

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSE MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MÁQUINA DE
CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO MODELO TDC – 510 DEL
LABORATORIO DE UTFSM – SEDE VIÑA DEL MAR**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico universitario en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumnos:
Sr. Nicolas Kai Miranda Bustos
Sr: Matías Felipe Rojas Ábalos

Profesor Guía:
Ing. Claudio Bahamondes Riquelme

RESUMEN

En el siguiente de documento de propuesta de plan de mantenimiento para máquina de control numérico computarizado modelo TDC-510 del laboratorio de UTFSM, sede Viña del mar, con el objetivo de poder asegurar la continuidad operacional de un centro de perforado en la institución educacional.

Se establecen el objetivo general y los objetivos específicos de la propuesta con la clara intención de cumplirlos a medida que se desarrolla el trabajo.

Se recopila la información de la institución educacional, donde se ubica y que función cumple dentro de esta el equipo en cuestión. Se describe el equipo, su funcionamiento y sus componentes principales, además de las problemáticas que se presentan.

Se describió el estado actual del equipo detallando los componentes que estaban en mal estado, además de la realización de un FMEA, para identificar las acciones previas para el plan de mantenimiento.

Se identificaron la causa de las fallas del equipo mediante un análisis 5 “porque”, y se realizó el plan de mantenimiento del equipo, poniendo especial énfasis en mantener en perfecto estado los rodamientos, el aceite lubricante y el refrigerante

ÍNDICE

RESUMEN	3
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO 1: PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA MÁQUINA CNC- 510	11
OBJETIVOS	13
1. ANTECEDENTES GENERALES	14
1.1. LA UNIVERSIDAD	14
1.1.1. RESEÑA HISTÓRICA	14
1.1.2. MISIÓN	15
1.1.3. VISIÓN	15
1.1.4. VALORES	15
1.1.5. UBICACIÓN	16
1.1.6. UBICACIÓN DEL TALLER DE MÁQUINAS DE CONTROL COMPUTARIZADO	17
1.1.7. TALLER DE MÁQUINAS DE CONTROL COMPUTARIZADO	18
1.1.8. DESCRIPCIÓN DEL TALLER	18
1.2. SELECCIÓN DE EQUIPO	18
1.3. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SU ESTRUCTURA INTERNA	19
1.3.1. FUNCIONAMIENTO	20
1.3.1.1. Control de movimiento	20
1.3.1.2. Accesorios programables	21
1.3.1.3. Programa CNC	21
1.3.1.4. Controlador CNC	23
1.3.2. PRINCIPALES COMPONENTES DEL CENTRO DE PERFORADO	23
1.3.2.1. Cabezal:	23
1.3.2.2. Mesa:	23
1.3.2.3. Panel CNC:	24
1.3.2.4. Servomotor:	25
1.3.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINA LEADWELL TDC-510	26
1.4. PROBLEMÁTICA	27
1.4.1. INCORRECTA LUBRICACIÓN EN MAQUINA CNC LEADWELL 510	27
1.4.2. INEXISTENCIA DE PLAN DE MANTENIMIENTO	27
1.4.3. COMPONENTES DEL EQUIPO EN MAL ESTADO	27
1.4.4. FALTA DE EXPERIENCIA DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	27
2. FALLAS DE LA MAQUINA LEADWELL TDC-510	31

2.1.	ANÁLISIS FMEA	31
2.1.1.	DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DE DISEÑO	31
2.1.2.	ANÁLISIS SIPOC	32
2.1.3.	TABLA DE FALLAS FUNCIONALES, MODOS DE FALLAS Y EFECTOS DE FALLA.	33
2.2.	ANÁLISIS DE LA MÁQUINA	34
2.2.1.	LUBRICACIÓN	34
2.2.1.1.	Reducción de fricción y desgaste:	34
2.2.1.2.	Control de temperatura:	34
2.2.1.3.	Control de contaminación:	34
2.2.1.4.	Prevenir ataque químico:	35
2.2.1.5.	Transmitir energía:	35
2.2.1.6.	Mineral:	35
2.2.1.7.	Semisintético:	35
2.2.1.8.	Sintético:	35
2.2.2.	CONTEO DE PARTÍCULAS	35
2.2.2.1.	Norma ISO:	36
2.2.2.2.	Mediciones	37
2.2.2.3.	Resultados obtenidos	38
2.2.3.	FILTRO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN	39
2.2.3.1.	Características técnicas de los Filtros de Maquina CNC	41
2.2.4.	COMPRESOR DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL HUSILLO	42
2.2.5.	RODAMIENTO	43
2.2.5.1.	Proceso de selección de un rodamiento	44
2.2.5.2.	Partes de un rodamiento	44
2.2.5.3.	Tipos de rodamiento	45
2.2.5.4.	Rodamientos en montados	47
2.2.5.5.	Rodamientos 1: Rígido de bolas	47
2.2.5.6.	Rodamientos 2: contacto angular de bolas	48
2.2.5.7.	Vida útil	49
2.2.5.8.	Vida útil Rodamientos 1	50
2.2.5.9.	Vida útil Rodamientos 2	50
2.2.5.10.	Estado de rodamientos	51
2.2.6.	REFRIGERANTE	53
2.2.6.1.	Tipos de disoluciones para el refrigerante:	53
2.2.6.2.	Refrigerante utilizado	54
2.2.7.	REFRACTOMETRO	55
2.2.7.1.	Medición:	56

3.	PLAN DE MANTENIMIENTO	60
3.1.	MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	60
3.1.1.	TIPOS DE MANTENIMIENTO	60
3.1.1.1.	Mantenimiento correctivo:	60
3.1.1.2.	Mantenimiento preventivo:	60
3.1.1.3.	Mantenimiento predictivo:	61
3.1.1.4.	Mantenimiento proactivo:	61
3.1.2.	HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	61
3.2.	EVALUACIÓN DE LAS FALLAS	62
3.2.1.	ANÁLISIS DE LOS 5 POR QUE	62
3.2.1.1.	Rodamientos	62
3.2.1.2.	Rodamientos:	63
3.2.1.3.	Análisis 5 por qué Rodamientos	64
3.2.1.4.	Aceite lubricante	64
3.2.1.5.	Análisis 5 por qué. Aceite lubricante	65
3.2.1.6.	Refrigerante	65
3.2.1.7.	Análisis 5 por qué. Refrigerante	66
3.3.	PLANILLAS DE TRABAJO PARA LA MANTENCION DE LA MÁQUINA CNC LEADWELL TDC 510	67
3.3.1.	PLANILLA DE TRABAJO PARA CONTEO DE PARTICULAS:	67
3.3.2.	PLANILLA DE TRABAJO PARA LA MEDICION DEL REFRACTOMETRO	68
3.3.3.	PLANILLA DE TRABAJO PARA CAMBIOS DE LOS RODAMIENTOS EN EL HUSILLO	69
3.4.	COSTOS DE PLAN DE MANTENCIÓN PARA MÁQUINA CNC LEADWELL TDC-510	70
3.4.1.	TIEMPO ASOCIADO A LA MANTENCIÓN DE LA MAQUINA CNC LEADWELL – 510	70
3.4.2.	COSTOS TOTALES Y PRECIO CON Y SIN IVA (19%)	71
3.4.3.	BENEFICIOS DE LA MANTENCION PARA LA MAQUINA CNC LEADWELL-510	72

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

1. Siglas

Amp: Amperaje.

Min: Mínimo

Max: Máximo

ASTM: American Society for Testing and Materials.

De: Diámetro exterior.

Di: Diámetro interior.

E: Espesor.

UF: Unidad de fomento.

IVA: Impuesto al valor agregado.

2. Simbología

mm: Milímetro.

Kg: Kilogramo.

rpm: Revoluciones por minuto.

N*m: Newton*metro.

m/min: Metros/Minutos.

in: pulgada.

lb: Libras.

seg: Segundos.

Kw: Kilowatts.

Hp: Horse power (Caballos de fuerza).

Kva: Kilo volts amper.

Mpa: Mega pascal.

Psi: Pounds per Square Inch (Libras por pulgada cuadrada).

L/min: Litros/minutos.

Kgf: Kilogramos fuerza.

m²: Metros cuadrados.

µm: Micrómetro.

cm³: Centímetros cúbicos.

cSt: Centistokes

KN: Kilo newton

INTRODUCCIÓN

Actualmente la necesidad de las industrias es asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así mismo mantener la máxima disponibilidad de estos, ha originado una significativa evolución del mantenimiento industrial en las últimas décadas. El mantenimiento agrupa una serie de actividades, cuya ejecución permite lograr un mayor grado de confiabilidad en los equipos, logrando prevenir la suspensión de actividades laborales por imprevistos. En efecto, si no se lleva a cabo estos procesos de mejora y de control, será difícil obtener óptimos resultados para un proceso de producción.

Pese, a lo expuesto anteriormente., aún existe la mirada de algunos gestores de mantenimiento, que dedican tiempo y recursos al mantenimiento correctivo, en vez de enfocarse en el mantenimiento predictivo o preventivo, ya que estos ayudan a anticipar fallas que podrían poner en riesgo la productividad de la industria y la integridad física de los trabajadores, siendo estos últimos, vistos como un valor añadido innecesario.

Los conceptos de mantenimiento correctivo y preventivo forman parte del día a día, no debemos olvidar que el mantenimiento, no sólo debe estar enfocado a las máquinas, si no también, los trabajadores que las operan deben ser concientizados en mantener en buenas condiciones los equipos, herramientas, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y por ende prevención de accidentes, minimizando los gastos generados por fallas o incidentes.

A continuación, en este trabajo se darán a conocer el proceso de mantenimiento preventivo y predictivo a una máquina de control numérico computarizado (CNC) modelo LEADWEL TDC 510, de la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del Mar , por diversas fallas ocurridas en este equipo, ha sido el objeto de este estudio, realizando un análisis exhaustivo , que ha permitido detectar y evidenciar, mediante cálculos, controles e intervenciones, la clara falta de mantenimiento preventivo a este equipo de alta precisión.

Frente a la detección de la problemática en esta máquina de control numérico computarizado, se elaborará un plan de mantenimiento predictivo, basado en las fallas detectadas durante el estudio y periodicidad que se ha presentado, a fin de lograr un plan de mejoramiento efectivo para el mantenimiento preventivo de la máquina de estudio.

CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA MÁQUINA CNC- 510

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proponer plan de mantenimiento, a centro de mecanizado vertical TDC-510, mediante herramientas de gestión del mantenimiento, asegurando su continuidad operacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Recopilar información y características técnicas de la máquina, por medio de manuales técnicos, para el desarrollo del trabajo de título.

-Realizar un FMEA, en base a las experiencias operacionales y las respectivas recomendaciones del fabricante para determinar las acciones de mantenimiento.

-Proponer plan de mantenimiento, mediante técnicas de mantenimiento, para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

1. **ANTECEDENTES GENERALES**

Este trabajo de titulo se va a desarrollar en el Taller de Máquinas de Control Numérico de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar - José Miguel Carrera.

1.1. **LA UNIVERSIDAD**

La Universidad técnica Federico Santa María, es una universidad tradicional privada miembro del consejo de rectores. Su casa central se encuentra en la ciudad de Valparaíso, y además posee dos sedes Concepción y Viña del mar, tres campus San Joaquín, Vitacura (ambos en la ciudad de Santiago), y una oficina en Rancagua

El sello característico de esta universidad es formar profesionales del más alto nivel laboral, actualmente cuenta con cerca de doce mil estudiantes divididos entre alumnos diurnos, verperminos, postgrados, pregrados y cursos postítulos.

Las áreas de investigación que desarrolla la universidad se desarrollan en los diferentes temas como ingenierías: química, ambiental, en alimentos, telecomunicaciones y redes, entre otras áreas.



Fuente 1-1: <http://www.vinadelmar.usm.cl/universidad/>

Figura 1-1: Universidad técnica Federico Santa María, sede Viña del mar

1.1.1. **Reseña histórica**

La creación de la Universidad Técnica Federico Santa María fue el resultado de una reflexión adelantada para su tiempo. Una universidad volcada a lo propiamente técnico que no solo trazaba caminos de oportunidades para muchos jóvenes capaces, sino que se transformaría en un pilar fundamental para el desarrollo industrial de nuestro país.

Esta gran universidad es obra de dos grandes realizadores que se comprendieron y compenetraron perfectamente. Agustín Edwards McLarty fue un patriota amante de la cultura, fue en el en quien confió don federico para la realización de su gran y deseado proyecto.

En 1926 Josué Smith Solar y José Smith Miller fueron los arquitectos encargados de encabezar la construcción de esta tremenda universidad tras salir victoriosos de un concurso en donde participaron los seis mejores arquitectos del país.

1.1.2. Misión

Crear y difundir nuevo conocimiento, y formar integralmente profesionales idóneos en el ámbito científico - tecnológico, para liderar el desarrollo del país y la humanidad.

