seleccionado cumpla con la capacidad de torsión requerida.

### **METODO DEL TORQUE:**

**Paso 1:** De las tablas, obtener el factor de servicio requerido.

**Paso 2:** Determine el torque requerido para la aplicación.

Torque (In-lbs)= 63025 x HP x Factor de servicio/ RPM del acople.

**Paso 3:** De las tablas encontrar un acople igual o más grande que el torque.

**Paso 4:** Verificar la máxima capacidad en RPM.

**Paso 5:** Verificar la máxima capacidad de barrenado. Si el máximo es excedido, moverse a un tamaño más grande para un adecuado barrenado, pero asegurarse que la máxima capacidad de RPM no es excedida.

**ACOPLE DE CADENA:**

**DISEÑO DEL METODO HP:**

**Paso 1:** Obtener el factor de servicio requerido según tablas.

**Paso 2:** Determine la aplicación HP: Diseño de HP= HP x factor de servicio.

**Paso 3:** Del rango según tablas, seleccionar el adecuado acople RPM y encontrar un rango igual o más grande que el dado por la formula.

**Paso 4:** Verifique la máxima capacidad en RPM.

**Paso 5:** Verificar la máxima capacidad de barrenado. Si el máximo es excedido, moverse a un tamaño más grande para un adecuado barrenado, pero asegurarse que la máxima capacidad de RPM no es excedida.

## Selección del factor de servicio.

| FACTOR DE SERVICIO                                   | TABLA 1 | Fator Delta         |                  |        |      |             |
|--|---------|---------------------|------------------|--------|------|-------------|
|  |         | PARA Flex/Poly-Disc | Grid Chain Rigid | D-Flex | Gear | Power Plus. |
| Aplicación   |         |                     |                  |        |      |             |
| <b>Agitadores.</b>                                   |         |                     |                  |        |      |             |
| De Paleta o helice (vertical u horizontal)           |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| Tomillo  |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| <b>Sopladores</b>                                    |         |                     |                  |        |      |             |
| Centrifugo   |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.00        |
| Lobulo   |         | 1.50                | 1.25             | 1.50   | 1.25 | 1.50        |
| Veleta   |         | 1.00                | 1.25             | 1.25   | 1.25 | 1.25        |
| <b>Bebidas y destilación</b>                         |         |                     |                  |        |      |             |
| Maquinaria de embotellado/hervidor de agua           |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.00        |
| Homo   |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| bañera de pure                                       |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| tolva de escala                                      |         | 1.50                | 1.75             | -      | 1.75 | 1.75        |
| <b>Máquina de llenado de latas</b>                   |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.00        |
| <b>Volquete de coche</b>                             |         | 1.50                | 2.50             | 2.00   | 2.50 | 2.00        |
| <b>Tirador de coche</b>                              |         | 1.50                | 1.50             | 1.50   | 1.50 | 1.50        |
| <b>Clarificador</b>                                  |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| <b>Clasificador</b>                                  |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| <b>Maquina para arcilla</b>                          |         |                     |                  |        |      |             |
| arcilla, amasadora                                   |         | 1.50                | 1.50             | 1.50   | 1.75 | 1.75        |
| <b>Compresores</b>                                   |         |                     |                  |        |      |             |
| Centrifugo, de lóbulo, de tomillo.                   |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.00        |
| Lóbulo, rotativo                                     |         | 2.00                | 1.25             | 2.00   | 1.25 | 1.50        |
| Reciprocante   |         |                     |                  |        |      |             |
| 1 cilindro- simple acción                            |         | 3.50                | 3.00             | -      | 3.00 | 3.50        |
| 1 cilindro- doble acción                             |         | 3.00                | 3.00             | -      | 3.00 | 3.00        |
| 2 cilindro- simple acción                            |         | 3.00                | 3.00             | -      | 3.00 | 3.00        |
| 2 cilindro- doble acción                             |         | 2.50                | 3.00             | -      | 3.00 | 2.50        |
| 3 cilindro- or more simple acción                    |         | 2.50                | 3.00             | -      | 3.00 | 2.50        |
| 3 cilindro- or more doble acción                     |         | 2.00                | 2.00             | -      | 2.00 | 2.00        |
| <b>Transportadores</b>                               |         |                     |                  |        |      |             |
| Delantal, ensambaldo, faja, cadena, hormo de vuelo   |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| Reciprocante   |         | 2.50                | 3.00             | -      | 3.00 | 2.50        |
| Tomillo  |         | 1.00                | 1.00             | 1.25   | 1.00 | 1.25        |
| <b>Gruas y montacargas</b>                           |         |                     |                  |        |      |             |
| Principales polipastos- medianamente duros           |         | 1.50                | 1.75             | 1.50   | 1.75 | 1.75        |
| Principales polipastos- altamente duros              |         | 2.00                | 2.00             | -      | 2.00 | 2.50        |
| Salto de polipastos, movimiento de viaje, carretilla |         | 1.50                | 1.75             | 1.00   | 1.75 | 2.00        |
| Movimiento/Pendiente                                 |         | 1.50                | 1.75             | 1.00   | 1.75 | 1.75        |
| <b>Trituradoras</b>                                  |         |                     |                  |        |      |             |
| Caña   |         | 2.00                | 2.00             | -      | 2.00 | 2.00        |
| Gravitacionales                                      |         | 2.50                | 2.50             | -      | 2.50 | 2.50        |

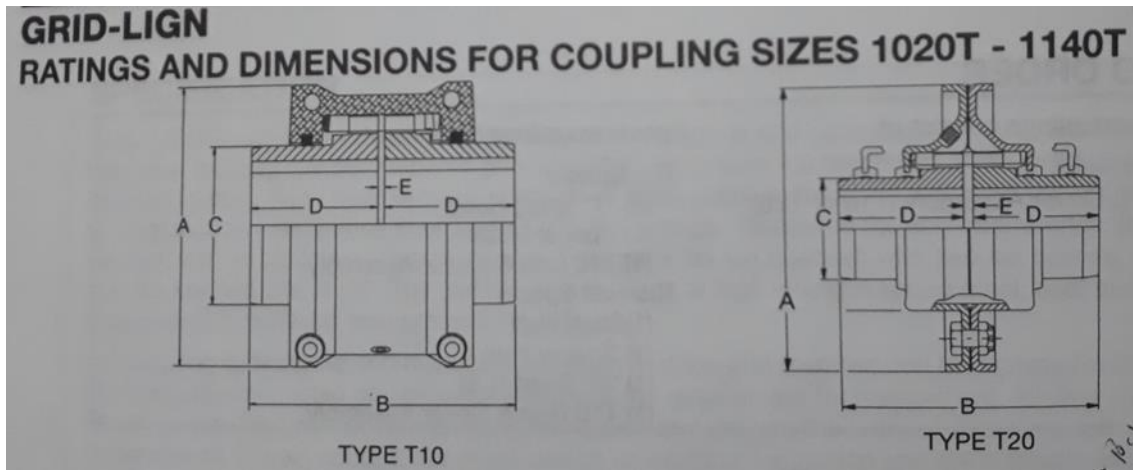
| FACTOR DE SERVICIO                            | TABLA 1 | Continuación | Fator Delta         |                  |        |      |
|---|---------|--------------|---------------------|------------------|--------|------|
|   |         |              | PARA Flex/Poly-Disc | Grid Chain Rigid | D-Flex | Gear |
| Aplicación                                    |         |              |                     |                  |        |      |
| <b>Dragas</b>                                 |         |              |                     |                  |        |      |
| Riel para cable, unidad de pantallas, stacker |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.75   | 1.75 |
| Transportadores                               |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.25   | 1.75 |
| Cortadoras                                    |         | 2.5          | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| Bombas, winches                               |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.50   | 1.75 |
| <b>Dinamómetros</b>                           |         | 1.00         | 1.00                | 1.25             | 1.00   | 1.00 |
| <b>Elevadores</b>                             |         |              |                     |                  |        |      |
| Cangilones                                    |         | 2.00         | 1.25                | 2.00             | 1.25   |      |
| <b>Exitadores</b>                             |         | 1.00         | 1.00                | 1.25             | 1.00   | 1.00 |
| <b>Ventiladores</b>                           |         |              |                     |                  |        |      |
| Centrifugos                                   |         | 1.00         | 1.00                | 1.25             | 1.00   | 1.25 |
| Torres de enfriamiento                        |         | 2.00         | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| Alta Carga (Tiro forzado)                     |         | 1.50         | 1.50                | 2.00             | 1.50   | 1.50 |
| Tiro inducido                                 |         | 1.50         | 1.50                | 2.00             | 1.50   | 2.00 |
| Ligera  |         | 1.00         | 1.00                | 1.25             | 1.00   | 1.00 |
| Helices interiores                            |         | 1.50         | 1.50                | 2.00             | 1.50   | 1.50 |
| <b>Industria de alimentos</b>                 |         |              |                     |                  |        |      |
| Cortadora de remolacha                        |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.75   | 1.75 |
| Homo de cereales                              |         | 1.00         | 1.25                | 1.25             | 1.25   | 1.25 |
| Mexclador de maza, Maquina de picar carne     |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.75   | 1.75 |
| <b>Generadores</b>                            |         |              |                     |                  |        |      |
| Sobre carga                                   |         | 1.00         | 1.00                | 1.25             | 1.00   | 1.00 |
| Hizaje o servicios de ferrocarril             |         | 1.50         | 1.50                | 1.50             | 1.50   | 1.50 |
| Soldadores                                    |         | 2.00         | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| <b>Grizzly</b>                                |         | 2.00         | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| <b>Horno</b>                                  |         | 2.00         | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| <b>Lavadora</b>                               |         |              |                     |                  |        |      |
| Máquina para lavar vasos                      |         | 2.00         | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| <b>Ejes lineales</b>                          |         |              |                     |                  |        |      |
| Maquinaria de procesamiento                   |         | 1.00         | 1.50                | 1.25             | 1.50   | 1.50 |
| Ligera  |         | 1.00         | 1.50                | 1.25             | 1.50   | 1.50 |
| <b>Industria maderera</b>                     |         |              |                     |                  |        |      |
| Banda   |         | 1.50         | 1.50                | 1.50             | 1.50   | 1.50 |
| Banda circular                                |         | 1.50         | 1.50                | 1.50             | 1.75   | 1.50 |
| Aparejo de cabeza de borde,                   |         | 2.00         | 2.00                | 2.00             | 2.00   | 2.00 |
| Plano   |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.75   | 1.75 |
| Rollos no evertibles                          |         | 1.50         | 1.25                | 1.50             | 1.25   | 1.25 |
| Transportadores de aserrín                    |         | 1.00         | 1.25                | 1.25             | 1.25   | 1.25 |
| transportadores en losa                       |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.75   | 1.50 |
| Mesa de clasificación                         |         | 1.50         | 1.75                | 1.50             | 1.50   | 1.50 |
| <b>Máquinas herramientas</b>                  |         |              |                     |                  |        |      |
| Auxiliares                                    |         | 1.00         | 1.00                | 1.25             | 1.00   | 1.00 |

| Aplicación  | Fator Delta         |                  |         |      |             |
|---|---------------------|------------------|---------|------|-------------|
|   | PARA Flex/Poly-Disc | Grid Chain Rigid | D- Flex | Gear | Power Plus. |
| <b>Máquinas herramientas (continuación)</b>               |                     |                  |         |      |             |
| Accionamiento principales                                 | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.50 | 1.75        |
| Prensa de entalle, cepilladora, planchadora.              | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.50 | 1.75        |
| -   |                     |                  |         |      |             |
| <b>Máquina de conformado de metales</b>                   |                     |                  |         |      |             |
| Banco, carruaje, Accionamiento principal, extrusora       | 2.00                | 2.00             | 1.50    | 2.00 | 2.00        |
| Trefilado, máquinas planas                                | 2.00                | 2.00             | 1.50    | 1.75 | 2.00        |
| <b>Molinos tipo rotativos</b>                             |                     |                  |         |      |             |
| Bola o guijarro directo o                                 | 2.50                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.25        |
| Sobre eje de baja velocidad de reductores de velocidad    | 2.50                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.25        |
| Sobre eje de alta velocidad de reductores de velocidad    | 2.00                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.75        |
| Secadores y enfriadores                                   | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 2.00        |
| Vanilla o tuvo directo o                                  | 2.50                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.25        |
| Sobre eje de baja velocidad de reductores de velocidad    | 2.50                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.25        |
| Sobre eje de alta velocidad de reductores de velocidad    | 2.00                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.75        |
| Barril giratorio.   | 1.50                | 1.75             | 2.00    | 1.75 | 1.75        |
| <b>Mexcladora</b>   |                     |                  |         |      |             |
| Concreto  | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| Muller simpson (tipo)                                     | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| <b>Industria del aceite</b>                               |                     |                  |         |      |             |
| Chiller   | 1.00                | 1.25             | 1.25    | 1.25 | 1.25        |
| Bombeo de pozos de petróleo (no amba del 150% del torque) | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Prensa de filtro de parafina                              | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| <b>Molino de papel</b>                                    |                     |                  |         |      |             |
| Agitadores  | 1.00                | 1.25             | 1.25    | 1.25 | 1.25        |
| Barking drum ( marca de molino)                           | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Batidor de pulpa  | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| Blanqueador   | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.00        |
| Calender  | 2.00                | 1.75             | 2.00    | 1.75 | 2.00        |
| Cortadora   | 3.00                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.50        |
| Secadora  | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| Camilla de fieltro  | 1.00                | 1.25             | 1.25    | 1.25 | 1.25        |
| Fourdrinier (marca de molino)                             | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| Jordan (marca de molino)                                  | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Prensa  | 2.00                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| Molinillo de pulpa  | 2.00                | 1.75             | 2.00    | 1.75 | 1.75        |
| -   |                     |                  |         |      |             |
| Bombas de repuesto  | -                   | -                | -       | -    | -           |
| Reciprocantes   | 2.00                | 2.00             |         | 2.00 | 2.00        |
| Rodillo de succión  | 2.00                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| Devanadera  | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |

| Aplicación   | Fator Delta         |                  |         |      |             |
|--|---------------------|------------------|---------|------|-------------|
|  | PARA Flex/Poly-Disc | Grid Chain Rigid | D- Flex | Gear | Power Plus. |
| Prensa de filtro de parafina                           | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| Prensa de imprenta                                     | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| Helice marina  | 1.50                | 1.50             |         | 1.50 | 1.50        |
| <b>Tiradorass</b>                                      |                     |                  |         |      |             |
| Barcaza  | 2.50                | 2.00             | 2.00    | 1.50 | 2.00        |
| <b>Pulverizador</b>                                    |                     |                  |         |      |             |
| Molino de martillo dureza baja                         | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| Molino de martillo alta dureza                         | 2.00                | 1.75             | 2.00    | 1.75 | 1.75        |
| Cerda  | 2.00                | 1.75             | 2.00    | 1.75 | 1.75        |
| Rodillo  | 1.50                | 1.50             |         | 1.50 | 1.50        |
| <b>Bombas</b>  |                     |                  |         |      |             |
| Centrifugas  | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.00        |
| Descaling (Marca)                                      | 1.50                | 1.25             | 1.50    | 1.25 | 1.50        |
| Bomba de pozos petroleros                              | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Otras bombas rotativas                                 | 1.50                | 1.25             | 1.50    | 1.25 | 1.50        |
| <b>Reciprocante</b>                                    |                     |                  |         |      |             |
| 1 cilindro- simple accion                              | 2.50                | 3.00             | -       | 3.00 | 2.25        |
| 1 cilindro- doble accion                               | 2.00                | 3.00             | -       | 3.00 | 2.00        |
| 2 cilindro- simple accion                              | 2.00                | 2.00             | -       | 2.00 | 2.25        |
| 2 cilindro- doble accion                               | 1.50                | 1.75             | -       | 1.75 | 2.00        |
| 3 cilindro or more                                     | 1.50                | 1.50             | -       | 1.50 | 1.75        |
| <b>Industria del caucho</b>                            |                     |                  |         |      |             |
| Mezclador Banbury                                      | 2.50                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.50        |
| Calender   | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Plastificador de molino de mezcla de galletas          | 2.50                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.50        |
| Refinadora, laminadora                                 | 2.00                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.00        |
| Maquina constructora de llantas                        | 2.00                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.50        |
| Maquina para entubar llantas abiertas basado en torque | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.00        |
| Tubos y filtros  | 1.50                | 1.75             | 1.50    | 1.75 | 1.75        |
| Molino de calentamiento                                | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Lavadoras  | 2.50                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.50        |
| <b>Pantallas</b>                                       |                     |                  |         |      |             |
| Lavado al aire   | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.00        |
| Carbón y arena rotativa                                | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| Vibratoños   | 2.50                | 2.50             | 2.00    | 2.50 | 2.50        |
| Agua   | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.25        |
| <b>Equipo de eliminacion de aguas residuales</b>       |                     |                  |         |      |             |
|  | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.25        |
| Pala   | 2.00                | 2.00             | 2.00    | 2.00 | 2.00        |
| Desfibradora   | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |

| Aplicación                                 | Fator Delta         |                  |         |      |             |
|--|---------------------|------------------|---------|------|-------------|
|  | PARA Flex/Poly-Disc | Grid Chain Rigid | D- Flex | Gear | Power Plus. |
| <b>Industria del acero</b>                 |                     |                  |         |      |             |
| Molinos fríos                              |                     |                  |         |      |             |
| Enroladora de sube y baja                  | 1.50                | 2.00             | -       | 1.50 | 2.00        |
| Tira je y temple.                          | 2.00                | 2.00             | -       | 2.00 | 2.00        |
| Molinos calientes                          |                     |                  |         |      |             |
| Enroladora de sube y baja                  | 1.50                | 2.00             | -       | 1.50 | 2.00        |
| Bordeadora                                 | 1.50                | 2.00             | -       | 1.50 | 2.00        |
| Rollos alimentadores                       | 3.00                | 2.50             | -       | 3.00 | 3.50        |
| Molino de desbaste                         | 3.00                | 2.50             | -       | 2.50 | 3.00        |
| Tira de lamina sin revestimiento           | 3.00                | 2.50             | -       | 2.50 | 3.00        |
| Molino de barras                           |                     |                  |         |      |             |
| Cubierta de foso de remojo                 | 3.00                | 1.50             | -       | 1.00 | 3.00        |
| Recorrido de la unidad de cubierta de pozo | 3.00                | 1.50             | -       | 2.00 | 3.00        |
| <b>Dirección de engranajes</b>             | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.25        |
| <b>Fogonero</b>                            | -                   | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.25        |
| <b>Molino de textil</b>                    |                     |                  |         |      |             |
| Batcher                                    | 1.00                | 1.25             | 1.25    | 1.25 | 1.25        |
| Calender, Maquinas de tarjetas             | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| Máquina de tintorería                      | 1.00                | 1.25             | 1.25    | 1.25 | 1.25        |
| Telar                                      | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| coca, depuradora.                          | 1.00                | 1.25             | 1.25    | 1.25 | 1.25        |
| Hilandería,                                | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| <b>Torno</b>                               | 1.50                | 1.50             | 1.50    | 1.50 | 1.50        |
| <b>Maquina para trabajar madera</b>        | 1.00                | 1.00             | 1.25    | 1.00 | 1.25        |

## Verificación de parámetros de barrenado, rpm, otros.



| Tamaño del Acople | Taladro Recto |                 |                    | Taper Lock  |             | HP/100       |              | TORQUE               |                   | Max RPM |      |
|-------------------|---------------|-----------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------|---------|------|
|                   | Min. Barreno  | Max. Barreno    |                    | Min Barreno | Max Barreno | Mazas Rectas | Mazas (T-L*) | Mazas Rectas (In-lb) | Mazas T-L (In-lb) | T10     | T20  |
|                   |               | Cuñero Cuadrado | Cuñero Rectangular |             |             |              |              |                      |                   |         |      |
| 1020T             | 0             | 1-1/8           | 1-3/16             | N/A         | N/A         | 0.7          | -            | 464                  | -                 | 4500    | 6000 |
| 1030T             | 0             | 1-3/8           | 1-7/16             | 1/2         | 1-1/8       | 1.9          | 1.9          | 1360                 | 1200              | 4500    | 6000 |
| 1040T             | 0             | 1-5/8           | 1-3/4              | 1/2         | 1-1/8       | 3.2          | 2.1          | 2200                 | 1300              | 4500    | 6000 |
| 1050T             | 0             | 1-7/8           | 2                  | 1/2         | 1-1/4       | 5.6          | 5.6          | 3850                 | 3500              | 4500    | 6000 |
| 1060T             | 0             | 2-1/8           | 2-1/4              | 1/2         | 1-11/16     | 8.7          | 6.8          | 6050                 | 4300              | 4500    | 6000 |
| 1070T             | 0             | 2-1/2           | 2-11/16            | 1/2         | 2-1/8       | 13.0         | 11.3         | 8800                 | 7150              | 4125    | 5500 |
| 1080T             | 0             | 3               | 3-1/4              | 3/4         | 2-11/16     | 26.0         | 17.9         | 18150                | 11300             | 3600    | 4750 |
| 1090T             | 0             | 3-1/2           | 3-3/4              | 15/16       | 3-1/4       | 48.0         | 38.1         | 33000                | 24000             | 3600    | 4000 |
| 1100T             | 0             | 4               | 4-1/4              | 15/16       | 3-1/4       | 80.0         | 38.1         | 55550                | 24000             | 2440    | 3250 |
| 1110T             | 0             | 4-1/2           | 4-5/8              | 1-3/16      | 3-15/16     | 120.0        | 71.1         | 82500                | 44800             | 2250    | 3000 |
| 1120T             | 2-3/8         | 5               | 5-3/8              | -           | -           | 175.0        | -            | 121000               | -                 | 2025    | 2700 |
| 1130T             | 2-5/8         | 6               | 6-1/2              | -           | -           | 254.0        | -            | 176000               | -                 | 1800    | 2400 |
| 1140T             | 2-5/8         | 7               | 7-1/4              | -           | -           | 365          | -            | 253000               | -                 | 1650    | 2200 |

| Tamaño del acople | A     |       | B           |             | C     | D           |          | E   | Peso (Lbs) |      | Inercia Lb-Ft2 |
|-------------------|-------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|----------|-----|------------|------|----------------|
|                   | T-10  | T-20  | Maza Rectas | Maza (T-L*) |       | Maza Rectas | Maza T-L |     | T-10       | T-20 |                |
| 1020T             | 3.47  | 4.38  | 3.89        | N/A         | 1.56  | 1.9         | N/A      | 0.1 | 2.8        | 3.0  | 0.03           |
| 1030T             | 3.88  | 4.75  | 3.89        | 3.39        | 1.94  | 1.9         | 1.6      | 0.1 | 3.8        | 4.0  | 0.1            |
| 1040T             | 4.22  | 5.06  | 4.13        | 3.36        | 2.25  | 2.00        | 1.6      | 0.1 | 4.7        | 4.9  | 0.1            |
| 1050T             | 5.09  | 5.81  | 4.88        | 3.89        | 2.63  | 2.40        | 1.9      | 0.1 | 7.3        | 7.5  | 0.2            |
| 1060T             | 5.47  | 6.38  | 5.13        | 4.38        | 3.00  | 2.50        | 2.1      | 0.1 | 11.0       | 11.0 | 0.3            |
| 1070T             | 5.92  | 6.81  | 6.13        | 4.38        | 3.44  | 3.00        | 2.1      | 0.1 | 13.8       | 14.0 | 0.4            |
| 1080T             | 6.92  | 7.88  | 7.13        | 5.39        | 4.13  | 3.50        | 2.6      | 0.1 | 25.1       | 25.6 | 1.01           |
| 1090T             | 7.7   | 9.13  | 7.88        | 6.39        | 4.88  | 3.90        | 3.1      | 0.1 | 35.1       | 35.6 | 1.7            |
| 1100T             | 9.88  | 10.50 | 9.69        | 7.19        | 5.59  | 4.80        | 3.5      | 0.2 | 62.6       | 63.2 | 3.7            |
| 1110T             | 10.63 | 11.25 | 10.19       | 7.45        | 6.31  | 5.00        | 3.6      | 0.2 | 78.5       | 79.0 | 5.6            |
| 1120T             | 12.13 | 12.56 | 12.00       | -           | 7.06  | 5.90        | -        | 0.3 | 114.0      | -    | 10.8           |
| 1130T             | 13.63 | 14.88 | 13.00       | -           | 8.56  | 6.40        | -        | 0.3 | 165.0      | -    | 20.2           |
| 1140T             | 15.13 | 16.38 | 14.75       | -           | 10.00 | 7.30        | -        | 0.3 | 236.0      | -    | 36.4           |

\*T-L: Taper-Lock

## **Anexo 6. Pasos para la selección de un reductor de la serie cyclo 6000.**

### **Paso 1. Recolectar la información acerca de la aplicación.**

Antes de iniciar se necesita conocer:

- **Aplicación(Ejemplo, transportador, mezclador,etc)**
- **Horas de operación por día**
- **Potencia del motor y RPM de salida**
- **Velocidad de salida deseada**
- **Posición de montaje y estilo**
- **Colgado o carga empujada**