1.1.3. Visión

Ser un referente científico-tecnológico nacional e internacional, que, convocando a una comunidad universitaria de excelencia, estimule la difusión del conocimiento y la creación de valor, en todas sus áreas de trabajo, siendo reconocida como UNIVERSIDAD LIDER EN INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

1.1.4. Valores

La Universidad Técnica Federico Santa María responde a los principios emanados del legado de su benefactor, Don Federico Santa María Carrera, constituyendo un testimonio fiel de su altruista, visionaria y patriótica obra. Con esos preceptos, es una Institución comprometida fuertemente con el desarrollo del país, y con el apoyo al estudiante meritorio de escasos recursos.

Queremos una Universidad siempre mirando al futuro y apelando a la excelencia en cada una de las actividades referidas a su quehacer, estableciendo un compromiso de desarrollar docencia, investigación y extensión con altos niveles de calidad. Contribuyendo con la sociedad a través de un trabajo de excelencia en la formación de profesionales y creación de nuevo conocimiento; abordando los problemas del desarrollo sustentable, y asumiendo protagonismo en el terreno social, cultural y económico.

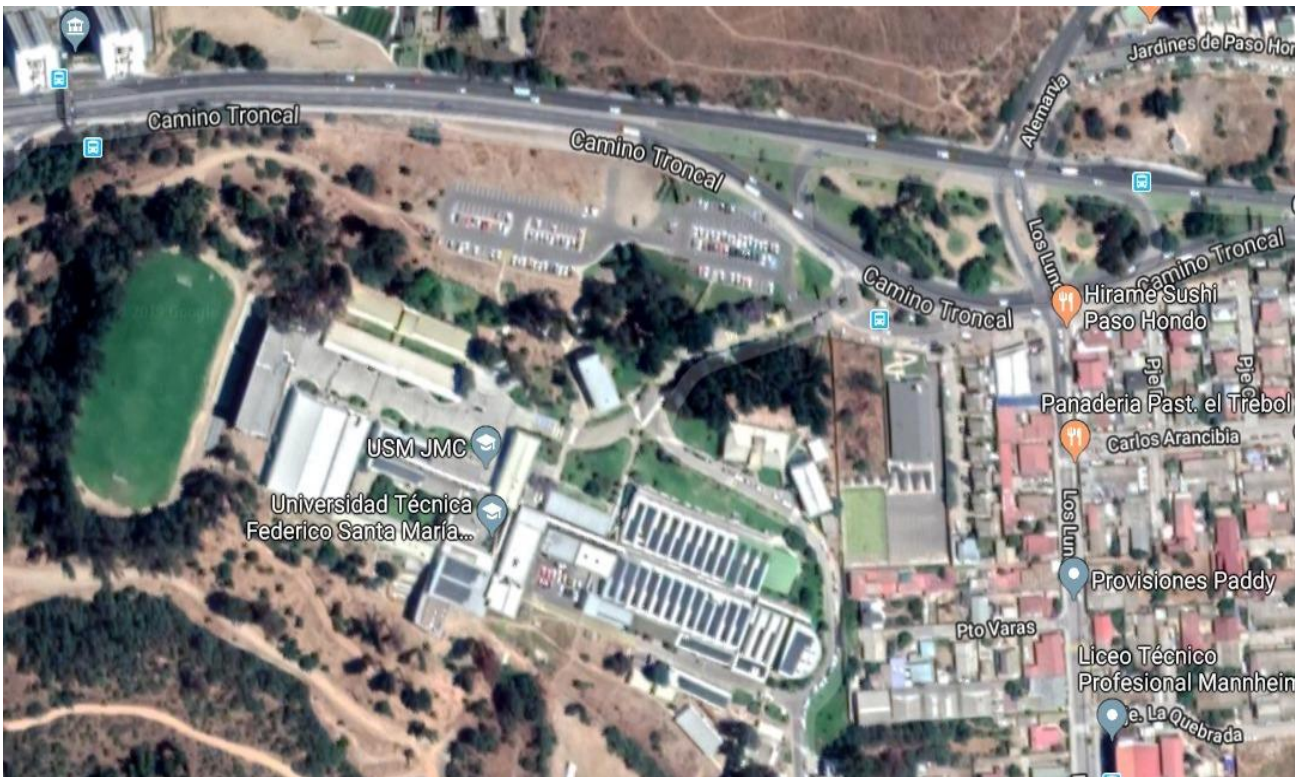
La Universidad es una Institución autónoma, en cuanto dispone de plena libertad para organizarse, determinar sus formas de gobierno, administrar su patrimonio, fijar sus planes y programas de trabajo y determinar sus reglamentos internos. El ejercicio de esta autonomía estará limitado únicamente por la Constitución y las leyes del país, y por el respeto a los demás principios que rigen la vida institucional.

La Universidad, en todas sus decisiones y regulaciones, tendrá en consideración la universalidad de las personas, sin desmerecer a ninguna de ellas.

La Universidad fomentará en todos sus alumnos la responsabilidad social con el objeto de formar profesionales solidarios.

1.1.5. Ubicación

La Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar – José Miguel Carrera está ubicada en Avenida Federico Santa María 6090, Viña del Mar

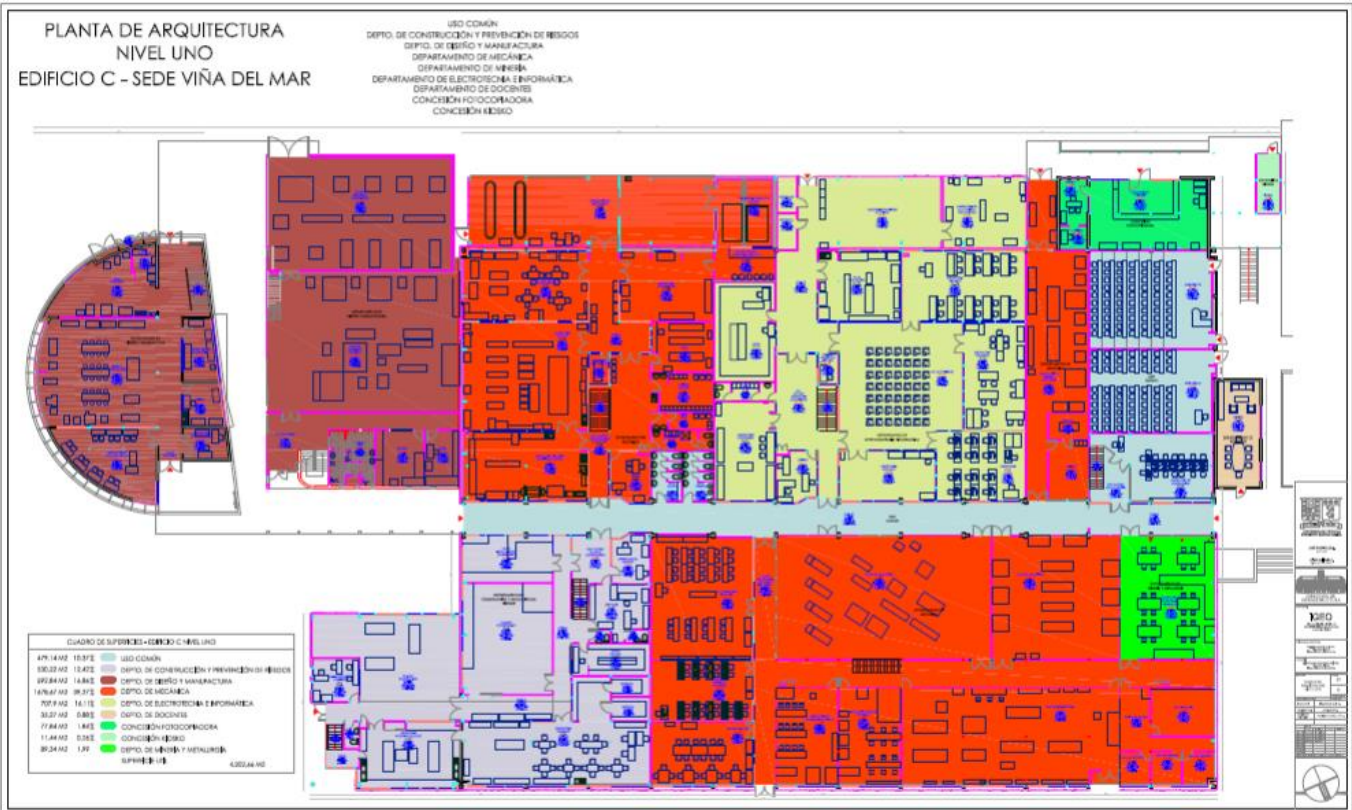


Fuente 1-2: Google Maps.

Figura 1-2, Vista aérea extraída desde Google Maps.

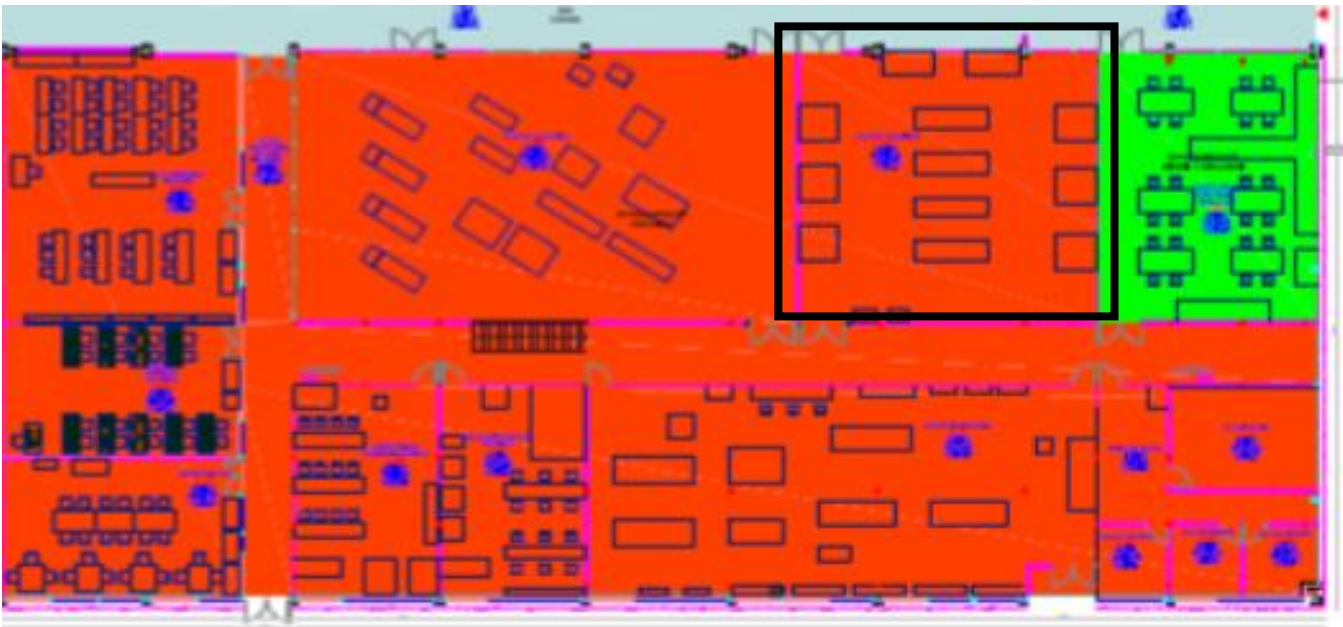
1.1.6. Ubicación del taller de máquinas de control computarizado

Este taller se ubica específicamente en la sala número 161 en el edificio C de la



Fuente 1-3: Departamento de arquitectura UTFSM

Figura 1-3: Plano UTFSM, Sede Viña del Mar, Primer piso Edificio C



Fuente 1-4: Departamento de Arquitectura

Figura 1-4: Plano UTFSM, Sede Viña del Mar, Primer Piso Talleres de máquinas de control numérico computarizado

1.1.7. Taller de máquinas de control computarizado

El taller de máquinas de control numérico está ubicado en el edificio C de la Sede, con el fin de entregarles conocimientos de cómo funcionan estos equipos a los estudiantes de las carreras del área de mecánica.

1.1.8. Descripción del taller

El taller de máquinas de control numérico está equipado con centros de perforados, fresadoras, torno e inyectoras, además de diferentes instrumentos de medición y accesorios de todas las maquinas mencionadas anteriormente.

Los equipos están completamente relacionados para la actividad de los docentes, los cuales se mencionarán a continuación:

Tipo de equipo	Marca	Modelo
Centro de perforado	Leadwell	TDC-510
Fresadora	Mustang	1000
Torno	Benedetto	1000
Torno	Leadwell	TC-500
Inyectora	Intertech Worldwide	60T

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-1: Tabla con las máquinas CNC del departamento de mecánica, UTFSM

1.2. SELECCIÓN DE EQUIPO

En esta ocasión se ocupará el equipo Centro Perforado TDC-510 para realizar un plan de mantenimiento, debido a que es una de las cinco máquinas que posee un alto funcionamiento por los alumnos de varias carreras y docentes de la universidad, cabe destacar que también según docentes de la universidad que operan la máquina, esta se encontraba con un sonido extraño en el husillo, por lo que posteriormente se analizara este anómalo sonido.

Tipo de equipo	Marca	Modelo
Centro de perforado	Leadwell	TDC-510

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-2: Tabla con el equipo seleccionado



Fuente: Elaboración propia



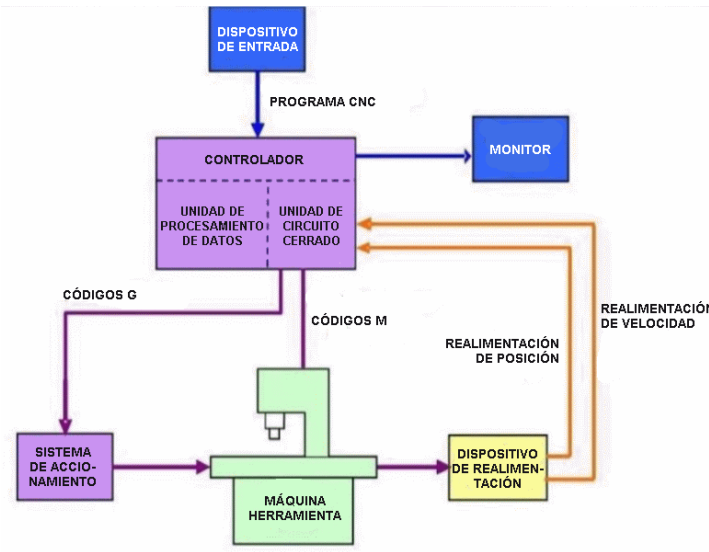
Fuente: Elaboración propia

Figuras 1-5 y 1-6: Imagen Máquina CNC Leadwell 510 UTFSM, Sede Viña del mar.

1.3. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y SU ESTRUCTURA INTERNA

Los centros de perforado CNC son máquinas utilizadas para realizar mecanizados. Su funcionamiento básico consiste en un arranque de viruta por parte de un elemento de corte. El control numérico tiene como fin brindarles más opciones de mecanizado al operador, que con un equipo convencional no se podría realizar ni tampoco a la misma velocidad.

1.3.1. Funcionamiento



Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com/wp-content/uploads/2015/11/diagrama-de-bloques-de-una-máquina-CNC-Figura-1.gif>

Figura 1-7: Imagen Funcionamiento Maquina CNC

A grandes rasgos el funcionamiento del centro de perforado consta en que el controlador de la maquina recibe señales de la computadora en forma de códigos G y M y mediante un software transforma las señales eléctricas, en señales mecánicas que serán activadas por el motor del equipo.

1.3.1.1. Control de movimiento

En este caso el equipo cuenta con tres ejes: X, Y y Z.
El control de movimiento se puede hacer de dos maneras:

Valores incrementables: Donde las coordenadas del punto de destino son de acuerdo con el punto actual. Se utilizan las variables W, que corresponden a la medida en dirección paralela al eje de giro del husillo y las variables U, que corresponden a la distancia radial.

Valores absolutos: Donde las coordenadas del punto de destino son de acuerdo con el punto de origen de coordenadas. Se utilizan las variables Z, que corresponden a la medida en dirección paralela al eje de giro del husillo y las variables X, que corresponden a la medida del diámetro final.

1.3.1.2. Accesorios programables

Refrigerante: En este caso el equipo cuenta con un sistema de refrigeración el cual puede ser desactivado durante el ciclo de trabajo del equipo.

Cambiador automático de herramientas: Durante el ciclo de trabajo del equipo, este puede ir cambiando las herramientas a utilizar automáticamente.

Velocidad y activación del husillo: El husillo del equipo tiene la capacidad de especificar el rpm que se quiera girar, si se quiere que gire en sentido horario y antihorario y además de poder detenerse.

1.3.1.3. Programa CNC

Este programa tiene por finalidad poder dar instrucciones al equipo para realizar el mecanizado de la pieza con códigos G (Generales) y códigos M (Misceláneas). Estandarizado en la norma ISO 6983.

Los códigos G o generales son para iniciar funciones de movimiento de la máquina y los códigos M o misceláneas es para dar instrucciones de mecanizado, pero que no corresponden a movimientos en si del equipo. Estos códigos pueden variar de equipo en equipo por los componentes que estos pueden tener, a continuación, se muestran los códigos más usados

CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frentado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com/wp-content/uploads/2015/11/Codigos-G-y-M-para-torno-CNC.png>

Tabla 1-3: Tabla con los códigos usados en las maquinas CNC convencionales.

1.3.1.4. Controlador CNC

Este componente acciona una secuencia de comandos, que a medida que se van leyendo se van activando las funciones mecánicas del equipo, por ejemplo, el movimiento de los ejes, el giro del husillo, entre otras.

1.3.2. Principales componentes del centro de perforado

1.3.2.1. Cabezal:

Parte de la máquina donde se ubican bastantes piezas funcionales, como, por ejemplo, se aloja las herramientas de corte, que realizan el mecanizado de la pieza, y también permite el desplazamiento en el eje Z de la máquina.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-8: Cabezal del centro de perforado LEADWELL TDC-5100, de la UTFSM sede Viña del mar

1.3.2.2. Mesa:

Parte de la máquina donde se ubica la pieza a mecanizar y se permite el desplazamiento de los ejes X e Y.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-9: Bancada del centro de perforado LEADWELL TDC-5100, de la UTFSM sede Viña del mar

1.3.2.3. Panel CNC:

Parte de la máquina de donde se digitan las órdenes del equipo, para controlar el movimiento de la mesa de la máquina y el husillo a lo largo de sus ejes mediante datos numéricos



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-10: Panel de control del centro de perforado LEADWELL TDC-5100, de la UTFSM sede Viña del ma

1.3.2.4. Servomotor:

Es un tipo de motor que permite controlar la posición del eje en el momento deseado. Está diseñado para moverse en diferentes grados o mantenerse fijo en una posición.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-11: Servomotor del centro de perforado LEADWELL TDC-5100, de la UTFSM sede Viña del mar

Conexión	Δ
Polos	4
Motor Input	110-216 V
Amp. Input	200-230 V
T° Ambiente	0-40°C
IP	54
Insulation class	H
Potencia	3,7 kW
Frecuencia	1500-8000 min
A(~) max.	27

Fuente: FANUC

Tabla 1-4: Características técnicas del servomotor del centro de perforado LEADWELL TDC-5100, de la UTFSM sede Viña del mar

1.3.3. Especificaciones técnicas de la maquina LEADWELL TDC-510

Especificaciones			
Capacidad	Valor		Unidad
Recorrido eje X	510		mm
Recorrido eje Y	350		mm
Recorrido eje Z	310	400	mm
Distancia desde la mesa delante hasta el extremo del husillo	150-460	150-550	mm
Distancia desde la columna frontal hasta el centro del husillo	370		mm
Mesa			
Dimensiones mesa	600x250		mm
Masa admisible de pieza de trabajo	250		kg
Configuración de la superficie de trabajo de la mesa.	18x125x3		mm
Altura desde el suelo hasta la mesa.	868		mm
Husillo	FANUC		
Velocidad Spindle	10000		rpm
Nariz del husillo (tamaño nominal, NO.)	7/24 Taper, NO.30		
Diámetro interior del rodamiento del husillo	45 (mm)		mm
Torsión del husillo cont.	47,7 (N*m)		N*m
Avance			
Velocidad de avance	48 (m/min)		m/min
Avance	10 (m/min)		m/min
A.T.C	Tipo de tambor	Tipo de brazo	
Vástago de la herramienta (tamaño nominal)	BT-30		
Botón de retención (tamaño nominal)	MAS-P30T-1		
Capacidad de almacenamiento de herramienta	12	20	
Max. Diámetro de la herramienta (con herramientas adyacentes)	75(3)	68(2,6)	mm(in)
Max. Diámetro de la herramienta (sin herramientas adyacentes)	100(3,9)		mm(in)
Max. masa de herramienta	3(6,6)		kg(lb)
Max. longitud de la herramienta	200(7,9)		mm(in)
Tiempo de cambio de herramienta (herramienta a herramienta)	1.5	0.87	seg
Tiempo de cambio de herramienta (chip a chip)	3	1,6	seg
Selección de herramientas	Aleatorio		
Motor	FANUC	Tipo de Motor	
Motor del husillo (30 min)	11(14,7)	a 8/8000i	KW(Hp)
Motor de alimentación eje X	1,6(2,1)	a 8/3000i	KW(Hp)
Motor de alimentación eje Y	3,0(4,0)	a 12/3000i	KW(Hp)
Motor de alimentación eje Z	3,0(4,0)	a 12/3000i	KW(Hp)
Motor Bomba Hidráulica	---		KW(Hp)
Motor bomba de lubricación	4		W
Motor de bomba del refrigerante	0,86(1,15)		KW(Hp)
Fuente de Energía	FANUC		
Suministro de energía eléctrica	25		KVA
Presión de aire comprimido	0,6(87)		Mpa(psi)
Caudal de aire comprimido	200		L/min
Capacidad del tanque			
Tanque de aceite hidráulico	---		L
Tanque de lubricante	2		L
Tanque de refrigerante	180		L
Tamaño de la maquina			
Altura de la maquina	2504(98,5)		mm(in)
Espacio del piso	1500x2724(59,1x107,2)		mm(in)
Masa de la maquina	3000(6610)		Kg(lb)
Diversos			
Precisión de posición	0,01/Full		mm
Repetibilidad	0,007/Full		mm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-5: Tabla con las especificaciones técnicas del del centro de perforado LEADWELL TDC-5100, de la UTFSM sede Viña del mar

1.4. **PROBLEMÁTICA**

1.4.1. Incorrecta lubricación en maquina CNC LEADWELL 510

Uno de los requisitos mínimos para que una máquina de cualquier tipo metalmecánico deba tener un correcto funcionamiento es la lubricación. Esta máquina se compró hace aproximadamente 20 años por lo que desde ese momento que no se ha cambiado el aceite, solo se ha rellenado, conteniendo aceite con años de servicio, el cual puede ser muy perjudicial para la máquina.

1.4.2. Inexistencia de plan de mantenimiento

La elaboración de un plan de mantenimiento para un equipo permite poder anticiparse o ver qué medidas tomar a la hora de presentarse una falla en el equipo. Este equipo no presenta plan de mantenimiento, por lo tanto, al momento de presentarse una falla el equipo se tenía que detener de manera inesperada, produciendo retraso al momento de poder usar estos equipos de manera educativa.

1.4.3. Componentes del equipo en mal estado

Se tuvo la posibilidad de experimentar con un profesional del mantenimiento en este tipo de máquinas, el despiece de una de las partes de la máquina y se pudo apreciar la falta de mantenimiento que permanece notorio en varias piezas, en donde se encontró corrosión y desgaste.

1.4.4. Falta de experiencia de mantenimiento del equipo

Lo esencial para que un equipo funcione óptimamente, es que sus operadores tengan conocimientos de mantenimiento. En este caso, los operadores tenían conocimientos casi nulos. Durante los 20 años donde esta máquina ha estado en funcionamiento, nunca se le hizo un mantenimiento correctivo, lo que puede derivar en una falla total de la maquina en cualquier tiempo.

CAPÍTULO 2: MANTENIMIENTO A MÁQUINA CNC TDC– 510

2. FALLAS DE LA MAQUINA LEADWELL TDC-510

2.1. ANÁLISIS FMEA

El análisis de modos de fallas y efectos FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), es un método para analizar y prevenir las posibles fallas que pueda tener un equipo, con el fin de identificar sus causas y efectos a fin de determinar sus acciones que se tomaran para inhibir las fallas.

Esta consta de tres partes importantes: Definición de la intención de diseño, Análisis SIPOC y Tabla de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla.

2.1.1. Definición de la intención de diseño

1) El Centro de mecanizado Leadwell TDC-510 tiene como función principal el poder realizar un mecanizado por medio de arranque de viruta, de forma continua o discontinua, en modo automático y con la menor intervención del operador, a excepción de programar la máquina.

Esta máquina es ocupada en la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del mar, con motivos educacionales. Por lo tanto, esta máquina no se usa con la demanda que podría tener en una industria metalmecánica. Cabe recalcar que esta máquina además no funciona a una rpm y carga fija. Además, está sujeta a sufrir diversos daños por el mal uso, debido a que las personas que lo ocupan son operadores que se encuentran en un proceso académico de aprendizaje.