### **Paso 2. Seleccione el tamaño**

- **2A.** encuentre la **clasificación de la carga** y su aplicación en la clasificación de la carga según tabla de AGMA
- **2B.** encuentre el **factor de servicio (ver tabla más abajo)** recomendado usando la tabla para encontrar el factor de servicio de los reductores.
- **2C.**Determine la **potencia en HP (ver ejemplo más abajo).** multiplicando la potencia del motor por el factor de servicio
- **2D.** Seleccione el **tamaño** del reductor según tablas, uniendo ambos , la potencia del motor y la velocidad de salida y seleccionar el modelo y tamaño.
- **Paso 3. Seleccionar la carcasa y estilo de posición de montaje**
- **Paso 4. Verificar las dimensiones**
- **Paso 5. Elegir las opciones.**
- **C-rostro adaptado**
- **Eje hueco**

- **Motor montado**
- **Con base**

**Paso 6. Configure un número de modelo**

| Factor de Servicio  |                                | Clasificación de la carga |             |                 |             |             |             |
|---|--------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|   |                                | Uniforme                  |             | Choque moderado |             | Alto choque |             |
| Primer movimiento   | Duración del servicio          | AGMA                      | Ciclo       | AGMA            | Ciclo       | AGMA        | Ciclo       |
|   | 1/2 hora por día (ocasional)   | 0.50                      | <b>0.50</b> | 0.80            | <b>0.80</b> | 1.25        | <b>1.20</b> |
| Motor eléctrico   | 3 horas por día (intermitente) | 0.80                      | <b>0.80</b> | 1.00            | <b>1.00</b> | 1.50        | <b>1.35</b> |
|   | arriba de 10 horas por día     | 1.00                      | <b>1.00</b> | 1.25            | <b>1.20</b> | 1.75        | <b>1.50</b> |
|   | 24 horas por día               | 1.25                      | <b>1.20</b> | 1.50            | <b>1.35</b> | 2.00        | <b>1.60</b> |
|   |                                |                           |             |                 |             |             |             |
| <b>Maquina de combustion interna de multiples cilindros</b> | 1/2 hora por día (ocasional)   | 0.80                      | <b>0.80</b> | 1.00            | <b>1.00</b> | 1.50        | <b>1.35</b> |
|   | 3 horas por día (intermitente) | 1.00                      | <b>1.00</b> | 1.25            | <b>1.20</b> | 1.75        | <b>1.50</b> |
|   | arriba de 10 horas por día     | 1.25                      | <b>1.20</b> | 1.50            | <b>1.35</b> | 2.00        | <b>1.60</b> |
|   | 24 horas por día               | 1.50                      | <b>1.35</b> | 1.75            | <b>1.50</b> | 2.25        | <b>1.70</b> |
|   |                                |                           |             |                 |             |             |             |
| <b>Maquina de combustion interna de simples cilindros</b>   | 1/2 hora por día (ocasional)   | 1.00                      | <b>1.00</b> | 1.25            | <b>1.20</b> | 1.75        | <b>1.50</b> |
|   | 3 horas por día (intermitente) | 1.25                      | <b>1.20</b> | 1.50            | <b>1.35</b> | 2.00        | <b>1.60</b> |
|   | arriba de 10 horas por día     | 1.50                      | <b>1.35</b> | 1.75            | <b>1.50</b> | 2.25        | <b>1.70</b> |
|   | 24 horas por día               | 1.75                      | <b>1.50</b> | 2.00            | <b>1.60</b> | 2.50        | <b>1.80</b> |

**Determinar la potencia de la caja reductora en HP.**

Potencia del motor x factor de servicio = HP a seleccionar de la caja reductora.

Ejemplo: 10HP x 1.25 factor de servicio = 12.5 (HP seleccionados).

## Selección de tamaño apropiado.

1

Combine su valor de rpm de salida (o relación)...

| RPM de salida<br>Ratio  | 583<br>3    | 350<br>5    | 292<br>6    | 219<br>8    | 159<br>11   | 135<br>13   | 117<br>15   | 103<br>17   | 83.3<br>21  | FRAME SIZE  |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>HP de entrada</b>    | <b>20.2</b> | <b>20.2</b> | <b>20.3</b> | <b>20.3</b> | <b>20.3</b> | <b>20.3</b> | <b>20.3</b> | <b>16.1</b> | <b>14.6</b> | <b>614S</b> |
| Torque de salida In.lbs | 2081        | 3469        |             | 5560        | 7650        | 9030        | 10300       | 9370        | 10500       | <b>614H</b> |
| Carga suspendida        | 1554        | 1843        |             | 2170        | 2430        | 2470        | 2580        | 2710        | 2890        |             |
| <b>HP de entrada</b>    | <b>27.2</b> | <b>27.2</b> |             | <b>26.4</b> | <b>26.4</b> | <b>26.4</b> | <b>25.1</b> | <b>17.6</b> | <b>17.3</b> | <b>616S</b> |
| Torque de salida In.lbs | 2798        | 4654        |             | 2730        | 9900        | 11800       | 12900       | 10200       | 12400       | <b>616H</b> |
| Carga suspendida        | 1702        | 2019        |             |             |             |             |             |             | 3350        |             |
| <b>HP de entrada</b>    | <b>32.3</b> | <b>32.3</b> |             |             |             |             |             |             | 21.6        | <b>616S</b> |
| Torque de salida In.lbs | 3322        | 5530        |             |             |             |             |             |             | 15400       | <b>616H</b> |
| Carga suspendida        | 1686        | 1998        |             |             |             |             |             |             | 3310        |             |
| <b>HP de entrada</b>    | <b>37.0</b> | <b>37.0</b> | <b>37.0</b> |             |             |             |             |             | 26.2        | <b>617S</b> |
| Torque de salida In.lbs | 9796        | 6335        | 7000        |             |             |             |             |             | 15500       | <b>617H</b> |
| Carga suspendida        | 1906        | 2261        | 2400        |             |             |             |             |             | 3310        |             |
| <b>HP de entrada</b>    | <b>40.4</b> | <b>40.4</b> | <b>40.4</b> |             |             |             |             |             | 32.3        | <b>617S</b> |
| Torque de salida In.lbs | 4141        | 6914        | 8290        |             |             |             |             |             | 23200       | <b>617H</b> |
| Carga suspendida        | 1906        | 2261        | 2400        | 2620        | 3020        | 3130        | 3240        | 3440        | 3680        |             |
| <b>HP de entrada</b>    | -           | -           | -           | -           | <b>47.2</b> | <b>47.2</b> | <b>43.5</b> | <b>41.1</b> | <b>40.3</b> | <b>618S</b> |
| Torque de salida In.lbs | -           | -           | -           | -           | 17800       | 21000       | 22300       | 23800       | 28900       | <b>618H</b> |
| Carga suspendida        | -           | -           | -           | -           | 4030        | 4210        | 4430        | 4670        | 5030        |             |
| <b>HP de entrada</b>    | -           | -           | -           | -           | <b>52.3</b> | <b>52.3</b> | <b>52.3</b> | <b>52.3</b> | <b>52.3</b> | <b>618S</b> |
| Torque de salida In.lbs | -           | -           | -           | -           | 19600       | 23300       | 26800       | 30500       | 37600       | <b>618H</b> |
| Carga suspendida        | -           | -           | -           | -           |             |             |             |             |             |             |

2

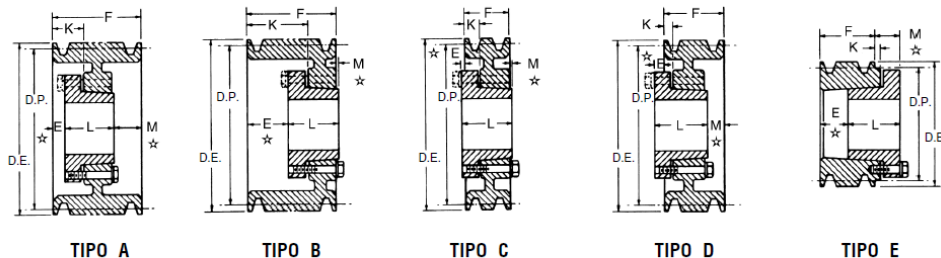
... Con su potencia de seleccion (HP)...

3

Para encontrar su tamaño de carcasa

## Anexo 7. Tablas de selección de poleas de un fabricante.

# 3V Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia



En las siguientes tablas encontrará las dimensiones de las poleas *Martin* para buje QD. El tipo de la polea se indica con una letra seguida por un número que a su vez muestra el tipo de construcción de la polea de acuerdo con los dibujos que están en la página siguiente.

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

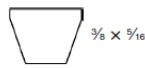
| 1 Ranura*     |          |         |      |      |                         |      |      |                         |      | 2 Ranuras     |              |      |      |                         |      |      |                         |      |               |            |
|---------------|----------|---------|------|------|-------------------------|------|------|-------------------------|------|---------------|--------------|------|------|-------------------------|------|------|-------------------------|------|---------------|------------|
| No. de Parte  | Diámetro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E    | K    | Largo Total del Barreno | M    | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E    | K    | Largo Total del Barreno | M    | Peso sin Buje |            |
|               | DE       | Paso 3V |      |      |                         |      |      |                         |      |               |              |      |      |                         |      |      |                         |      |               | F = 1 1/16 |
| 1 3V 220 JA   | 2.20     | 2.15    | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | .7            | 2 3V 220 JA  | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | .9            |            |
| 1 3V 235 JA   | 2.35     | 2.30    | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | .8            | 2 3V 235 JA  | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.0           |            |
| 1 3V 250 JA   | 2.50     | 2.45    | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | .8            | 2 3V 250 JA  | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.2           |            |
| 1 3V 265 JA   | 2.65     | 2.60    | C-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | .9            | 2 3V 265 JA  | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.3           |            |
| 1 3V 280 JA   | 2.80     | 2.75    | C-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | .9            | 2 3V 280 JA  | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.4           |            |
| 1 3V 300 JA   | 3.00     | 2.95    | C-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 1.0           | 2 3V 300 JA  | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.6           |            |
| 1 3V 315 JA   | 3.15     | 3.10    | C-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 1.0           | 2 3V 315 JA  | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.8           |            |
| 1 3V 335 JA   | 3.35     | 3.30    | C-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 1.1           | 2 3V 335 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.0           |            |
| 1 3V 365 SH   | 3.65     | 3.60    | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.3           | 2 3V 365 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.4           |            |
| 1 3V 412 SH   | 4.12     | 4.07    | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 1.7           | 2 3V 412 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.7           |            |
| 1 3V 450 SH   | 4.50     | 4.45    | D-2  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.1           | 2 3V 450 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.9           |            |
| 1 3V 475 SH   | 4.75     | 4.70    | D-2  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.5           | 2 3V 475 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 3.1           |            |
| 1 3V 500 SH   | 5.00     | 4.95    | D-2  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 2.8           | 2 3V 500 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 3.6           |            |
| 1 3V 530 SH   | 5.30     | 5.25    | D-2  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 3.2           | 2 3V 530 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 4.5           |            |
| 1 3V 560 SH   | 5.60     | 5.55    | D-2  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 3.2           | 2 3V 560 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 5.0           |            |
| 1 3V 600 SH   | 6.00     | 5.95    | D-2  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 3.5           | 2 3V 600 SH  | D-1  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 5.5           |            |
| 1 3V 650 SH   | 6.50     | 6.45    | D-3  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 3.9           | 2 3V 650 SDS | D-3  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 5.8           |            |
| 1 3V 690 SH   | 6.90     | 6.85    | D-3  | SH   | 1 1/4                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 4.5           | 2 3V 690 SDS | D-3  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 6.6           |            |
| 1 3V 800 SDS  | 8.00     | 7.95    | C-3  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 5.5           | 2 3V 800 SDS | D-3  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 7.0           |            |
| 1 3V 1060 SDS | 10.60    | 10.55   | C-3  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 8.0           | 2 3V 1060 SK | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 10.0          |            |
| 1 3V 1400 SK  | 14.00    | 13.95   | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 13.5          | 2 3V 1400 SK | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 16.0          |            |
| 1 3V 1900 SK  | 19.00    | 18.95   | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 0    | 17.0          | 2 3V 1900 SK | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 25.0          |            |
|               | 25.00    | 24.95   |      |      |                         |      |      |                         |      |               | 2 3V 2500 SF | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/16 | 1 1/8                   | 3/16 | 28.0          |            |

\* F = 3/8" para la polea 1 3V 800 SDS y para la 1 3V 1060 SDS, F = 3/16" para la polea 1 3V 1400 SK y para la 1 3V 1900 SK

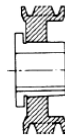
\* Las dimensiones E y M son nominales, pueden variar dependiendo de las tolerancias en los ejes. Las poleas tipo E están barrenadas para montaje reverso.

# Martin

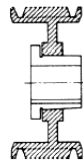
## Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia 3V



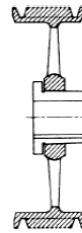
3V



1 = SÓLIDA



2 = ALMA



3 = RAYOS

Permita que *Martin* le cotice poleas de fabricación especial y sus requerimientos de poleas en grandes cantidades.