El centro de perforado del taller de máquinas de control computarizado TDC-510 fue adquirido aproximadamente hace 20 años. Durante estas cantidades de año ha tenido un uso no determinado, puesto que es ocupado ocasionalmente por los alumnos, por lo tanto, su uso no ha sido el que se le da a un mismo equipo ocupado en la industria.

Durante todo su uso nunca se le ha realizado un mantenimiento general o específico de algún tipo, lo que podría derivar en una falla total del equipo no permitiendo realizar las actividades programadas para los alumnos.

A opinión de los profesores, el equipo hace ya tiempo, están escuchando sonidos fuera de lo común a la hora de girar el husillo de la máquina, lo cual es una clara señal que la maquina esta con daños (el cual quedara evidenciado en el desarme del husillo que se realizara más adelante).

2.1.2. Análisis SIPOC

S (proveedor): Universidad área mecánica.

I (Entrada): Pieza metálica a mecanizar.

P (proceso): Mecanizar la pieza metálica hasta lograr las dimensiones requeridas.

O (salida): Pieza mecanizada de acuerdo con las dimensiones requeridas.

C (cliente): Operadores en etapa de aprendizaje.

2.1.3. Tabla de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla.

Equipo	Funciones primarias	Falla funcional	Modos de falla	Efecto de falla
Centro de mecanizado Leadwell TDC 510	Mecanizar piezas metálicas mediante un arranque de viruta, para obtener las dimensiones requeridas	Husillo no gira a altas rpm (rpms sobre 1000)	Rodamientos en mal estado	Presencia de corrosión en rodamientos
				Dificultad de giro de rodamientos
				Ruido al girar el husillo
				Presencia de corrosión en la camisa del husillo
				Rodamientos funcionan a altas temperaturas de operación
		Guías estancadas en el eje X e Y y cabezal porta herramientas.	Mal almacenaje del aceite lubricante	Contenedor del aceite lubricante sin su tapa
			No es limpiado el recipiente	Contaminación se mantienen en aceite lubricante
				Presencia de corrosión en componentes internos de la máquina (guías X, Y y Z y guías telescópicas)
		Rotura de componentes en la bomba de refrigerante	La solución de refrigerante es realizada de mala manera	Medición con refractómetro muestra que la solución contiene más agua que aceite lubricante
				Presencia de corrosión en las guías

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-1: Tabla de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla.

La Tabla de fallas funcionales, modos de fallas y efectos de falla de la maquina solo muestra lo que se pudo observar o medir en la experiencia que se pudo formar parte en la universidad el día 06 de abril del 2019.

2.2. ANÁLISIS DE LA MÁQUINA

Dadas las problemáticas se decidió dar como prioridad de mantenimiento todo el sistema de lubricación, refrigeración y rodamientos de la máquina, debido a que nunca se le había realizado ningún tipo de mantenimiento

A continuación, se dará un pequeño marco teórico de lubricación, refrigeración y rodamientos.

2.2.1. LUBRICACIÓN

La lubricación juega un papel fundamental para cualquier componente metalmecánico que este o no en movimiento constante con una superficie de similares características(engranajes). Este aparece en forma de fluido o grasa sólida, dependiendo de los requerimientos de la aplicación. considerando los siguientes beneficios:

2.2.1.1. Reducción de fricción y desgaste:

La fricción es el roce entre dos cuerpos manteniéndose uno de estos quieto o en movimiento, debido a esto genera temperaturas elevadas y esto origina degradación de la superficie en forma de desgaste. Es aquí donde los lubricantes reducen en un porcentaje muy alto la fricción y con ello evitan el desgaste excesivo de cualquier componente con el fin de alargar la vida útil de cualquier equipo.

2.2.1.2. Control de temperatura:

Los lubricantes en forma de fluido absorben el calor, de tal manera que el calor generado se disperse, dando la posibilidad de utilizar algún elemento que ayude aún más a reducir la temperatura (intercambiador de calor).

2.2.1.3. Control de contaminación:

“Los lubricantes aíslan los componentes de las máquinas de todos los factores externos, deteniendo o haciendo más lento el ingreso de partículas”. Además, poseen la capacidad de que en el caso de que ingrese un material particulado a los componentes de cualquier máquina, en la mayoría de los casos poseen un filtro o separador donde el aceite hace una recirculación dentro, limpiando el particulado ingresado.

2.2.1.4. Prevenir ataque químico:

Al formar una película sobre la superficie de los componentes, estos además ayudan a evitar en un gran porcentaje la herrumbre y la corrosión.

2.2.1.5. Transmitir energía:

El aceite en los sistemas hidráulicos es el encargado de transmitir la energía a los componentes. Gracias a este sistema es que podemos mover cargas extremadamente pesadas con máquinas de tamaño menor.

Tipos de aceites lubricantes:

2.2.1.6. Mineral:

Los aceites minerales son elaborados del petróleo que luego de pasar por una serie de procesos en una refinería. Es el cual tiene menos procesos para llegar a un producto final, por lo que además de ser el aceite más barato, es el aceite que menos se utiliza hoy.

2.2.1.7. Semisintético:

Este tipo de aceite es la mezcla de componentes que posee el aceite mineral y el aceite sintético y como resultado obtenemos un lubricante de un bajo costo y con propiedades de un lubricante sintético.

2.2.1.8. Sintético:

Un lubricante sintético se fabrica mediante procesos químicos donde se reestructuran las moléculas para que se transforman en estructuras más estables, siendo diseñados para hacer su trabajo eficientemente.

2.2.2. Conteo de partículas

¿Qué es el conteo de partículas?

El conteo de partículas consiste en realizar pruebas a un lubricante que se encuentra en algún depósito o estanque, con el fin de saber la cantidad y el tamaño de partículas que este posee.

La lubricación juega un rol extremadamente importante en cualquier máquina, por ello mantener el aceite sin partículas o impurezas que dañen de manera paulatina y silenciosa nuestro equipo es de suma importancia para todos. Además, en un lubricante “descontaminado” podemos determinar si está lo adecuadamente limpio o simplemente si el aceite que se encontraba operando en la máquina se encuentra en la mejor condición para seguir con su trabajo.

2.2.2.1. Norma ISO:

La norma ISO (Organización Internacional para la Estandarización) desarrollo un código para los resultados de los análisis para los aceites industriales. Según el código arrojado podemos determinar el nivel de limpieza que posee cierto lubricante o aceite.

La ISO 4406:99 es el estándar para analizar el nivel de contaminación sólida de los lubricantes.

Existen variados tipos de conteo de partículas, pero el que se utilizó en este caso fue el de la marca PAMAS S40.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1. Imagen de la máquina de conteo de partículas

2.2.2.2. Mediciones

Cabe destacar que para realizar las mediciones necesitamos de cuatro componentes claves para llevar a cabo una buena medición presentados a continuación:



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2. Máquina para medir la cantidad de partículas contaminantes, PAMAS S40

Figura 2-3. Muestra de aceite extraída del equipo LEADWELL TDC-510



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-4. “Vampiro” para extraer la muestra de aceite

Figura 2-5. Manguera donde se desplaza la muestra de aceite

2.2.2.3. Resultados obtenidos

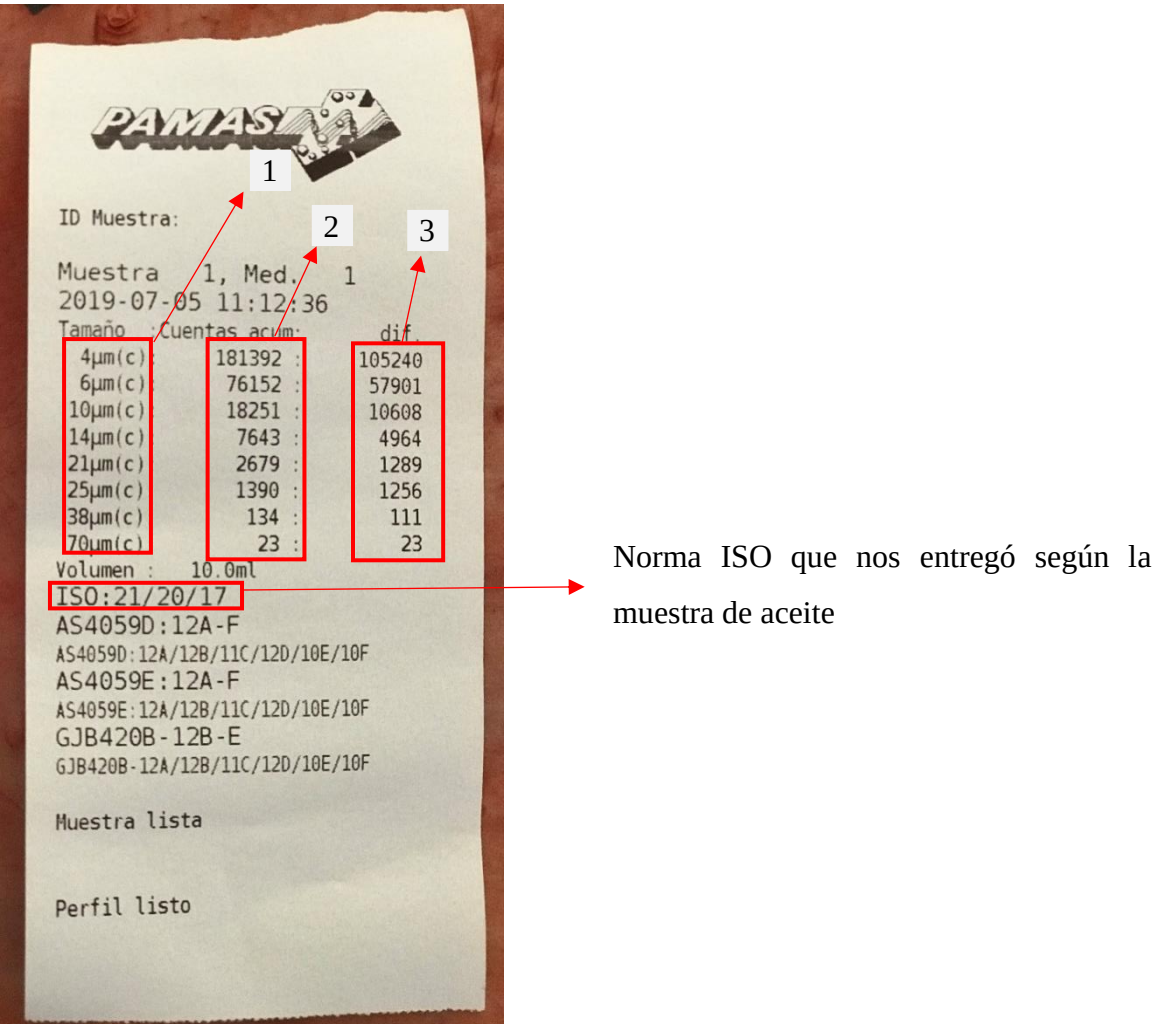
Los resultados fueron entregados después de varias muestras del mismo aceite y cabe destacar que la maquina tuvo una limpieza con bencina blanca para lograr una medición sin margen de error.

Para entender los números y parámetros con los cuales fueron medidos los resultados debemos aclarar que se utilizó la norma ISO 16/14/11 que se adjudica a las válvulas de Servo – control.

1	2	3
Unidad de Medida (Micrones)	Cantidad de Particulas en el aceite	Diferencia entre valores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-2. Valores que corresponden cada número que entrega la norma ISO



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-6. Imagen que nos muestra los datos arrojados por la máquina, posterior a la medición y la explicación de cada parámetro que se encuentra en el ticket.