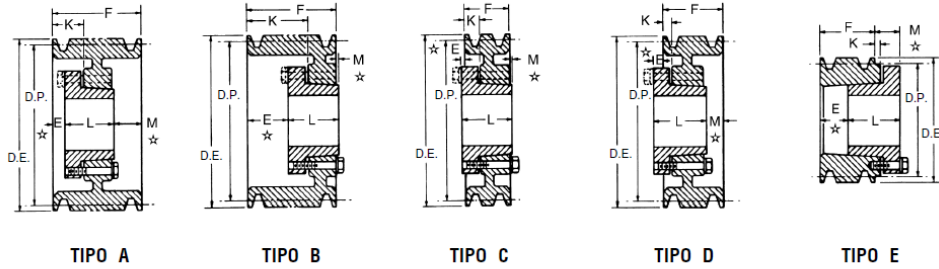
Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 3 Ranuras    |          |         |      |      |                         |       |     |                         |     | 4 Ranuras     |              |      |      |                         |       |     |                         |       |       |               |
|--------------|----------|---------|------|------|-------------------------|-------|-----|-------------------------|-----|---------------|--------------|------|------|-------------------------|-------|-----|-------------------------|-------|-------|---------------|
| F = 1 1/2    |          |         |      |      |                         |       |     |                         |     | F = 1 3/8     |              |      |      |                         |       |     |                         |       |       |               |
| No. de Parte | Diámetro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E     | K   | Largo Total del Barreno |     | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E     | K   | Largo Total del Barreno |       | M     | Peso sin Buje |
|              | DE       | Paso 3V |      |      |                         |       |     | M                       | M   |               |              |      |      |                         |       |     | M                       | M     |       |               |
| 3 3V 250 JA  | 2.50     | 2.45    | E-1  | JA   | 1 1/4                   | 1 1/4 | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 1.6           | 4 3V 265 JA  | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 1 1/2 | 1.3           |
| 3 3V 265 JA  | 2.65     | 2.60    | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 1.8           | 4 3V 280 JA  | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 1 1/2 | 1.6           |
| 3 3V 280 JA  | 2.80     | 2.75    | D-1  | JA   | 1 1/4                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 2.0           | 4 3V 300 SH  | E-1  | SH   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 1.9           |
| 3 3V 300 SH  | 3.00     | 2.95    | E-1  | SH   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 0   | 1 1/8                   | 3/8 | 2.2           | 4 3V 315 SH  | E-1  | SH   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 2.2           |
| 3 3V 315 SH  | 3.15     | 3.10    | E-1  | SH   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 2.5           | 4 3V 335 SH  | D-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 2.5           |
| 3 3V 335 SH  | 3.35     | 3.30    | D-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 2.8           | 4 3V 365 SH  | D-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 2.8           |
| 3 3V 365 SH  | 3.65     | 3.60    | D-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 3.0           | 4 3V 412 SH  | A-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 3.2           |
| 3 3V 412 SH  | 4.12     | 4.07    | A-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 3.3           | 4 3V 450 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 3.5           |
| 3 3V 450 SDS | 4.50     | 4.45    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 3.5           | 4 3V 475 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 4.0           |
| 3 3V 475 SDS | 4.75     | 4.70    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 3.7           | 4 3V 500 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 4.5           |
| 3 3V 500 SDS | 5.00     | 4.95    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 4.0           | 4 3V 530 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 5.0           |
| 3 3V 530 SDS | 5.30     | 5.25    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 4.3           | 4 3V 560 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 5.7           |
| 3 3V 560 SDS | 5.60     | 5.55    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 4.9           | 4 3V 600 SK  | D-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 7.5           |
| 3 3V 600 SDS | 6.00     | 5.95    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 5.9           | 4 3V 650 SK  | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 8.0           |
| 3 3V 650 SDS | 6.50     | 6.45    | A-3  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 6.3           | 4 3V 690 SK  | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 10.0          |
| 3 3V 690 SDS | 6.90     | 6.85    | A-3  | SDS  | 2                       | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 6.8           | 4 3V 800 SK  | D-2  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 12.0          |
| 3 3V 800 SK  | 8.00     | 7.95    | C-2  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 10.6          | 4 3V 1060 SK | D-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 16.0          |
| 3 3V 1060 SK | 10.60    | 10.55   | C-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 12.0          | 4 3V 1400 SK | D-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 22.0          |
| 3 3V 1400 SK | 14.00    | 13.95   | C-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 20.0          | 4 3V 1900 SF | C-3  | SF   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 37.0          |
| 3 3V 1900 SF | 19.00    | 18.95   | C-3  | SF   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 33.0          | 4 3V 2500 SF | C-3  | SF   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 53.0          |
| 3 3V 2500 SF | 25.00    | 24.95   | C-3  | SF   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 45.0          | 4 3V 3350 E  | C-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 1 1/2 | 3/8   | 80.0          |
| 3 3V 3350 SF | 33.50    | 33.45   | C-3  | SF   | 2 1/2                   | 3/8   | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 75.0          |              |      |      |                         |       |     |                         |       |       |               |

El peso no incluye el buje. En la página B-4 encontrará las dimensiones de los bujes.

D-7

# 3V Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia



Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 5 Ranuras                          |          |         |      |      |                         |      |      |                         |     | 6 Ranuras                          |              |      |      |                         |      |       |                         |       |               |
|------------------------------------|----------|---------|------|------|-------------------------|------|------|-------------------------|-----|------------------------------------|--------------|------|------|-------------------------|------|-------|-------------------------|-------|---------------|
| F = 2 <sup>3</sup> / <sub>16</sub> |          |         |      |      |                         |      |      |                         |     | F = 2 <sup>3</sup> / <sub>32</sub> |              |      |      |                         |      |       |                         |       |               |
| No. de Parte                       | Diámetro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E    | K    | Largo Total del Barreno | M   | Peso sin Buje                      | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E    | K     | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje |
|                                    | DE       | Paso 3V |      |      |                         |      |      |                         |     |                                    |              |      |      |                         |      |       |                         |       |               |
| 5 3V 475 SDS                       | 4.75     | 4.70    | A-2  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/2                   | 3/8 | 4.5                                | 6 3V 475 SK  | D-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/8   | 1 1/2                   | 1 1/2 | 6.0           |
| 5 3V 500 SDS                       | 5.00     | 4.95    | A-2  | SDS  | 2                       | 3/16 | 3/16 | 1 1/2                   | 3/8 | 5.3                                | 6 3V 500 SK  | D-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/16 | 3/8   | 1 1/2                   | 1 1/2 | 6.5           |
| 5 3V 530 SK                        | 5.30     | 5.25    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 5.8                                | 6 3V 530 SK  | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 6.8           |
| 5 3V 560 SK                        | 5.60     | 5.55    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 7.0                                | 6 3V 560 SK  | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 8.0           |
| 5 3V 600 SK                        | 6.00     | 5.95    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 8.3                                | 6 3V 600 SK  | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 9.0           |
| 5 3V 650 SK                        | 6.50     | 6.45    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 9.0                                | 6 3V 650 SK  | A-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 10.0          |
| 5 3V 690 SK                        | 6.90     | 6.85    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 12.0                               | 6 3V 690 SK  | A-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 11.5          |
| 5 3V 800 SK                        | 8.00     | 7.95    | A-2  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 13.0                               | 6 3V 800 SK  | A-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 17.0          |
| 5 3V 1060 SK                       | 10.60    | 10.55   | A-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 1 1/2                   | 3/8 | 17.0                               | 6 3V 1060 SF | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 2 1/2                   | 3/8   | 25.0          |
| 5 3V 1400 SK                       | 14.00    | 13.95   | A-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 2 1/2                   | 3/8 | 27.0                               | 6 3V 1400 SF | A-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8  | 1 1/2 | 2 1/2                   | 3/8   | 34.0          |
| 5 3V 1900 SF                       | 19.00    | 18.95   | A-3  | SK   | 2 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 2 1/2                   | 3/8 | 40.0                               | 6 3V 1900 E  | B-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8  | 1     | 2 1/2                   | 3/8   | 45.0          |
| 5 3V 2500 E                        | 25.00    | 24.95   | C-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 2 1/2                   | 3/8 | 69.0                               | 6 3V 2500 E  | B-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8  | 1     | 2 1/2                   | 3/8   | 75.0          |
| 5 3V 3350 E                        | 33.50    | 33.45   | C-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8  | 3/8  | 2 1/2                   | 3/8 | 97.0                               | 6 3V 3350 E  | B-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8  | 1     | 2 1/2                   | 3/8   | 98.0          |

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 8 Ranuras                          |          |         |      |      |                         |     |     |                         |       | 10 Ranuras                         |              |      |      |                         |     |       |                         |       |               |
|------------------------------------|----------|---------|------|------|-------------------------|-----|-----|-------------------------|-------|------------------------------------|--------------|------|------|-------------------------|-----|-------|-------------------------|-------|---------------|
| F = 3 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> |          |         |      |      |                         |     |     |                         |       | F = 4 <sup>1</sup> / <sub>32</sub> |              |      |      |                         |     |       |                         |       |               |
| No. de Parte                       | Diámetro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E   | K   | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje                      | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E   | K     | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje |
|                                    | DE       | Paso 3V |      |      |                         |     |     |                         |       |                                    |              |      |      |                         |     |       |                         |       |               |
| 8 3V 475 SK                        | 4.75     | 4.70    | D-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 2 3/8 | 6.0                                | 10 3V 475 SK | D-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8   | 1 1/2                   | 2 3/8 | 7.0           |
| 8 3V 500 SK                        | 5.00     | 4.95    | D-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 2 3/8 | 6.9                                | 10 3V 500 SK | D-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8   | 1 1/2                   | 2 3/8 | 8.6           |
| 8 3V 530 SK                        | 5.30     | 5.25    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 7.8                                | 10 3V 530 SK | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 9.0           |
| 8 3V 560 SK                        | 5.60     | 5.55    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 9.0                                | 10 3V 560 SK | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 10.0          |
| 8 3V 600 SK                        | 6.00     | 5.95    | A-1  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 10.0                               | 10 3V 600 SK | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 11.0          |
| 8 3V 650 SK                        | 6.50     | 6.45    | A-2  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 12.9                               | 10 3V 650 SK | A-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 14.0          |
| 8 3V 690 SK                        | 6.90     | 6.85    | A-2  | SK   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 14.0                               | 10 3V 690 SK | A-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 1 1/2 | 1 1/2                   | 3/8   | 16.0          |
| 8 3V 800 SF                        | 8.00     | 7.95    | A-1  | SF   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 20.0                               | 10 3V 800 SF | A-1  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 1 1/2 | 2 1/2                   | 3/8   | 22.0          |
| 8 3V 1060 SF                       | 10.60    | 10.55   | A-2  | SF   | 2 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 28.0                               | 10 3V 1060 E | A-2  | E    | 3 1/2                   | 3/8 | 1 1/2 | 2 1/2                   | 3/8   | 33.0          |
| 8 3V 1400 E                        | 14.00    | 13.95   | A-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 40.0                               | 10 3V 1400 E | A-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8 | 1 1/2 | 2 1/2                   | 3/8   | 43.0          |
| 8 3V 1900 E                        | 19.00    | 18.95   | A-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 62.0                               | 10 3V 1900 E | A-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8 | 1 1/2 | 2 1/2                   | 3/8   | 66.0          |
| 8 3V 2500 E                        | 25.00    | 24.95   | A-3  | E    | 3 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 87.0                               | 10 3V 2500 F | A-3  | F    | 3 1/2                   | 3/8 | 1 1/2 | 3 1/2                   | 3/8   | 98.0          |
| 8 3V 3350 F                        | 33.50    | 33.45   | B-3  | F    | 3 1/2                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/2                   | 3/8   | 152.0                              | 10 3V 3350 F | A-3  | F    | 3 1/2                   | 3/8 | 1 1/2 | 3 1/2                   | 3/8   | 178.0         |

☆ Las dimensiones E y M son nominales, pueden variar dependiendo de las tolerancias en los ejes. Las poleas tipo E están barrenadas para montaje reverso.

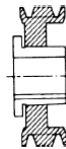
D-8

# Martin

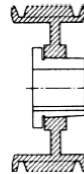
## Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia 5V



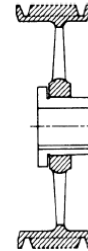
5V



1 = SÓLIDA



2 = ALMA



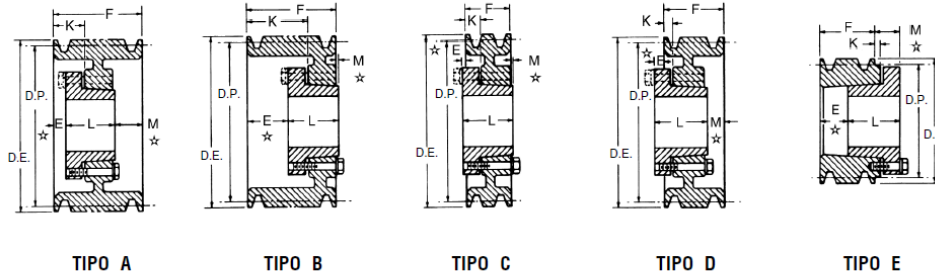
3 = RAYOS

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 2 Ranuras    |          |         |      |      |                         |     |     |                         |     | 3 Ranuras     |              |      |      |                         |       |       |                         |     |               |
|--------------|----------|---------|------|------|-------------------------|-----|-----|-------------------------|-----|---------------|--------------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-----|---------------|
| F = 1 1/8    |          |         |      |      |                         |     |     |                         |     | F = 2 3/8     |              |      |      |                         |       |       |                         |     |               |
| No. de Parte | Diámetro |         | Tipo | Buje | Barrero Máximo del Buje | E   | K   | Largo Total del Barrero |     | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barrero Máximo del Buje | E     | K     | Largo Total del Barrero |     | Peso sin Buje |
|              | DE       | Peso 5V |      |      |                         |     |     | M                       | M   |               |              |      |      |                         |       |       | M                       | M   |               |
| 2 5V 440 SH  | 4.40     | 4.30    | A-1  | SH   | 1 1/8                   | 3/8 | 1/2 | 1 1/8                   | 3/8 | 4.0           | 3 5V 440 SDS | E-1  | SDS  | 2                       | 1 1/8 | 0     | 1 1/8                   | 3/8 | 5.5           |
| 2 5V 465 SDS | 4.65     | 4.55    | E-1  | SDS  | 2                       | 3/8 | 0   | 1 1/8                   | 3/8 | 4.5           | 3 5V 465 SDS | E-1  | SDS  | 2                       | 1 1/8 | 0     | 1 1/8                   | 3/8 | 6.5           |
| 2 5V 490 SDS | 4.90     | 4.80    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 5.0           | 3 5V 490 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 7.0           |
| 2 5V 520 SDS | 5.20     | 5.10    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 5.5           | 3 5V 520 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 7.5           |
| 2 5V 550 SDS | 5.50     | 5.40    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 6.0           | 3 5V 550 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 8.0           |
| 2 5V 590 SDS | 5.90     | 5.80    | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 7.0           | 3 5V 590 SDS | A-1  | SDS  | 2                       | 3/8   | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 8.5           |
| 2 5V 630 SK  | 6.30     | 6.20    | C-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 8.0           | 3 5V 630 SK  | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 11.0          |
| 2 5V 670 SK  | 6.70     | 6.60    | C-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 10.0          | 3 5V 670 SK  | A-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 11.5          |
| 2 5V 710 SK  | 7.10     | 7.00    | C-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 11.0          | 3 5V 710 SF  | A-1  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 13.0          |
| 2 5V 750 SK  | 7.50     | 7.40    | C-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 13.0          | 3 5V 750 SF  | A-1  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 14.0          |
| 2 5V 800 SK  | 8.00     | 7.90    | C-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 14.0          | 3 5V 800 SF  | A-1  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 15.0          |
| 2 5V 850 SK  | 8.50     | 8.40    | C-1  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 15.0          | 3 5V 850 SF  | A-1  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 16.0          |
| 2 5V 900 SK  | 9.00     | 8.90    | C-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 16.0          | 3 5V 900 SF  | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 17.0          |
| 2 5V 925 SK  | 9.25     | 9.15    | C-2  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 16.5          | 3 5V 925 SF  | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 18.0          |
| 2 5V 975 SK  | 9.75     | 9.65    | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 17.0          | 3 5V 975 SF  | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 19.0          |
| 2 5V 1030 SK | 10.30    | 10.20   | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 18.0          | 3 5V 1030 SF | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 22.0          |
| 2 5V 1090 SK | 10.90    | 10.80   | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 19.0          | 3 5V 1090 SF | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 25.0          |
| 2 5V 1130 SK | 11.30    | 11.20   | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 19.5          | 3 5V 1130 SF | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 25.0          |
| 2 5V 1180 SK | 11.80    | 11.70   | C-3  | SK   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 1 1/8                   | 0   | 20.0          | 3 5V 1180 SF | A-2  | SF   | 2 3/8                   | 3/8   | 1     | 2 3/8                   | 0   | 29.0          |
| 2 5V 1250 SF | 12.50    | 12.40   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 25.0          | 3 5V 1250 E  | C-2  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 32.0          |
| 2 5V 1320 SF | 13.20    | 13.10   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 27.0          | 3 5V 1320 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 38.0          |
| 2 5V 1400 SF | 14.00    | 13.90   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 28.0          | 3 5V 1400 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 43.0          |
| 2 5V 1500 SF | 15.00    | 14.90   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 30.0          | 3 5V 1500 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 44.0          |
| 2 5V 1600 SF | 16.00    | 15.90   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 34.0          | 3 5V 1600 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 46.0          |
| 2 5V 1870 SF | 18.70    | 18.60   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 49.0          | 3 5V 1870 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 60.0          |
| 2 5V 2120 SF | 21.20    | 21.10   | C-3  | SF   | 2 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 50.0          | 3 5V 2120 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 68.0          |
| 2 5V 2360 E  | 23.60    | 23.50   | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 3/8                   | 3/8 | 72.0          | 3 5V 2360 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 80.0          |
| 2 5V 2800 E  | 28.00    | 27.90   | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8 | 3/8 | 2 3/8                   | 3/8 | 80.0          | 3 5V 2800 E  | C-3  | E    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 2 3/8                   | 3/8 | 92.0          |
|              | 31.50    | 31.40   |      |      |                         |     |     |                         |     |               | 3 5V 3150 F  | C-3  | F    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 3 3/8                   | 3/8 | 136.0         |
|              | 37.50    | 37.40   |      |      |                         |     |     |                         |     |               | 3 5V 3750 F  | C-3  | F    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 3 3/8                   | 3/8 | 156.0         |
|              | 50.00    | 49.90   |      |      |                         |     |     |                         |     |               | 3 5V 5000 F  | C-3  | F    | 3 3/8                   | 3/8   | 3/8   | 3 3/8                   | 3/8 | 210.0         |

El peso no incluye el buje. En la página B-4 encontrará las dimensiones de los bujes.

# 5V Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia



Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 4 Ranuras    |          |         |      |      |                         |       |       |                         |     | 5 Ranuras     |              |      |      |                         |       |       |                         |       |               |
|--------------|----------|---------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-----|---------------|--------------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|---------------|
| F = 3/16     |          |         |      |      |                         |       |       |                         |     | F = 3/16      |              |      |      |                         |       |       |                         |       |               |
| No. de Parte | Diámetro |         | Tipo | Buje | Barrero Máximo del Buje | E     | K     | Largo Total del Barrero | M   | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barrero Máximo del Buje | E     | K     | Largo Total del Barrero | M     | Peso sin Buje |
|              | DE       | Paso 5V |      |      |                         |       |       |                         |     |               |              |      |      |                         |       |       |                         |       |               |
| *4 5V 440 SD | 4.40     | 4.30    | E-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 0     | 1 1/8                   | 3/8 | 5.0           | *5 5V 440 SD | E-1  | SD   | 2                       | 2 1/8 | 0     | 1 1/8                   | 3/8   | 6.0           |
| *4 5V 465 SD | 4.65     | 4.55    | E-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 0     | 1 1/8                   | 3/8 | 6.0           | *5 5V 465 SD | E-1  | SD   | 2                       | 2 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8   | 7.0           |
| *4 5V 490 SD | 4.90     | 4.80    | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 7.0           | *5 5V 490 SD | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8   | 8.0           |
| *4 5V 520 SD | 5.20     | 5.10    | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 8.0           | *5 5V 520 SD | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8   | 9.0           |
| *4 5V 550 SD | 5.50     | 5.40    | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 9.0           | *5 5V 550 SD | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8   | 10.0          |
| *4 5V 590 SD | 5.90     | 5.80    | A-1  | SD   | 2                       | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 10.8          | *5 5V 590 SK | A-1  | SK   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8   | 11.0          |
| *4 5V 630 SK | 6.30     | 6.20    | A-1  | SK   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 12.0          | *5 5V 630 SK | A-1  | SK   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8   | 12.0          |
| *4 5V 670 SK | 6.70     | 6.60    | A-1  | SK   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 14.0          | *5 5V 670 SF | A-1  | SF   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 1 1/8 | 13.0          |
| *4 5V 710 SF | 7.10     | 7.00    | A-1  | SF   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 15.0          | *5 5V 710 SF | A-1  | SF   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 1 1/8 | 14.0          |
| *4 5V 750 SF | 7.50     | 7.40    | A-1  | SF   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8 | 16.0          | *5 5V 750 SF | A-1  | SF   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 1 1/8 | 16.0          |
| 4 5V 800 E   | 8.00     | 7.90    | B-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 19.0          | 5 5V 800 E   | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 19.0          |
| 4 5V 850 E   | 8.50     | 8.40    | B-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 23.0          | 5 5V 850 E   | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 22.0          |
| 4 5V 900 E   | 9.00     | 8.90    | B-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 25.0          | 5 5V 900 E   | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 26.0          |
| 4 5V 925 E   | 9.25     | 9.15    | B-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 26.0          | 5 5V 925 E   | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 28.0          |
| 4 5V 975 E   | 9.75     | 9.65    | B-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 28.0          | 5 5V 975 E   | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 30.0          |
| 4 5V 1030 E  | 10.30    | 10.20   | B-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 30.0          | 5 5V 1030 E  | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 33.0          |
| 4 5V 1090 E  | 10.90    | 10.80   | B-2  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 39.0          | 5 5V 1090 E  | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 41.0          |
| 4 5V 1130 E  | 11.30    | 11.20   | B-2  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 40.0          | 5 5V 1130 E  | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 42.0          |
| 4 5V 1180 E  | 11.80    | 11.70   | B-2  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 41.0          | 5 5V 1180 E  | A-1  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 44.0          |
| 4 5V 1250 E  | 12.50    | 12.40   | B-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 43.0          | 5 5V 1250 E  | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 45.0          |
| 4 5V 1320 E  | 13.20    | 13.10   | B-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 45.0          | 5 5V 1320 E  | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 46.0          |
| 4 5V 1400 E  | 14.00    | 13.90   | B-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 46.0          | 5 5V 1400 E  | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 47.0          |
| 4 5V 1500 E  | 15.00    | 14.90   | B-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 47.0          | 5 5V 1500 E  | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 53.0          |
| 4 5V 1600 E  | 16.00    | 15.90   | B-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 49.0          | 5 5V 1600 E  | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 2 1/8                   | 3/8   | 56.0          |
| 4 5V 1870 E  | 18.70    | 18.60   | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 71.0          | 5 5V 1870 F  | B-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 3 1/8                   | 3/8   | 96.0          |
| 4 5V 2120 E  | 21.20    | 21.10   | A-3  | E    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 72.0          | 5 5V 2120 F  | B-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 3 1/8                   | 3/8   | 98.0          |
| 4 5V 2360 F  | 23.60    | 23.50   | C-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 3 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 111.0         | 5 5V 2360 F  | B-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 3 1/8                   | 3/8   | 120.0         |
| 4 5V 2800 F  | 28.00    | 27.90   | C-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 3 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 118.0         | 5 5V 2800 F  | B-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 3 1/8                   | 3/8   | 135.0         |
| 4 5V 3150 F  | 31.50    | 31.40   | C-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 3 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 146.7         | 5 5V 3150 J  | C-3  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 4 1/8                   | 3/8   | 188.0         |
| 4 5V 3750 F  | 37.50    | 37.40   | C-3  | F    | 3 1/8                   | 1 1/8 | 3 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 178.0         | 5 5V 3750 J  | C-3  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 4 1/8                   | 3/8   | 224.0         |
| 4 5V 5000 J  | 50.00    | 49.90   | C-3  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 4 1/8 | 1 1/8                   | 3/8 | 266.0         | 5 5V 5000 J  | C-3  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 1 1/8 | 4 1/8                   | 3/8   | 308.0         |

\* Las dimensiones E y M son nominales, pueden variar dependiendo de las tolerancias en los ejes. Las poleas tipo E están barrenadas para montaje reverso.  
\* Con estas poleas se deberán usar solamente bandas 5VX.