Los resultados son los siguientes:

Maquina CNC Leadwell 510

Esta muestra fue sustraída del estanque de aceite que lubrica el usillo de la maquina CNC LEADWELL 510, obteniendo los siguientes resultados:

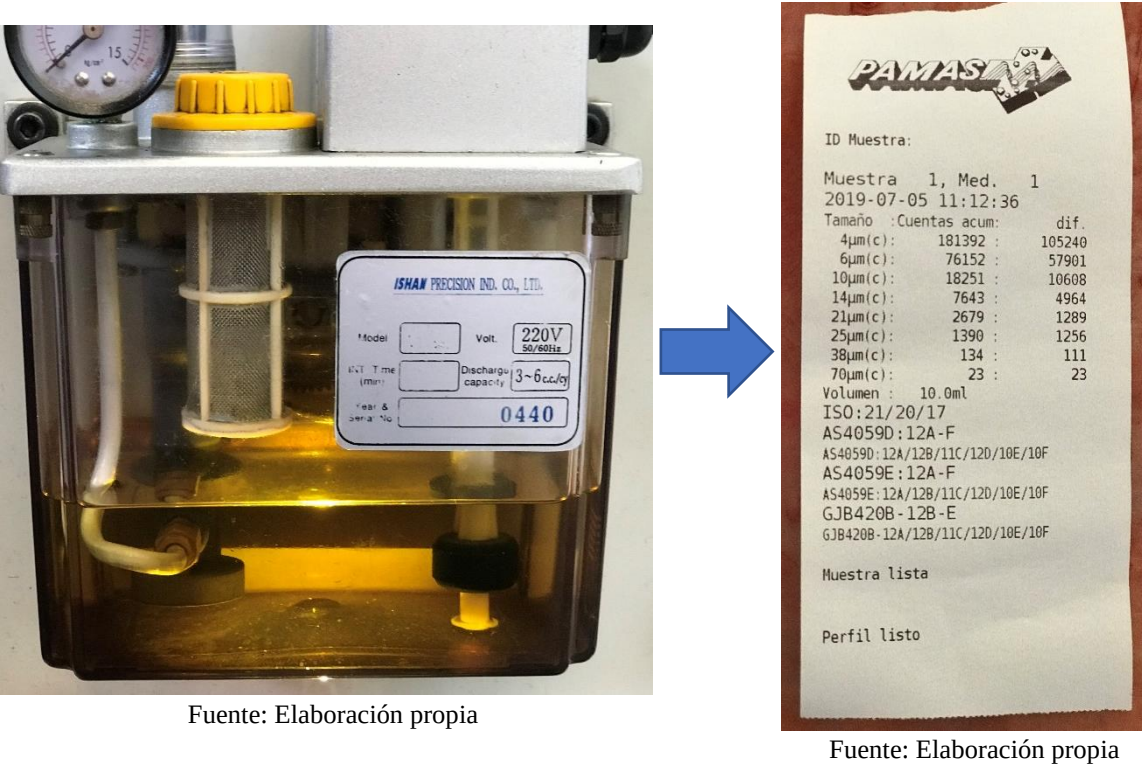


Figura 2-7. Filtro y contenedor de donde se sacó la muestra de aceite

Figura 2-8. Ticket del resultado de conteo de partículas

Los resultados obtenidos en el estanque fueron devastadores debido a que la norma ISO 16/14/11 que ocupamos para establecer los márgenes de medición están por muy debajo de lo normal, por lo que se establece que el aceite está extremadamente contaminado, donde necesariamente se requiere el drenaje de todo el sistema interno de la maquina con el fin de limpiar los residuos de aceite para luego cambiarlo por uno nuevo, con el fin de aumentar la vida de la máquina.

2.2.3. Filtro del sistema de lubricación

El filtro del sistema de lubricación es el encargado de obstruir todos los residuos metálicos y contaminantes que genera el aceite lubricante, también por un lado impide el paso de contaminantes al aceite lubricante puesto que podrían dañar componentes de la

máquina y por otro lado no restringe el paso del aceite permitiendo que este circule sin ninguna complicación.

En este caso hay dos filtros de lubricación, uno que se encarga de filtrar el aceite lubricante que va al husillo y el otro se encarga de las guías del eje X e Y. El filtro que trabaja con el husillo esta unido al compresor



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-9. Filtro y contenedor del lubricante de las guías de eje X e Y



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-10. Sistema neumático, Filtro Regulador y Lubricador

2.2.3.1. Características técnicas de los Filtros de Maquina CNC

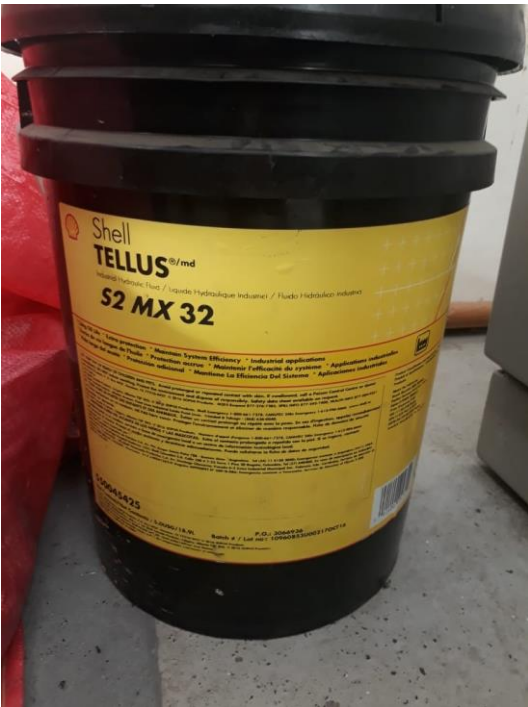
Tipo	AC3010 Regulador de filtro lubricador
Max. presión operacional	9.9 kgf/c m ²
Min. presión operacional	1 kgf/c m ²
Temperatura ambiente y media.	5~60°C
Rango de regulación	0.5~8.5 kgf/ c m ²
Indicador de presión indicado	10 kgf/c m ²
Clasificación del filtro	5 μm
Capacidad del recipiente del filtro	20 cm3
Max. tasa de flujo	1700 l/min
Capacidad del tazón del lubricador	50 c m3
Aceite recomendado	ISO VG 32 (20°C)
Rango de función del lubricador	5 drops/min, PIN=5 kgf/ c m ² , 40l/min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-3. Tabla de las características técnicas de los filtros de lubricación de la maquina LEADWELL TDC-510

Aceites utilizados

Aceite Shell TELLUS S2 MX 32



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-11. Depósito de aceite Shell TELLUS S2 MX 32

Propiedades	Método	Shell TELLUS S2 MX 32
ISO Fluido tipo	-	HM
Viscosidad cinemática	ASTM D445	340 @0°C cSt
Viscosidad cinemática	ASTM D445	32 @40°C cSt
Viscosidad cinemática	ASTM D445	5,4 @100°C cSt
Índice de viscosidad	ISO 2909	105
Densidad	ISO 12185	0,854 @15°C kg/l
Punto de inflamación	ISO 2592	220°C
Punto de congelación	ISO 3016	-30°C
Color	ASTM D1500	L0,5
Separación del agua	ASTM D1401	20 minutos
Ensayo de la vida	ASTM D943	5000 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-4. Tabla que muestra las características técnicas del aceite Shell TELLUS S2 MX 32.

2.2.4. Compresor del sistema de lubricación del husillo

En el taller de máquinas de control computarizado donde está ubicado el equipo, existe un compresor el cual es el encargado de incrementar la presión del fluido de trabajo, el aceite que lubrica el equipo, en este caso aceite Shell TELLUS S2 MX 32, permitiendo que este llegue a todas las zonas del equipo que deben ser lubricadas.

Compresor FIAC VX 50-304



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-12. Compresor del filtro y contenedor de aceite lubricante del husillo

Propiedades	Compresor FIAC VX 50-304
Capacidad	50 litros
Presión	10 bar
Dimensiones	1070x320x730 (mm)
Caudal	300 litros por minuto
Potencia	2.5 hp.
Masa	60 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-5. Propiedades técnicas del compresor FIAC VX 50-304

2.2.5. RODAMIENTO

Componente mecánico que transfieren movimiento, o, mejor dicho, soportan y conducen componentes que giran entre sí, y además ayuda a reducir la fricción entre los distintos componentes móviles

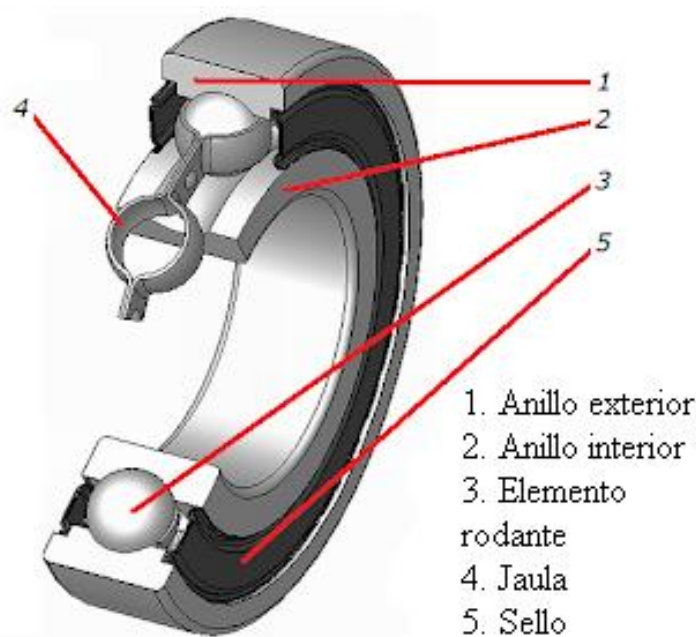
Están compuestos por dos aros, jaula y polines, estos últimos pueden variar en su forma de diseño, también se pueden clasificar en radiales y rodamientos de empuje según su carga.

2.2.5.1. Proceso de selección de un rodamiento

Un sistema de rodamiento está compuesto por sus componentes adyacentes: ejes y soportes, también su lubricación y sellos. Para que un rodamiento no falle y funcione con su máximo rendimiento, debe haber una cantidad apropiada de aceite lubricante, con el fin de reducir la fricción y la corrosión. Los elementos sellantes mantienen el lubricante dentro del rodamiento y evitan el ingreso de contaminantes, esto último es de vital importancia, debido a que, si no se mantiene el lubricante limpio, se disminuirá la vida útil del rodamiento directamente.

Los factores que intervienen en el proceso de selección de rodamiento son: espacio disponible, cargas (magnitud y dirección), desalineación, precisión y rigidez, velocidades, temperatura de funcionamiento, niveles de vibración, niveles de contaminación, tipo y método de lubricación, forma y diseño adecuados de otros componentes de la disposición, ajustes apropiados y juego interno o precarga del rodamiento, dispositivos de fijación, sellos adecuados, tipo y cantidad de lubricante, y por último, instalación y métodos de desmontaje.

2.2.5.2. Partes de un rodamiento

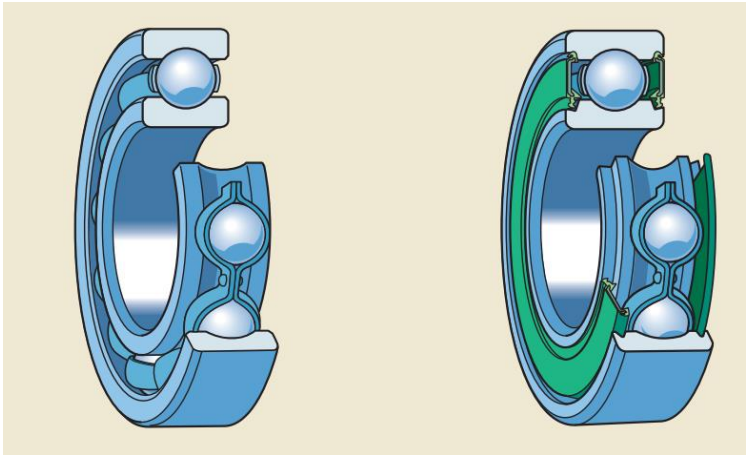


Fuente: <http://imecingles.blogspot.com>

Figura 2-13, Imagen en vista corte que muestra los componentes de un rodamiento

2.2.5.3. Tipos de rodamiento

Rodamientos de bolas



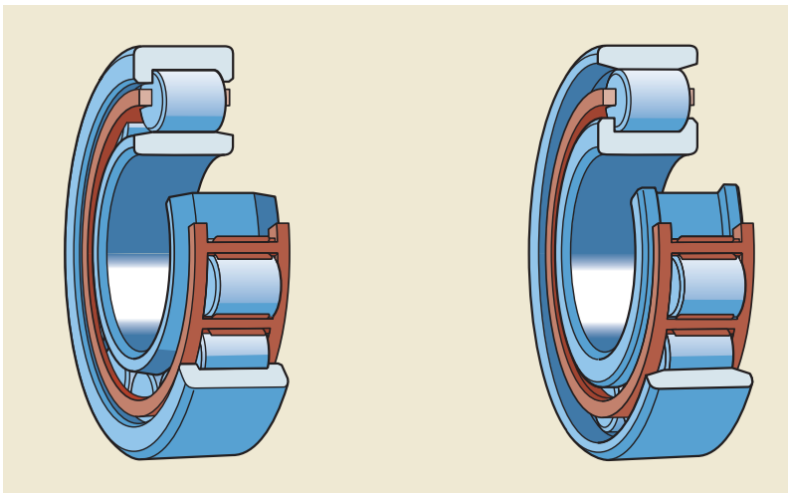
Fuente: Catalogo de Rodamientos SKF

Figura 2-14, Imagen de Rodamiento en vista de corte 3D

Principales características:

- Son los más utilizados en la industria.
- Cargas axiales y radiales.
- Aguantan altas velocidades de giro.