# Martin

## Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia **5V**

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

### 6 Ranuras

$$F = 4\frac{7}{16}$$

| No. de Parte | Diametro |         | Tipo | Buje | Barreno del Buje |       |       | Largo Total del Barreno |       | Peso sin Buje |
|--------------|----------|---------|------|------|------------------|-------|-------|-------------------------|-------|---------------|
|              | DE       | Paso SV |      |      | Máximo           | E     | K     | M                       |       |               |
| *6 5V 440 SD | 4.40     | 4.30    | E-1  | SD   | 2                | 3/8   | 0     | 1 1/8                   | 1/2   | 7.0           |
| *6 5V 465 SD | 4.65     | 4.55    | E-1  | SD   | 2                | 3/8   | 0     | 1 1/8                   | 1/2   | 7.8           |
| *6 5V 490 SD | 4.90     | 4.80    | A-1  | SD   | 2                | 1/2   | 1/8   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 9.0           |
| *6 5V 520 SD | 5.20     | 5.10    | A-1  | SD   | 2                | 1/2   | 1/8   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 10.8          |
| *6 5V 550 SD | 5.50     | 5.40    | A-1  | SD   | 2                | 1/2   | 1/8   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 11.3          |
| *6 5V 590 SK | 5.90     | 5.80    | A-1  | SK   | 2 1/2            | 1/2   | 1/8   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 12.0          |
| *6 5V 630 SK | 6.30     | 6.20    | A-1  | SK   | 2 1/2            | 1/2   | 1/8   | 1 1/8                   | 1 1/8 | 13.0          |
| *6 5V 670 SF | 6.70     | 6.60    | A-1  | SF   | 2 1/2            | 1/2   | 1/8   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 14.0          |
| 6 5V 710 SF  | 7.10     | 7.00    | A-1  | SF   | 2 1/2            | 1/2   | 1/8   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 15.0          |
| 6 5V 750 SF  | 7.50     | 7.40    | A-1  | SF   | 2 1/2            | 1/2   | 1/8   | 2 1/8                   | 1 1/8 | 17.0          |
| 6 5V 800 E   | 8.00     | 7.90    | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 20.0          |
| 6 5V 850 E   | 8.50     | 8.40    | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 25.0          |
| 6 5V 900 E   | 9.00     | 8.90    | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 28.0          |
| 6 5V 925 E   | 9.25     | 9.15    | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 29.0          |
| 6 5V 975 E   | 9.75     | 9.65    | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 31.0          |
| 6 5V 1030 E  | 10.30    | 10.20   | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 33.0          |
| 6 5V 1090 E  | 10.90    | 10.80   | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 38.0          |
| 6 5V 1130 E  | 11.30    | 11.20   | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 41.0          |
| 6 5V 1180 E  | 11.80    | 11.70   | A-1  | E    | 3 1/2            | 1 1/2 | 2     | 2 1/8                   | 1 1/8 | 43.0          |
| 6 5V 1250 F  | 12.50    | 12.40   | B-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 2 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 45.0          |
| 6 5V 1320 F  | 13.20    | 13.10   | B-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 2 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 48.0          |
| 6 5V 1400 F  | 14.00    | 13.90   | B-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 2 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 59.0          |
| 6 5V 1500 F  | 15.00    | 14.90   | B-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 2 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 64.0          |
| 6 5V 1600 F  | 16.00    | 15.90   | B-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 2 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 68.0          |
| 6 5V 1870 F  | 18.70    | 18.60   | A-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 1 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 83.8          |
| 6 5V 2120 F  | 21.20    | 21.10   | A-3  | F    | 3 3/8            | 1 1/2 | 1 1/8 | 3 1/8                   | 1 1/8 | 110.0         |
| 6 5V 2360 J  | 23.60    | 23.50   | B-3  | J    | 4 1/2            | 1 1/2 | 1 1/8 | 4 1/2                   | 1 1/8 | 148.0         |
| 6 5V 2800 J  | 28.00    | 27.90   | B-3  | J    | 4 1/2            | 1 1/2 | 1 1/8 | 4 1/2                   | 1 1/8 | 169.0         |
| 6 5V 3150 J  | 31.50    | 31.40   | B-3  | J    | 4 1/2            | 1 1/2 | 1 1/8 | 4 1/2                   | 1 1/8 | 206.0         |
| 6 5V 3750 J  | 37.50    | 37.40   | B-3  | J    | 4 1/2            | 1 1/2 | 1 1/8 | 4 1/2                   | 1 1/8 | 241.0         |
| 6 5V 5000 M  | 50.00    | 49.90   | C-3  | M    | 5 1/2            | 1 1/2 | 1 1/8 | 6 1/2                   | 1 1/8 | 388.0         |

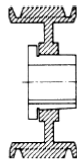
El peso no incluye el buje. En la página B-4 encontrará las dimensiones de los bujes.  
 \* Con estas poleas se deberán usar solamente bandas 5VX.



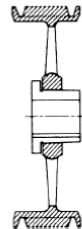
5V



1 = SÓLIDA

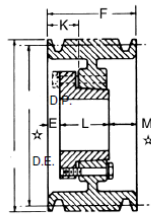


2 = ALMA

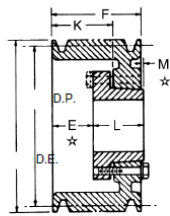


3 = RAYOS

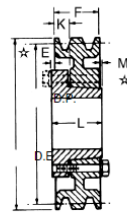
# 5V Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia



TIPO A



TIPO B



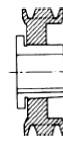
TIPO C



8V



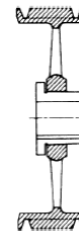
5V



1 = SOLIDA



2 = ALMA



3 = RAYOS

Dimensiones en pulgadas, pesos en libras

| 8 Ranuras                           |          |         |      |      |                                |                                |                               |                                |                                | 10 Ranuras                         |              |      |      |                                |                                |                               |                                |                                |                                |       |
|-------------------------------------|----------|---------|------|------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------|------|------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|
| F = 5 <sup>15</sup> / <sub>16</sub> |          |         |      |      |                                |                                |                               |                                |                                | F = 7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub> |              |      |      |                                |                                |                               |                                |                                |                                |       |
| No. de Parte                        | Diametro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje        | E                              | K                             | Largo Total del Barreno        | M                              | Peso sin Buje                      | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje        | E                              | K                             | Largo Total del Barreno        | M                              | Peso sin Buje                  |       |
|                                     | DE       | Paso 5V |      |      |                                |                                |                               |                                |                                |                                    |              |      |      |                                |                                |                               |                                |                                |                                |       |
| 8 5V 710 SF                         | 7.10     | 7.00    | A-1  | SF   | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 19.0                               |              |      |      |                                |                                |                               |                                |                                |                                |       |
| 8 5V 750 SF                         | 7.50     | 7.40    | A-1  | SF   | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 20.0                               |              |      |      |                                |                                |                               |                                |                                |                                |       |
| 8 5V 800 E                          | 8.00     | 7.90    | A-1  | E    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 25.0                               | 10 5V 800 E  | A-1  | E    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 27.0  |
| 8 5V 850 E                          | 8.50     | 8.40    | A-1  | E    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 29.0                               | 10 5V 850 E  | A-1  | E    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 32.0  |
| 8 5V 900 E                          | 9.00     | 8.90    | A-1  | E    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 32.0                               | 10 5V 900 F  | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 41.0  |
| 8 5V 925 F                          | 9.25     | 9.15    | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 39.0                               | 10 5V 925 F  | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 47.0  |
| 8 5V 975 F                          | 9.75     | 9.65    | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 42.0                               | 10 5V 975 F  | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 58.0  |
| 8 5V 1030 F                         | 10.30    | 10.20   | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 52.0                               | 10 5V 1030 F | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 66.0  |
| 8 5V 1090 F                         | 10.90    | 10.80   | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 59.0                               | 10 5V 1090 F | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 75.0  |
| 8 5V 1130 F                         | 11.30    | 11.20   | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 62.0                               | 10 5V 1130 F | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 79.0  |
| 8 5V 1180 F                         | 11.80    | 11.70   | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 64.0                               | 10 5V 1180 F | A-1  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 80.0  |
| 8 5V 1250 F                         | 12.50    | 12.40   | A-3  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 66.0                               | 10 5V 1250 J | A-1  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 82.0  |
| 8 5V 1320 F                         | 13.20    | 13.10   | A-3  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 68.0                               | 10 5V 1320 J | A-1  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 85.0  |
| 8 5V 1400 F                         | 14.00    | 13.90   | A-3  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 70.0                               | 10 5V 1400 J | A-1  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 90.0  |
| 8 5V 1500 F                         | 15.00    | 14.90   | A-3  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 73.0                               | 10 5V 1500 J | A-2  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 92.0  |
| 8 5V 1600 F                         | 16.00    | 15.90   | A-3  | F    | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 89.0                               | 10 5V 1600 J | A-1  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 102.0 |
| 8 5V 1870 J                         | 18.70    | 18.60   | A-3  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 132.0                              | 10 5V 1870 J | A-3  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 150.0 |
| 8 5V 2120 J                         | 21.20    | 21.10   | A-3  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 150.0                              | 10 5V 2120 J | A-3  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 164.0 |
| 8 5V 2360 J                         | 23.60    | 23.50   | A-3  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 162.0                              | 10 5V 2360 M | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 258.0 |
| 8 5V 2800 J                         | 28.00    | 27.90   | A-3  | J    | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 4 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 191.0                              | 10 5V 2800 M | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 278.0 |
| 8 5V 3150 M                         | 31.50    | 31.40   | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 298.0                              | 10 5V 3150 M | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 318.0 |
| 8 5V 3750 M                         | 37.50    | 37.40   | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 319.0                              | 10 5V 3750 M | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 340.0 |
| 8 5V 5000 M                         | 50.00    | 49.90   | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 497.0                              | 10 5V 5000 M | B-3  | M    | 5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 6 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> | 538.0 |

☆ Las dimensiones E y M son nominales, pueden variar dependiendo de las tolerancias en los ejes.



# Poleas QD de Alta Capacidad 8V

## “Hi-Cap” en Existencia

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

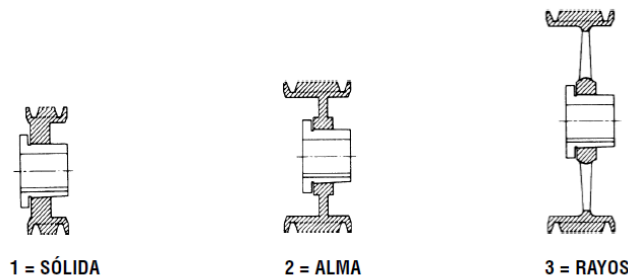
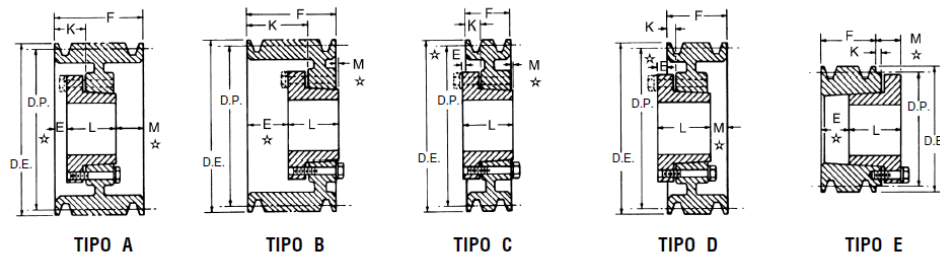
| 4 Ranuras    |          |         |      |      |                         |      |       |                         |       |               | 5 Ranuras    |      |      |                         |       |       |                         |       |               |  |  |
|--------------|----------|---------|------|------|-------------------------|------|-------|-------------------------|-------|---------------|--------------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|---------------|--|--|
| F = 4 1/8    |          |         |      |      |                         |      |       |                         |       |               | F = 6        |      |      |                         |       |       |                         |       |               |  |  |
| No. de Parte | Diametro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E    | K     | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E     | K     | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje |  |  |
|              | DE       | Paso 8V |      |      |                         |      |       |                         |       |               |              |      |      |                         |       |       |                         |       |               |  |  |
| 4 8V 1250 F  | 12.50    | 12.30   | A-1  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 63.0          | 5 8V 1250 F  | A-1  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 68.0          |  |  |
| 4 8V 1320 F  | 13.20    | 13.00   | A-2  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 66.0          | 5 8V 1320 F  | A-2  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 75.0          |  |  |
| 4 8V 1400 F  | 14.00    | 13.80   | A-2  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 70.0          | 5 8V 1400 F  | A-2  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 78.0          |  |  |
| 4 8V 1500 F  | 15.00    | 14.80   | A-2  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 74.0          | 5 8V 1500 F  | A-2  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 94.0          |  |  |
| 4 8V 1600 F  | 16.00    | 15.80   | A-2  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 82.0          | 5 8V 1600 F  | A-2  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 101.0         |  |  |
| 4 8V 1700 F  | 17.00    | 16.80   | A-3  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 94.0          | 5 8V 1700 J  | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8   | 2     | 4 1/8                   | 3/8   | 111.0         |  |  |
| 4 8V 1800 F  | 18.00    | 17.80   | A-3  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 99.0          | 5 8V 1800 J  | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8   | 2     | 4 1/8                   | 3/8   | 130.0         |  |  |
| 4 8V 1900 F  | 19.00    | 18.80   | A-3  | F    | 3 3/16                  | 3/16 | 1 1/8 | 3 3/8                   | 1 1/8 | 105.0         | 5 8V 1900 J  | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8   | 2     | 4 1/8                   | 3/8   | 135.0         |  |  |
| 4 8V 2000 J  | 20.00    | 19.80   | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 4 1/8                   | 3/8   | 141.0         | 5 8V 2000 J  | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8   | 2     | 4 1/8                   | 3/8   | 152.0         |  |  |
| 4 8V 2120 J  | 21.20    | 21.00   | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 4 1/8                   | 3/8   | 150.0         | 5 8V 2120 J  | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8   | 2     | 4 1/8                   | 3/8   | 153.0         |  |  |
| 4 8V 2240 J  | 22.40    | 22.20   | A-3  | J    | 4 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 4 1/8                   | 3/8   | 177.0         | 5 8V 2240 M  | B-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 223.0         |  |  |
| 4 8V 2480 M  | 24.80    | 24.60   | C-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 223.0         | 5 8V 2480 M  | B-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 234.0         |  |  |
| 4 8V 3000 M  | 30.00    | 29.80   | C-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 285.0         | 5 8V 3000 M  | B-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 294.0         |  |  |
| 4 8V 3550 M  | 35.50    | 35.30   | C-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 305.0         | 5 8V 3550 M  | B-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 325.0         |  |  |
| 4 8V 4000 M  | 40.00    | 39.80   | C-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 355.0         | 5 8V 4000 M  | B-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 430.0         |  |  |
| 4 8V 4450 M  | 44.50    | 44.30   | C-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 369.0         | 5 8V 4450 N  | C-3  | N    | 6                       | 3/8   | 3/8   | 8 1/8                   | 1 1/8 | 485.0         |  |  |
| 4 8V 5300 M  | 53.00    | 52.80   | C-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8  | 1 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 478.0         | 5 8V 5300 N  | C-3  | N    | 6                       | 3/8   | 3/8   | 8 1/8                   | 1 1/8 | 672.0         |  |  |

Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 6 Ranuras    |          |         |      |      |                         |       |       |                         |       |               | 8 Ranuras    |      |      |                         |       |       |                         |       |               |  |  |
|--------------|----------|---------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|---------------|--------------|------|------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|---------------|--|--|
| F = 7 1/8    |          |         |      |      |                         |       |       |                         |       |               | F = 9 1/8    |      |      |                         |       |       |                         |       |               |  |  |
| No. de Parte | Diametro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E     | K     | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E     | K     | Largo Total del Barreno | M     | Peso sin Buje |  |  |
|              | DE       | Paso 8V |      |      |                         |       |       |                         |       |               |              |      |      |                         |       |       |                         |       |               |  |  |
| 6 8V 1250 F  | 12.50    | 12.30   | A-1  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 2 1/8 | 86.0          | 8 8V 1250 J  | A-1  | J    | 4 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 4 1/8                   | 2 1/8 | 108.0         |  |  |
| 6 8V 1320 F  | 13.20    | 13.00   | A-1  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 2 1/8 | 94.0          | 8 8V 1320 J  | A-1  | J    | 4 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 4 1/8                   | 2 1/8 | 118.0         |  |  |
| 6 8V 1400 F  | 14.00    | 13.80   | A-1  | F    | 3 3/16                  | 1 1/8 | 2 1/8 | 3 3/8                   | 2 1/8 | 108.0         | 8 8V 1400 J  | A-1  | J    | 4 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 4 1/8                   | 2 1/8 | 131.0         |  |  |
| 6 8V 1500 J  | 15.00    | 14.80   | A-1  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 4 1/8                   | 1 1/8 | 138.0         | 8 8V 1500 J  | A-1  | J    | 4 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 4 1/8                   | 2 1/8 | 151.0         |  |  |
| 6 8V 1600 J  | 16.00    | 15.80   | A-1  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 4 1/8                   | 1 1/8 | 142.0         | 8 8V 1600 J  | A-1  | J    | 4 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 4 1/8                   | 2 1/8 | 155.0         |  |  |
| 6 8V 1700 J  | 17.00    | 16.80   | A-2  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 4 1/8                   | 1 1/8 | 144.0         | 8 8V 1700 M  | A-2  | M    | 5 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 188.0         |  |  |
| 6 8V 1800 J  | 18.00    | 17.80   | A-2  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 4 1/8                   | 1 1/8 | 160.0         | 8 8V 1800 M  | A-2  | M    | 5 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 202.0         |  |  |
| 6 8V 1900 J  | 19.00    | 18.80   | A-2  | J    | 4 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 4 1/8                   | 1 1/8 | 172.0         | 8 8V 1900 M  | A-2  | M    | 5 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 221.0         |  |  |
| 6 8V 2000 M  | 20.00    | 19.80   | B-2  | M    | 5 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 204.0         | 8 8V 2000 M  | A-2  | M    | 5 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 236.0         |  |  |
| 6 8V 2120 M  | 21.20    | 21.00   | B-2  | M    | 5 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 226.0         | 8 8V 2120 M  | A-2  | M    | 5 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 267.0         |  |  |
| 6 8V 2240 M  | 22.40    | 22.20   | B-3  | M    | 5 1/8                   | 1 1/8 | 2 1/8 | 6 1/8                   | 1 1/8 | 235.0         | 8 8V 2240 M  | A-3  | M    | 5 1/8                   | 2 1/8 | 3 3/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 284.0         |  |  |
| 6 8V 2480 M  | 24.80    | 24.60   | B-3  | M    | 5 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 246.0         | 8 8V 2480 N  | A-2  | N    | 6                       | 3/8   | 2 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 418.0         |  |  |
| 6 8V 3000 M  | 30.00    | 29.80   | B-3  | M    | 6                       | 3/8   | 1 1/8 | 6 1/8                   | 3/8   | 306.0         | 8 8V 3000 N  | A-3  | N    | 6                       | 3/8   | 2 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 447.0         |  |  |
| 6 8V 3550 N  | 35.50    | 35.30   | C-3  | N    | 6                       | 3/8   | 1 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 466.0         | 8 8V 3550 N  | A-3  | N    | 6                       | 3/8   | 2 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 553.0         |  |  |
| 6 8V 4000 N  | 40.00    | 39.80   | C-3  | N    | 6                       | 3/8   | 1 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 548.0         | 8 8V 4000 N  | A-3  | N    | 6                       | 3/8   | 2 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 648.0         |  |  |
| 6 8V 4450 N  | 44.50    | 44.30   | C-3  | N    | 6                       | 3/8   | 1 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 590.0         | 8 8V 4450 P  | B-3  | P    | 6 1/8                   | 3/8   | 2 1/8 | 9 1/8                   | 3/8   | 679.0         |  |  |
| 6 8V 5300 N  | 53.00    | 52.80   | C-3  | N    | 6                       | 3/8   | 1 1/8 | 8 1/8                   | 3/8   | 658.0         | 8 8V 5300 P  | B-3  | P    | 6 1/8                   | 3/8   | 2 1/8 | 9 1/8                   | 3/8   | 946.0         |  |  |
| 6 8V 6300 P  | 63.00    | 62.80   | C-3  | P    | 6 1/8                   | 0     | 2     | 9 1/8                   | 1 1/8 | 860.0         | 8 8V 6300 P  | B-3  | P    | 6 1/8                   | 3/8   | 2 1/8 | 9 1/8                   | 3/8   | 1372.0        |  |  |
| 6 8V 7100 P  | 71.00    | 70.80   | B-3  | P    | 6 1/8                   | 0     | 2     | 9 1/8                   | 1 1/8 | 1272.0        | 8 8V 7100 W  | C-3  | W    | 8 1/8                   | 3/8   | 1 1/8 | 11 1/8                  | 3/8   | 1680.0        |  |  |

El peso no incluye el buje. En la página B-4 encontrará las dimensiones de los bujes.

# 8V Poleas QD de Alta Capacidad "Hi-Cap" en Existencia



Dimensiones en pulgadas, peso en libras

| 10 Ranuras   |          |         |      |      |                         |     |       |                         |        | 12 Ranuras    |              |      |      |                         |     |       |                         |        |               |
|--------------|----------|---------|------|------|-------------------------|-----|-------|-------------------------|--------|---------------|--------------|------|------|-------------------------|-----|-------|-------------------------|--------|---------------|
| F = 11%      |          |         |      |      |                         |     |       |                         |        | F = 14        |              |      |      |                         |     |       |                         |        |               |
| No. de Parte | Diametro |         | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E   | K     | Largo Total del Barreno | M      | Peso sin Buje | No. de Parte | Tipo | Buje | Barreno Máximo del Buje | E   | K     | Largo Total del Barreno | M      | Peso sin Buje |
|              | DE       | Paso 8V |      |      |                         |     |       |                         |        |               |              |      |      |                         |     |       |                         |        |               |
| 10 8V 1250 J | 12.50    | 12.30   | A-1  | J    | 4%                      | 2%  | 3%    | 4%                      | 4%     | 122.0         | 12 8V 1250 M | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 161.0         |
| 10 8V 1320 J | 13.20    | 13.00   | A-1  | J    | 4%                      | 2%  | 3%    | 4%                      | 4%     | 140.0         | 12 8V 1320 M | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 185.0         |
| 10 8V 1400 J | 14.00    | 13.80   | A-1  | J    | 4%                      | 2%  | 3%    | 4%                      | 4%     | 152.0         | 12 8V 1400 M | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 211.0         |
| 10 8V 1500 M | 15.00    | 14.80   | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 212.0         | 12 8V 1500 M | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 234.0         |
| 10 8V 1600 M | 16.00    | 15.80   | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 219.0         | 12 8V 1600 M | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 285.0         |
| 10 8V 1700 M | 17.00    | 16.80   | A-2  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 228.0         | 12 8V 1700 M | A-1  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 324.0         |
| 10 8V 1800 M | 18.00    | 17.80   | A-2  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 236.0         | 12 8V 1800 M | A-2  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 4%     | 330.0         |
| 10 8V 1900 M | 19.00    | 18.80   | A-2  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 260.0         | 12 8V 1900 N | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 5 1/4  | 338.0         |
| 10 8V 2000 M | 20.00    | 19.80   | A-2  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 280.0         | 12 8V 2000 N | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 5 1/4  | 365.0         |
| 10 8V 2120 M | 21.20    | 21.00   | A-2  | M    | 5%                      | 2%  | 3%    | 6%                      | 2%     | 298.0         | 12 8V 2120 N | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 5 1/4  | 382.0         |
| 10 8V 2240 N | 22.40    | 22.20   | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 3      | 366.0         | 12 8V 2240 N | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 5 1/4  | 399.0         |
| 10 8V 2480 N | 24.80    | 24.60   | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 3      | 454.0         | 12 8V 2480 N | A-2  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 5 1/4  | 454.0         |
| 10 8V 3000 N | 30.00    | 29.80   | A-3  | N    | 6                       | 1/2 | 2 1/4 | 8                       | 3      | 468.0         | 12 8V 3000 P | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 3      | 605.0         |
| 10 8V 3550 P | 35.50    | 35.30   | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 1%     | 784.0         | 12 8V 3550 P | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 3      | 706.0         |
| 10 8V 4000 P | 40.00    | 39.80   | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 1%     | 826.0         | 12 8V 4000 P | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 3      | 766.0         |
| 10 8V 4450 P | 44.50    | 44.30   | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 1%     | 996.0         | 12 8V 4450 P | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 3      | 910.0         |
| 10 8V 5300 P | 53.00    | 52.80   | A-3  | P    | 6%                      | 1%  | 2     | 9                       | 1%     | 1010.0        | 12 8V 5300 W | A-3  | W    | 8%                      | 2%  | 11    | 2                       | 1333.0 |               |
| 10 8V 6300 W | 63.00    | 62.80   | A-3  | W    | 8%                      | 2%  | 11    | 0                       | 1443.0 | 12 8V 6300 W  | A-3          | W    | 8%   | 2%                      | 11  | 2     | 1777.0                  |        |               |
| 10 8V 7100 W | 71.00    | 70.80   | A-3  | W    | 8%                      | 2%  | 11    | 0                       | 1842.0 | 12 8V 7100 W  | A-3          | W    | 8%   | 2%                      | 11  | 2     | 2002.0                  |        |               |

\* Las dimensiones E y M son nominales, pueden variar dependiendo de las tolerancias en los ejes. Las poleas tipo E están barrenadas para montaje reverso.