Rodamientos de rodillos cilíndricos:



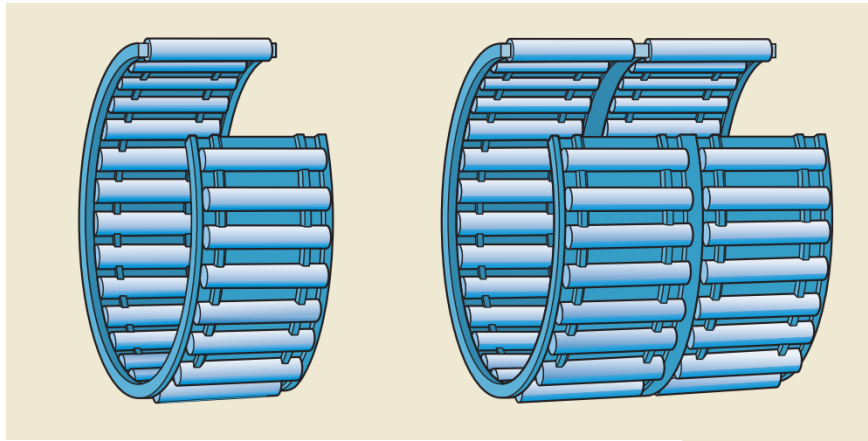
Fuente: Catalogo de Rodamientos SKF

Figura 2-15, Imagen de Rodamiento en vista de corte 3D

Principales características:

- Soportan altas cargas radiales.
- Cuenta con gran resistencia a aceleraciones rápidas y altas velocidades.
- Para facilitar el montaje o desmontaje de los anillos exteriores como interiores, estos pueden separarse

Rodamientos de aguja:



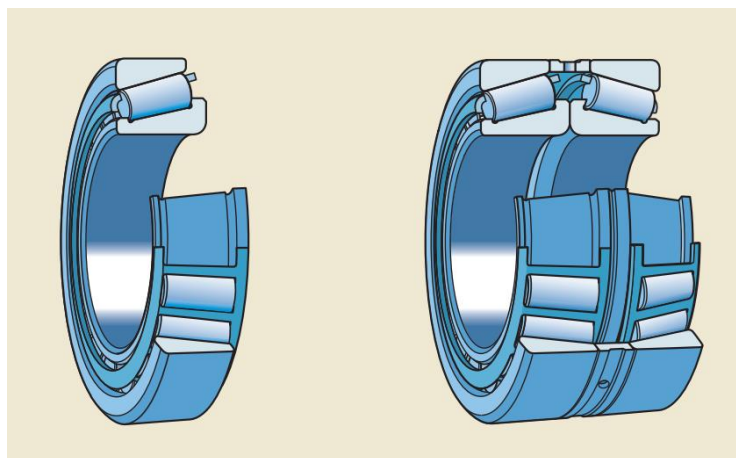
Fuente: Catalogo de Rodamientos SKF

Figura 2-16, Imagen de Rodamiento en vista de

Principales características:

- Elección excelente para aplicaciones que se requieran una disposición de rodamientos muy rígidas.
- Elevada capacidad de carga
- En el caso de que el eje y el agujero del soporte pueden servir como caminos de rodadura, las coronas de agujas requieren un espacio radial mínimo.

Rodamientos de rodillos cónicos:



Fuente: Catalogo de Rodamientos SKF

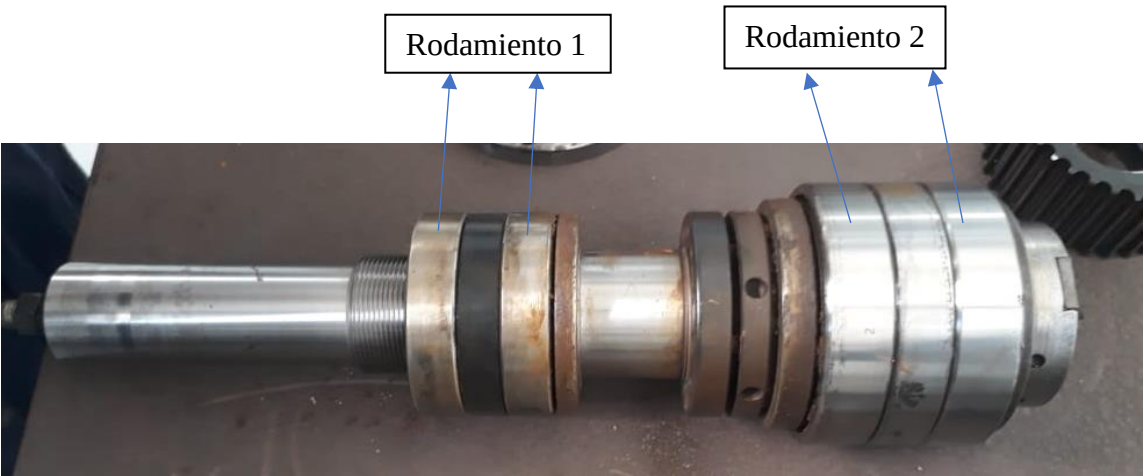
Figura 2-17, Imagen de Rodamiento en vista de corte 3D

Principales características:

- Son diseñados para soportar cargas combinadas (axial y radial simultáneamente).

2.2.5.4. Rodamientos en montados

En este caso se verán los rodamientos del husillo del eje Z, el cual está compuesto por cuatro:



Fuente 2: Elaboración propia

Figura 2-18. Imagen de los rodamientos del husillo

2.2.5.5. Rodamientos 1: Rígido de bolas



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-19, Imagen que muestra el rodamiento rígido de bolas

Propiedades	Rodamientos rigido de bolas
DE	68 mm
E	15 mm
Carga estática (Co)	11 kN
Velocidad de referencia	22.000 rpm
Masa	0.19 kg
DI	40 mm
Carga dinámica ©	17.8 C
Carga límite de fatiga (Pu)	0.49 kN
Velocidad límite	14.000 rpm
Marca	FAFNIR ®
Codigo	2MMV9108WIULF5637

Fuente: Catalogo de rodamientos SKF

Tabla 2-6. Características técnicas de los rodamientos rígidos de bolas

2.2.5.6. Rodamientos 2: contacto angular de bolas



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-20. Imagen que muestra el rodamiento de contacto angular

Propiedades	Rodamientos de contacto angular
DE	85 mm
E	19 mm
Carga estática (Co)	28.5 kN
Velocidad de referencia	10.000 rpm
Masa	0,42 kg
DI	45 mm
Carga dinámica (C)	38 kN
Carga límite de fatiga	1.22 kN
Velocidad límite	10.000 rpm
Marca	FAFNIR ®
Código	2MMV209WICRUI.

Fuente: Catalogo de rodamientos SKF

Tabla 2-7. Características técnicas de los rodamientos de contacto angular

2.2.5.7. Vida útil

Vida nominal de un rodamiento SKF en millones de revoluciones:

$$L_{nm} = \frac{C^3}{P}$$

Variables:

L_{nm} = Vida nominal con una confiabilidad del 100 – n^1) %) [millones de revoluciones]

C = Capacidad de carga dinámica básica [kN]

P = Carga dinámica equivalente del rodamiento [kN]

3 = Exponente de la ecuación de la vida (en este caso 3,0 porque son rodamientos de bolas)

Vida nominal de un rodamiento SKF en horas de funcionamiento:

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60xn} \times L_{nm}$$

L_{nmh} = Vida nominal con una confiabilidad del 100 – n^1) %) [horas de funcionamiento]

L_{nm} = Vida nominal con una confiabilidad del 100 – n^1) %) [millones de revoluciones]

C = Capacidad de carga dinámica básica [kN]

P = Carga dinámica equivalente del rodamiento [kN]

3 = Exponente de la ecuación de la vida (en este caso 3, porque son rodamientos de bolas).

2.2.5.8. Vida útil Rodamientos 1

RPM/Carga Max.	2.5 kN	1.2 kN	0.6 kN
10.000	601,57 horas	5.439,58 horas	43.516,6 horas
5.000	1.203,13 horas	10.770,38 horas	87.033,2 horas
2.500	2.406,27 horas	21.758,33 horas	174.066.4 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-8. Tabla que muestra la vida útil, calculada con diferentes rpm y cargas de rodamiento rígido de bolas

2.2.5.9. Vida útil Rodamientos 2

RPM/Carga Max.	2.5 kN	1.2 kN	0.6 kN
10.000	5.853,02 horas	52.924,38 horas	423.395,07 horas
5.000	11.706,03 horas	105.848,77 horas	846.790,13 horas
2.500	23.412 horas	211.697,53 horas	1.693.580, 27 horas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-9. Tabla que muestra la vida útil, calculada con diferentes rpm y cargas de rodamiento de contacto angular

Dado que el equipo es de uso educativo, no funciona a una velocidad y carga fija, si no que esta varía, por esto se calculó la vida útil en horas con tres diferentes cargas: 2,5, 1,2 y 0,6 kN (teniendo en cuenta que la carga máxima es de 250 kg, que equivale a 2,5 kN) y con tres diferentes velocidades 10.000, 5.000 y 2.500 rpm (teniendo en cuenta que la velocidad máxima es de 10.000 rpm).

2.2.5.10. Estado de rodamientos

Se tuvo la oportunidad de revisar el estado de los rodamientos del husillo del eje Z cuando se le hizo un cambio de estos preventivo por parte de un técnico profesional del área.

Observaciones:

Ya al momento de que el profesional prendió el equipo y puso en marcha el husillo del eje Z, notó que el sonido que producía era un sonido más “agudo”, “molesto” y “fuerte” y que claramente provenía de los rodamientos.

Al momento de dejar descubierto el eje y los rodamientos, el profesional procedió a girar manualmente los rodamientos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21. Imagen muestra el Análisis a todos los rodamientos

Los rodamientos rígidos de bolas no presentaban mucho daño, pero igual tenían un poco de dificultad al momento de girar, por lo cual se procedió a cambiarlos igual por precaución. El daño en estos rodamientos demuestra lo que se dijo anteriormente, que no se habían cambiado nunca estos rodamientos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-22. Imagen muestra el Rodamiento Rígido

Los rodamientos de contacto angular, por el contrario, se veía sumamente dañado, casi completamente corroído, y por su consiguiente prácticamente no podía girar fácilmente manualmente. El daño que tienen estos rodamientos afirma que estos no habían sido cambiados nunca.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23. Imagen muestra el Rodamiento de Contacto Angular de Bolas con falta de mantenimiento

También se tuvo la posibilidad de inspeccionar la camisa del husillo y al igual que los rodamientos de contacto angular, se observó que estaba con corrosión en casi todo su manto interior. Esto daño se produjo debido a que no se cambiaron los rodamientos y no se lubricaba de una correcta manera el husillo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-24. Imagen muestra la camisa del Eje Z con una notable corrosión

2.2.6. REFRIGERANTE

Normalmente en la mayoría por no decir todas las máquinas de control número o mejor llamadas CNC, posee un producto llamado refrigerante.

El refrigerante es un producto que debe poseer ciertas propiedades como son una alta conductividad térmica, baja viscosidad y un elevado calor específico para tener una baja temperatura en el proceso de mecanizado.

Los refrigerantes tienen variadas funciones dentro de un proceso de mecanizado, como lo son:

- Controlar la temperatura al mecanizar
- Evitar la corrosión y oxidación de las piezas
- Limpiar el área de mecanizado (virutas, polvo, etc.)
- Ayudar a tener un mejor acabado final
- Sirve como lubricante para el mecanizado de las piezas, ayudando a evitar desgastes innecesarios.

2.2.6.1. Tipos de disoluciones para el refrigerante:

Las emulsiones de los refrigerantes son diluidas en ACEITE y AGUA.

Cabe destacar que el porcentaje es el porcentaje de aceite que posee la mezcla.

Emulsiones diluidas (5 – 10%): Normalmente se utilizan para trabajos ligeros y tiene una baja protección lubricante para la pieza que se está mecanizando.

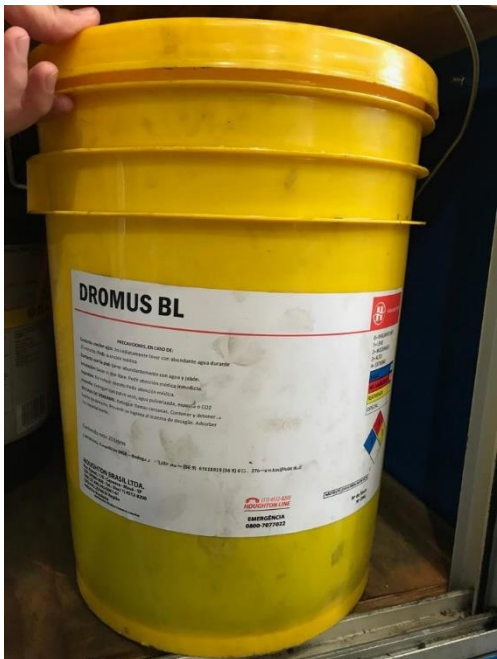
Emulsiones medias (13 – 20%): Se utilizan en mecanizados en donde poseen metales de un grado de dureza MEDIO y con velocidades medianamente altas. Además, tiene una mejor lubricación a la pieza a mecanizar.

Emulsiones Densas (20 – 30%): Este es el mejor de los tres en lubricación de la pieza, además protegen contra la oxidación y se utilizan para trabajar metales más duros.

2.2.6.2. Refrigerante utilizado

Refrigerante DROMUS BL:

El refrigerante que ocupa actualmente la maquina CNC LEADWELL 510 se llama DROMUS BL



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-25. Refrigerante ocupado en la maquina LEADWELL TDC-510

Este refrigerante posee una emulsión de tipo 5% de aceite y un 95% de agua teniendo una proporción de 20:1 por lo que se concluye que forma parte de las emulsiones de tipo baja teniendo una baja protección lubricante al mecanizado y para trabajos ligeros.

2.2.7. REFRACTOMETRO

Instrumento de medición óptica con una gran precisión que basa su funcionamiento en el estudio de la refracción de la luz, permite medir el índice de refracción de líquidos y sólidos.

Sus principales funciones son:

- Identificar una sustancia
- Revisar su grado de pureza
- Distinguir el porcentaje de soluto disuelto en una determinada solución (Grados Brix)

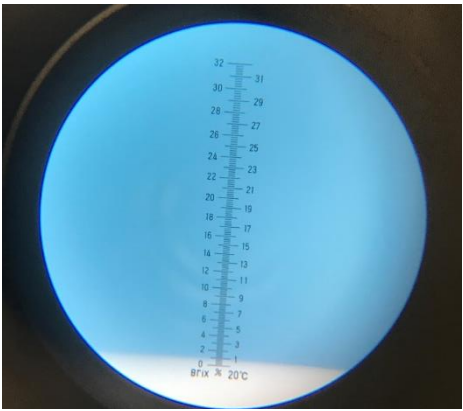


Fuente: <https://www.amazon.es/HH-TEC-apicultores-refract%C3%B3metro-vegetales-condensados/dp/B06XY1D157>

Figura 2-26. Imagen muestra Refractómetro

2.2.7.1. Medición:

Se procedió a medir el porcentaje de soluto contenido en la solución del refrigerante del equipo, lo cual sorprendentemente arrojó que contiene un Brix y debería tener, según fabricante, cinco Brix. Lo que muestra es que existe una cantidad mayor de lo permitida de agua en el refrigerante por lo que pierda propiedades de lubricación y protección al mecanizado que se esté realizando.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-27. Imagen tomada desde el refractómetro

Esta imagen fue captada el día 6 de abril del año 2019 en donde se aprecia claramente que la solución que posee es muy baja en porcentaje, perdiendo propiedades importantes para el mecanizado de cualquier pieza.

CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA CNC TDC- 510

3. PLAN DE MANTENIMIENTO

A continuación, se explicará y detallará el mantenimiento, sus diferentes aplicaciones y ramas, además de la elaboración de un plan de mantenimiento y la explicación detallada de la elección propuesta según el objetivo principal.

3.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial se define principalmente por un conjunto de normas y técnicas para la preservación en buen estado de la maquinaria e instalaciones de una industria, para que no se vea perjudicada su producción, de modo de mejorar la producción buscando siempre la confiabilidad

La finalidad del mantenimiento industrial es mantener el equipo operativo bajo todas las condiciones y restablecer su funcionamiento en el menor tiempo posible en el caso que haya parado su producción.

Los objetivos del mantenimiento corresponden a cuatro:

1. Asegurar la confiabilidad y la disponibilidad de las instalaciones y equipos de la empresa.
2. Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de las instalaciones y equipos de la empresa.
3. Satisfacer todas las normas de seguridad y medio ambiente.
4. Intensificar la productividad y eficiencia de los equipos e instalaciones de la empresa.

3.1.1. Tipos de mantenimiento

3.1.1.1. Mantenimiento correctivo:

Es el tipo de mantenimiento que se está destinado a corregir defectos que se presentan en los equipos sin previo aviso y sin planes previos.

3.1.1.2. Mantenimiento preventivo:

Es el tipo de mantenimiento que está destinado a mantener en funcionamiento a los equipos, con rutinas de inspección e intervenciones de los puntos críticos de este en el momento oportuno. Es de carácter sistemático, esto quiere decir que se interviene el equipo sin haber tenido algún síntoma de falla.

3.1.1.3. Mantenimiento predictivo:

Es el tipo de mantenimiento que está destinado a informar y conocer el estado permanente del estado y operatividad de las instalaciones mediante variables que muestra el estado y operatividad. Estas variables pueden ser temperatura, vibración, consumo de energía, etc....) cuya variación muestra los problemas que pueden estar sucediendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, puesto que se utilizan instrumentos donde miden las condiciones del equipo mediante variables y que se necesita capacitaciones del personal para poder llevarlo a cabo.

3.1.1.4. Mantenimiento proactivo:

Es el tipo de mantenimiento que está destinado a ir más allá de un simple mantenimiento, si no que interviene el equipo para poder evitar que este vuelva a fallar más allá de un plan de mantenimiento.

3.1.2. Historia del mantenimiento

A finales del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX se comenzaron los primeros trabajos de reparaciones de máquinas. También se empezaron a tener en cuenta el concepto de “falla” y su impacto negativo en la producción. Esto derivó en una necesidad de controlar estas fallas, ya que por los años 20 se pudieron ver los primeros historiales de falla en motores y equipo de aviación.

Se puede decir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo de la industria, debido a que con el desarrollo de la aparición de las primeras máquinas surgió la necesidad de mantenerlas funcionando y/o operativas. Los primeros mantenimientos que se realizaron fueron derivados de la gran carga a la que eran sometidas las máquinas y del uso excesivo de estas, se realizaba un mantenimiento cuando ya no era posible ocupar el equipo. Hasta aproximadamente los años 1910, el mantenimiento era relegado a un segundo plano y no era realizado por gente especializada, sino que por personal de producción y los operadores.

Con el suceso de la primera guerra mundial, empezaron a aparecer las primeras industrias con producción en serie, que contenían un plan de producción mínima, por lo cual se empezó a sentir la necesidad de crear un equipo de mantenimiento que pudiera realizar los trabajos en el menor tiempo posible. De estos sucesos nació el mantenimiento correctivo, cerca del año 1950.

Pasado el año 1950, científicos japoneses empezaron a realizar mantenimiento a las maquinas basados en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos acerca de los cuidados que se deben tener con estas. Este tipo de mantenimiento fue denominado mantenimiento preventivo.

A partir de aproximadamente el año 1970 ya había asociaciones de mantenimiento, y junto con los avances tecnológicos de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería en mantenimiento pasa a desarrollar criterios de predicción de fallas. Visualizando así la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento. Esto fue denominado mantenimiento predictivo, los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento.

Actualmente existen diferentes tipos de mantenimiento para así lograr una mayor excelencia en los trabajos y calidad. Estos modelos son: TPM (Mantenimiento productivo total), las 5S y RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad).

3.2. EVALUACIÓN DE LAS FALLAS

Para encontrar el origen de las fallas mostradas en los rodamientos y en el aceite lubricante, se realizará la técnica de los 5 por qué

3.2.1. Análisis de los 5 por que

La técnica de los “5 porque” es un método basado en realizar una cierta cantidad de preguntas para buscar la causa-efecto de una falla en particular, en si es buscar la causa raíz.

3.2.1.1. Rodamientos

Los rodamientos se presentaban en un mal estado, sobre todo se veían bastante corroídos y desgastados. Se realizaron pruebas al husillo, girando este mismo de forma manual y automática, dando como resultado un desplazamiento rasposo, desigual y ruidoso. Todo esto puede derivar en una falla total en la zona de desplazamiento del husillo (eje Z) donde los rodamientos permiten el giro de este.



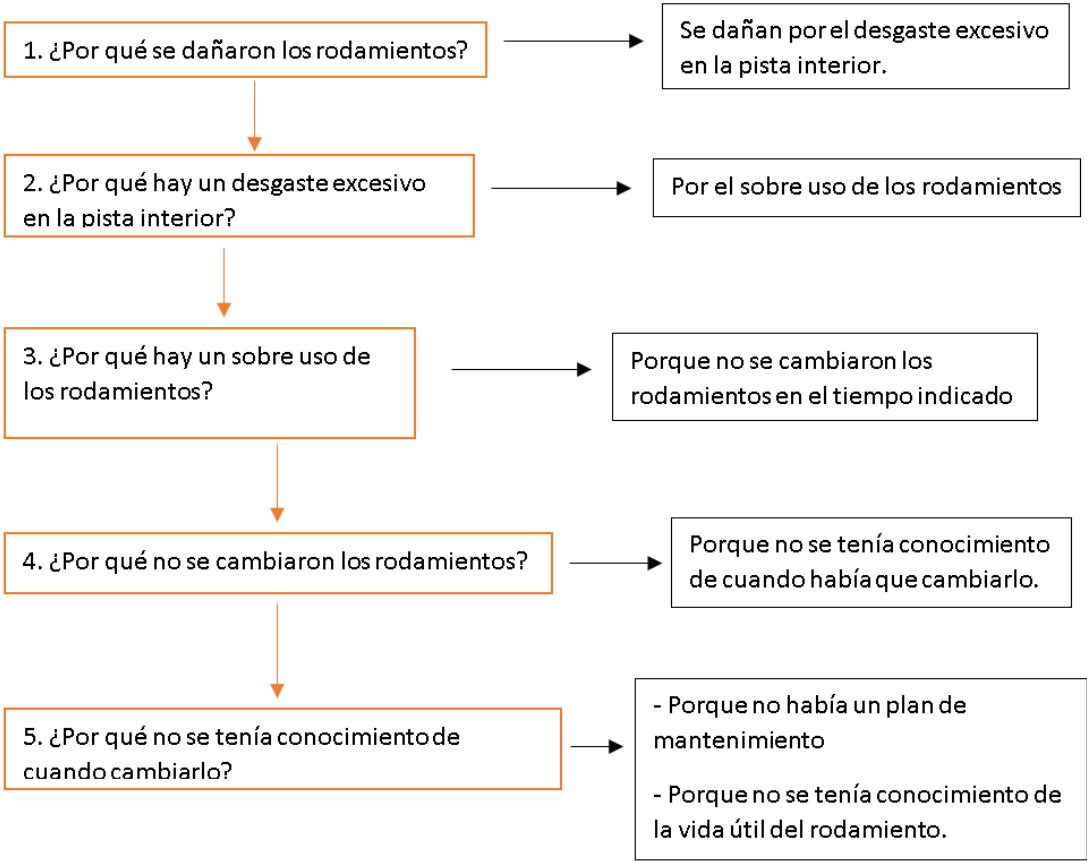
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-1. Imagen que muestra la cantidad de corrosión presente en el rodamiento producto de la falta de rodamiento

3.2.1.2. Rodamientos:

El día 6 de abril del 2019 se tuvo la posibilidad de experimentar una mantención correctiva para la maquina CNC LEADWELL 510 por lo que se desarmo el Husillo ubicado en el Eje Z de la máquina, encontrando con gran parte de los rodamientos en un mal estado, Debido esto se llegó a la conclusión de que la ausencia de un plan de mantenimiento a la máquina y el poco conocimiento de la vida Útil que tendrían los rodamientos es cuando ocurre este suceso. (Datos de los rodamientos en las tablas 2-7. 2-8, 2-8 y 2-9)