## Selección de Transmisión de Poleas en Existencia

Para hacer la selección de una transmisión de Bandas en "V" siga las siguientes instrucciones:

### INFORMACIÓN NECESARIA PARA SELECCIONAR UNA TRANSMISIÓN DE BANDAS EN "V":

1. La potencia del motor (HP).
2. Las RPM de la unidad motriz.
3. Las RPM de la máquina impulsada.
4. La distancia entre centros de los ejes.
5. El diámetro de los ejes de las dos unidades.
6. El promedio diario de horas de operación.

| TABLA 1 — FACTORES DE SERVICIO   |  |  |  |   |   |                       |                 |                   |
|--|--|--|--|---|---|-----------------------|-----------------|-------------------|
| EL FACTOR DE SERVICIO CORRECTO ES DETERMINADO POR:   |  |  |  | SERVICIO INTERMITENTE — DE 1.0 A 1.5  |   |                       |                 |                   |
| 1. El grado y frecuencia de las cargas pico.<br>2. El número de horas de operación al año, divididas en un promedio de horas al día de servicio continuo.<br>3. La categoría adecuada de servicio, (intermitente, normal o continuo). Seleccione aquella que más se aproxime a las condiciones de su aplicación.   |  |  |  | a. Trabajo Ligero — No más de 6 horas al día.<br>b. No debe exceder la carga promedio.  |   |                       |                 |                   |
|  |  |  |  | SERVICIO NORMAL — DE 1.1 A 1.6<br>a. Servicio diario de 6 a 16 horas al día.<br>b. Donde las cargas de arranque o pico no excedan el 200% de la carga total.  |   |                       |                 |                   |
|  |  |  |  | SERVICIO CONTINUO — DE 1.2 A 1.8<br>a. Donde la carga de arranque o pico sea mayor en un 200% a la carga total o donde las cargas de arranque o pico y las sobrecargas ocurran frecuentemente.<br>b. Servicio continuo 16 a 24 horas. |   |                       |                 |                   |
| FACTORES DE SERVICIOS TÍPICOS  |  |  |  |   |   |                       |                 |                   |
| TIPOS DE MÁQUINAS DE TRANSMISIÓN   |  |  | TIPOS DE UNIDADES MOTRICES   |   |   |                       |                 |                   |
| Los tipos de máquinas impulsadas aquí listadas son solo una muestra representativa. Seleccione el equipo que se aproxime más a su aplicación.<br><b>SI SE UTILIZAN RUEDAS LOCAS, AÑADA LO SIGUIENTE AL FACTOR DE SERVICIO:</b><br>Rueda Loca en el lado suelto (adentro) Ninguno<br>Rueda Loca en el lado suelto (afuera) 0.1<br>Rueda Loca en el lado apretado (adentro) 0.1<br>Rueda Loca en el lado apretado (afuera) 0.2 |  |  | <b>MOTORES ELÉCTRICOS</b><br>AC Torque Normal<br>Jaula de Ardilla y Sincrono<br>AC Fase Dividida<br>DC Devanado en Derivación<br><b>Motors de Combustión Interna</b> |   | <b>MOTORES ELÉCTRICOS</b><br>AC Alto Torque<br>AC Hi-Fase Dividida<br>AC Repulsión-Inducción<br>AC Monofásico<br>Devanado en Serie<br>AC Anillo de Deslizamiento<br>DC Devanado Compuesto |                       |                 |                   |
|  |  |  | SERVICIO INTERMITENTE  | SERVICIO NORMAL   | SERVICIO CONTINUO   | SERVICIO INTERMITENTE | SERVICIO NORMAL | SERVICIO CONTINUO |
| Agitadores para Líquidos<br>Sopladores y Aspiradoras<br>Bombas centrífugas y Compresoras<br>Ventiladores hasta 10 HP<br>Transportadores de Trabajo Ligero  |  |  | 1.0  | 1.1   | 1.2   | 1.1                   | 1.2             | 1.3               |
| Transportadores de Banda para arena, grano, etc.<br>Amasadora<br>Ventiladores de más de 10 HP<br>Generadores<br>Ejes de Línea<br>Máquinas de Lavandería<br>Máquinas-Herramientas<br>Taladros, Prensa, Cortadores<br>Máquinas de Imprenta<br>Bombas Rotatorias de Desplazamiento Positivo<br>Cribas Giratorias y Vibratorias  |  |  | 1.1  | 1.2   | 1.3   | 1.2                   | 1.3             | 1.4               |
| Máquinas para Ladrillos<br>Elevadores de Cangilones<br>Excitadores<br>Compresores de Pistones<br>Transportadores (Rastras, Helicoidales, Tabillas)<br>Molinos de Martillos<br>Hidropulser<br>Bombas de Pistones<br>Sopladores de Desplazamiento Positivo<br>Pulverizadores<br>Máquinas para Madera y Sierras<br>Maquinaria Textil  |  |  | 1.2  | 1.3   | 1.4   | 1.4                   | 1.5             | 1.6               |
| Quebradoras (Giratorias-Mordaza-Rodillos)<br>Molinos (Bolas, Rodillos)<br>Grúas<br>Calandrias de hule — Extrusoras — Molinos   |  |  | 1.3  | 1.4   | 1.5   | 1.5                   | 1.6             | 1.6               |
| Equipo con Ahogador  |  |  | 2.0  | 2.0   | 2.0   | 2.0                   | 2.0             | 2.0               |

PARA UNA BUENA SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN, UTILICE EL FACTOR DE SERVICIO CONTINUO.

D-43

# Selección de Transmisión de Poleas en Existencia



## EJEMPLO

1. La unidad motriz es un motor eléctrico de torque normal de 5 HP.
2. La velocidad de la unidad motriz es de 1750 RPM.
3. La unidad impulsada es un reductor de velocidad para un transportador helicoidal *Martin* que debe tener 800 RPM en el eje de alta velocidad.
4. La distancia entre centros debe ser de 20".
5. El diámetro del eje motriz es de 1" y el diámetro del eje impulsado es también de 1".
6. El transportador operará de 18 a 20 horas al día.

TABLA 2 — Tabla de Selección para Bandas de Alta Capacidad

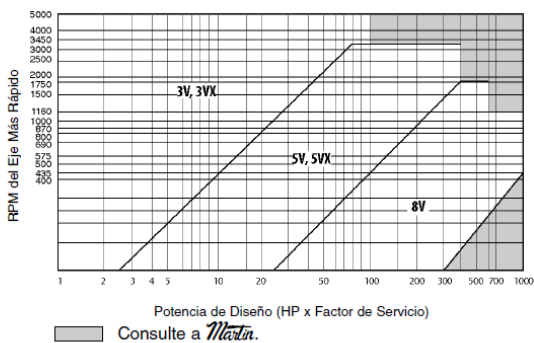


TABLA 3 — Bandas Convencionales

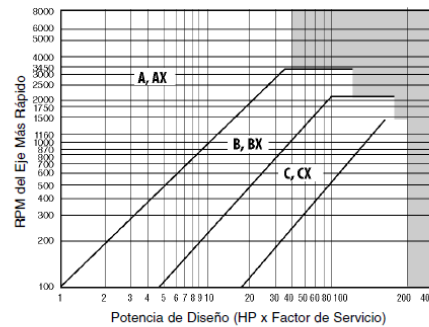


TABLA 4 — Diámetro Mínimo Recomendado para la Polea del Motor Eléctrico.

| POTENCIA DEL MOTOR HP | RPM DEL MOTOR |       |       |       |       |       |
|-----------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | 575           | 695   | 870   | 1160  | 1750  | 3450  |
| .50                   | 2.50          | 2.50  | 2.50  | —     | —     | —     |
| .75                   | 3.00          | 2.50  | 2.50  | 2.50  | —     | —     |
| 1.00                  | 3.00          | 3.00  | 2.50  | 2.50  | 2.25  | —     |
| 1.50                  | 3.00          | 3.00  | 3.00  | 2.50  | 2.50  | 2.25  |
| 2.00                  | 3.75          | 3.00  | 3.00  | 2.50  | 2.50  | 2.50  |
| 3.00                  | 4.50          | 3.75  | 3.00  | 3.00  | 2.50  | 2.50  |
| 5.00                  | 4.50          | 4.50  | 3.75  | 3.00  | 3.00  | 2.50  |
| 7.50                  | 4.25          | 4.50  | 4.50  | 3.75  | 3.00  | 3.00  |
| 10.00                 | 6.00          | 5.25  | 4.50  | 4.50  | 3.75  | 3.00  |
| 15.00                 | 6.75          | 6.00  | 5.25  | 4.50  | 4.50  | 3.75  |
| 20.00                 | 8.25          | 6.75  | 6.00  | 5.25  | 4.50  | 4.50  |
| 25.00                 | 9.00          | 8.25  | 6.75  | 6.00  | 4.50  | 4.50* |
| 30.00                 | 10.00         | 9.00  | 6.75  | 6.75  | 5.25  | —     |
| 40.00                 | 10.00         | 10.00 | 8.25  | 6.75  | 6.00  | —     |
| 50.00                 | 11.00         | 10.00 | 9.00  | 8.25  | 6.75  | —     |
| 60.00                 | 12.00         | 11.00 | 10.00 | 9.00  | 7.50  | —     |
| 75.00                 | 14.00         | 13.00 | 10.00 | 10.00 | 9.00  | —     |
| 100.00                | 18.00         | 15.00 | 13.00 | 13.00 | 10.00 | —     |
| 125.00                | 20.00         | 18.00 | 15.00 | 13.00 | 11.00 | —     |
| 150.00                | 22.00         | 20.00 | 18.00 | 13.00 | —     | —     |
| 200.00                | 22.00         | 22.00 | 22.00 | —     | —     | —     |
| 250.00                | 22.00         | —     | —     | —     | —     | —     |
| 300.00                | 27.00         | —     | —     | —     | —     | —     |

\*NOTA: Los datos indicados sobre la línea han sido sugeridos en la norma MG 1-3.16 y MG 1-3.16A de NEMA (Nacional Electric Manufacturers Association). Los datos indicados debajo de la línea es información recopilada por la EEM (Electric Motors Manufacturers). En ambos casos los valores son conservadores ya que algunos motores y rodamientos pueden permitir el uso de poleas de menor diámetro. Consulte al fabricante del motor.

## PRECAUCIÓN

NO UTILICE POLEAS EN EXISTENCIA EN EQUIPOS COMO DESCORTEZADORAS, ASTILLADORAS, QUEBRADORAS O EQUIPOS SUJETOS A CARGAS DE IMPACTO SEVERO. CONSULTE A *Martin* PARA ESTAS APLICACIONES.



# Selección de Transmisión de Poleas en Existencia

### EJEMPLO

Se requiere mover un ventilador a 315 RPM utilizando un motor eléctrico de torque normal, jaula de ardilla de 25 HP y 1160 RPM. La distancia entre centros de ejes debe ser de aproximadamente 40". El diámetro del eje del motor es de 2 1/2" y del ventilador es de 2 3/4". El ventilador operará 15 horas diarias con carga constante.

- 1. Potencia del motor . . . . . 25 HP
- 2. RPM de la Unidad Motriz . . . . . 1160 RPM
- 3. RPM de la máquina Impulsada . . . . . 315 RPM
- 4. Distancia entre Centros Aproximada . . . . . 40"

**PASO 1 DETERMINE LA POTENCIA DE DISEÑO (HP)**  
 De la tabla 1 el Factor de Servicio es 1.2.  
 Potencia de Diseño (HP) = Potencia del Motor x Factor de Servicio.  
 Potencia de Diseño (HP) = 25 HP x 1.2 = 30 HP.

**PASO 2 DETERMINE LA SECCIÓN DE LA BANDA**  
 De la Tabla 3 la sección es "B".

**PASO 3 REVISE EL DIÁMETRO MÍNIMO DE POLEA MOTRIZ**  
 De la Tabla 4 el diámetro mínimo es 6.75".

**PASO 4 SELECCIONE LA TRANSMISIÓN**  
 De las Tablas de Selección de Transmisión en Existencia para Bandas "B":  
 RPM de la Unidad Motriz = 1160 RPM.  
 RPM de la Máquina Impulsada = 315 RPM.  
 HP por banda = 8.19 HP/banda.  
 Combinación de poleas:  
 (Revise el Diámetro Mínimo).  
 Polea Motriz = 6.8" ( 6.75" mínimo).  
 Polea impulsada = 25".  
 Distancia entre centros = 38.9" con una banda B128.

**NOTA: LOS EQUIPOS QUE ESTEN SUJETOS A CARGAS DE IMPACTO PESADO COMO QUEBRADORAS O ASTILLADORAS DE MADERA REQUIEREN POLEAS DE CONSTRUCCION ESPECIAL.**

EN ESTOS CASOS CONSULTE A *Martin*.

**ADVERTENCIA: Consulte a *Martin* antes de usar Bandas de Kevlar.**

Potencia Corregida por banda = Potencia por banda x Factor de Corrección por Longitud y Arco = 8.19 HP/banda x 1.06 = 8.68 HP por banda.

Determine el Número de Bandas Requerido dividiendo la Potencia de Diseño entre la Potencia Corregida por banda.

No. de bandas = 30 HP/ 8.68 HP/ banda = 3.45 bandas. Utilice 4 bandas.

- Solicite a *Martin*:
- (1) 4 B 68 TB (Polea Motriz).
  - (1) 2517 2 1/2 (Buje).
  - (1) 4 B 250 TB (Polea Impulsada).
  - (1) 3030 2 3/4 (Buje).

(La decisión de utilizar bujes Taper fue arbitraria.)