3.2.1.3. Análisis 5 por qué Rodamientos



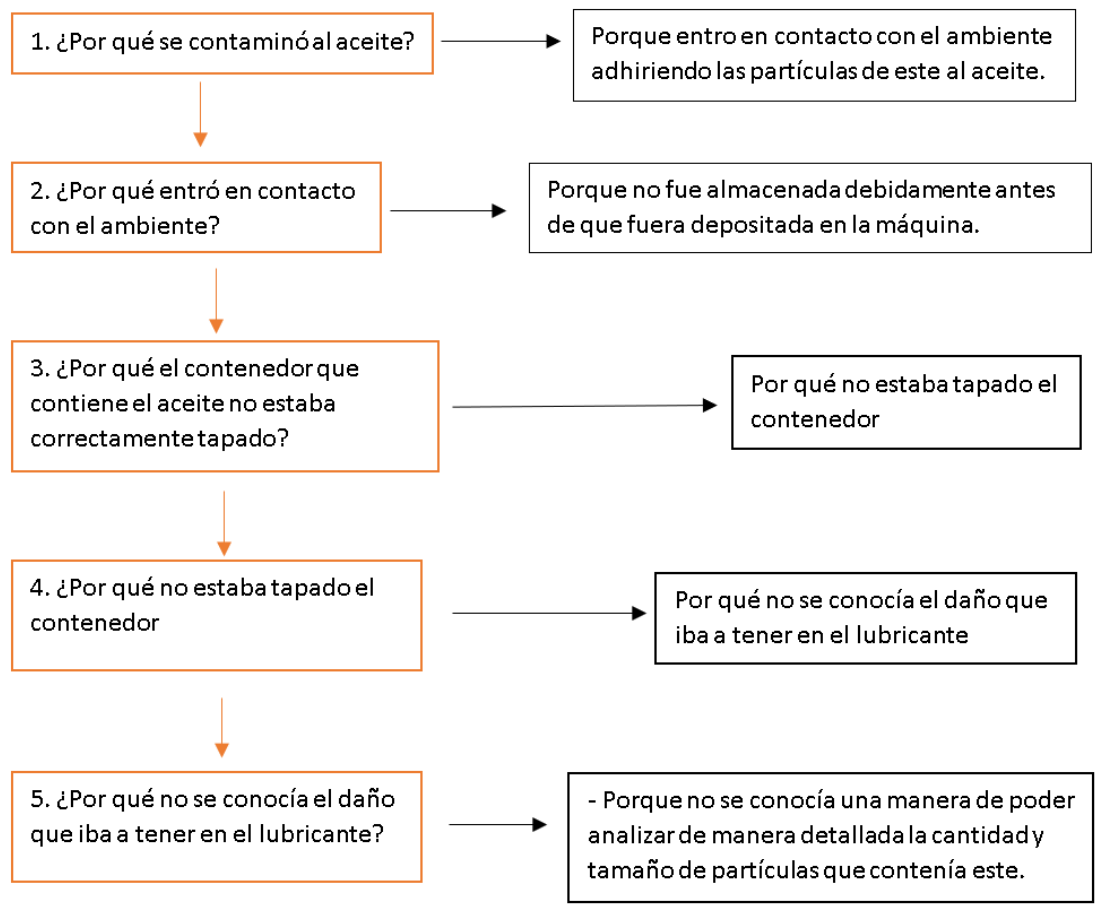
Fuente: Elaboración propia

Esquema 3-1. Análisis 5 por qué de rodamientos

3.2.1.4. Aceite lubricante

El día 5 de julio del 2019 se realizaron pruebas al aceite Shell TELLUS S2 MX 32 mediante un conteo de partículas por lo que se llegó a la conclusión después de varias muestras, que el aceite que poseía la maquina LEADWELL 510 se encontraba en malas condiciones según la norma ISO 16/14/11 destinas a las válvulas de servo control. Dicho esto, gracias a un posterior análisis se concluye que no se debería ocupar la maquina con un aceite en estado no operacional.

3.2.1.5. Análisis 5 por qué. Aceite lubricante



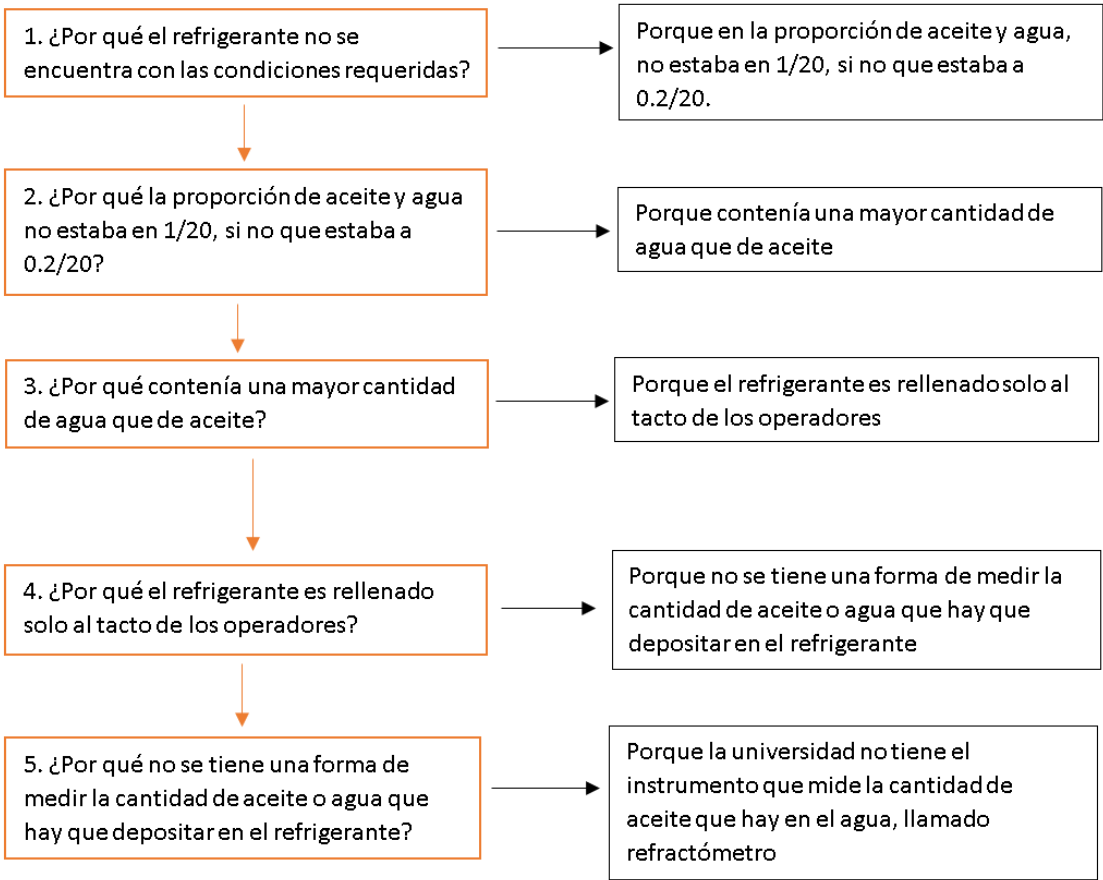
Fuente: Elaboración propia

Esquema 3-2. Análisis 5 por qué de aceite lubricante

3.2.1.6. Refrigerante

El refrigerante luego que se le realizara una medición con el refractómetro se pudo identificar que contenía una mayor cantidad de agua en su solución. La medición exacta que arrojó en el refrigerante fue de 1 brix, esto quiere decir que en vez de tener una proporción de 1/20 de solución de aceite lubricante y agua, se tiene una proporción de 0.2/20 de solución de aceite lubricante y agua, con lo cual se demuestra que al refrigerante no está en las condiciones requeridas para ser utilizado, concluyendo que puede existir corrosión dentro de la máquina.

3.2.1.7. Análisis 5 por qué. Refrigerante



Fuente: Elaboración propia

Esquema 3-3. Análisis 5 por qué de refrigerante

3.3. PLANILLAS DE TRABAJO PARA LA MANTENCION DE LA MÁQUINA CNC LEADWELL TDC 510

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento se realizaron planillas de trabajo que sin duda ayudaran para que cualquier persona con conocimientos básicos pueda aprender a realizar el cambio de un rodamiento o de las mediciones que se pudieron experimentar con anterioridad

3.3.1. PLANILLA DE TRABAJO PARA CONTEO DE PARTICULAS:

Planila de trabajo						
Conteo de particulas aceite para maquina CNC leadwell 510						
Responsable		Firma		Concurrencia		Una vez a la semana
Fecha				Duracion de la actividad		Una hora de procedimiento
Autorizado por		Firma Autorizador		Semanas	NORMA ISO	OBSERVACIONES
Epp	Overol o buzo	Mediciones:	Enero	1		
	Lentes			2		
	Zapatos de seguridad			3		
				4		
Herramientas	Maquina de conteo de particulas		Febrero	1		
	Frasco de plastico			2		
	Vampiro aceite			3		
	Paños absorbentes			4		
Consideraciones:			Marzo	1		
				2		
				3		
				4		
	El frazco de plastico, debe estar lleno 3/4 de su capacidad maxima		Abril	1		
				2		
	Para realizarlo, debe estar acompañado por una persona que conozca en un buen nivel el conteo de particulas			3		
	La primera medicion, normalmente es erronea			4		
	Considere como resultado la ultima medicion de maquina		Mayo	1		
				2		
	Adjunte los ticket que poseen las mediciones a esta hoja.			3		
				4		

3.3.2. PLANILLA DE TRABAJO PARA LA MEDICION DEL REFRACTOMETRO

Planila de trabajo						
Medicion de refractometro para maquina CNC leadwell 510						
Responsable		Firma		Concurrencia		SEMANAL
Fecha				Duracion de la actividad		10 MIN
Autorizado por		Firma Autorizador		Semanas	Brix	OBSERVACIONES
Epp	Overol o buzo	Mediciones:	Enero	1		
	Lentes			2		
	Zapatos de seguridad			3		
	Guantes			4		
			Febrero	1		
Herramientas	Refractomreto			2		
	Jeringa			3		
				4		
			Marzo	1		
				2		
Consideraciones:	No mas de 1 ml en la jeringa para posteriormente colocar una gota en el refractometro			3		
	Sacar una muestra del fondo y otra muestra mas a la superficie			4		
	Limpiar el refractometro una vez usado		Abril	1		
				2		
				3		
				4		
			Mayo	1		
				2		
				3		
				4		

3.3.3. PLANILLA DE TRABAJO PARA CAMBIOS DE LOS RODAMIENTOS EN EL HUSILLO

Para llevar a cabo este cambio o chequeo de los rodamientos del Eje z de la maquina CNC LEADWELL 510, se adjuntó un paso a paso detallado, para que una persona con conocimientos básicos de mecánica pueda realizar una mantención de manera segura, rápida y sin mayores complicaciones, que además, detallara el paso a paso para realizar una calibración posterior a l cambio o chequeo de los rodamientos, dando la posibilidad al mantenedor realizar acciones operativas de la maquina sin la necesidad de tener un operador de la máquina para comenzar y finalizar la mantención de esta importante pieza de precisión.

Planila de trabajo							
Cambio de rodamientos Husillo para maquina CNC leadwell 510							
Responsable		Firma		Rodamiento 1 (rígido de bolas)	RPM/Carga Max.	1.2 kN	0.6 kN
Fecha					5.000	10.770,38 horas	87.033,2 horas
					2.500	21.758,33 horas	174.066.4 horas
Autorizado por		Firma Autorizador		rodamiento 2 (contacto angular)	RPM/Carga Max.	1.2 kN	0.6 kN
					5.000	105.848,77 horas	846.790,13 horas
					2.500	211.697,53 horas	1.693.580,27 horas
					rodamiento 1	rodamiento 2	Observaciones
Epp	Overol o buzo	Estado de los rodamientos	ene-20				
	Lentes						
	Zapatos de seguridad						
Herramientas			ene-21				
	Llaves alen						
	Llaves punta coronas o chicharras con dado						
	Extractor de rodamientos		ene-22				
	Mazeta de goma o cobre						
Consideraciones:	Tornillo de banco		ene-23				
	Procure separar los tornillos alen y tuercas						
	Utilice la ayuda de un compañero		ene-24				
	tensar la correa par aun correcto uso.						

3.4. COSTOS DE PLAN DE MANTENCIÓN PARA MÁQUINA CNC LEADWELL TDC-510

El costo asociado a la mantención realizada consta de valores totalmente reales que son sustraídos de proveedores en nuestro país. Los valores entregados serán puestos en PESOS CHILENOS y UF.

N°	Componente	Fabricante	Cantidad	Costos Unitario	Costo Total	costo en UF
1	Houghton Dromus BL	SHELL	1	\$ 76.480	\$ 76.480	2,73
2	Rodamiento de contacto angular	SKF	2	\$ 48.739	\$ 97.478	3,48
3	Rodamientos de bolas	SKF	2	\$ 6.302	\$ 12.604	0,45
4	Grasa Rodamientos LGMT2	SKF	1	\$ 3.490	\$ 3.490	0,12
5	Refractometro	REFRATEC	1	\$ 52.886	\$ 52.886	1,89
6	Tellus s2 MX32 (18,9 litros)	SHELL	1	\$ 46.793	\$ 46.793	1,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-1. Costos en detalle del plan de mantenimiento

3.4.1. Tiempo asociado a la mantención de la maquina CNC LEADWELL – 510

El tiempo otorgado para esta mantención será de 5 horas y 40 minutos horas de trabajo, en donde se realizará una mantención completa considerando el cambio y verificación de los cuatro rodamientos en el husillo de la maquina CNC LEADWELL-510. En la siguiente tabla se mostrará la cantidad de horas asociadas a la mantención:

N°	Labores	N° deTrabajadores	Tiempo Estimado
1	Cambio y verificacion de rodamientos en el husillo	2	4 horas
2	Verificacion y relleno de liquido refrigerante	2	40 min
3	Verificacion y relleno de Aceite Lubricante	2	60 min

Total	5 hrs y 40 min
-------	----------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2. Costos en detalle del plan de mantenimiento

3.4.2. Costos totales y precio con y sin IVA (19%)

El valor de mano de obra fue sustraído de un experto en este tipo de mantención, ya que se tuvo la posibilidad de conversar sobre valores de mantenciones pasadas realizadas por él. Además, facilita la hoja de cobros sobre la mantención realizada el día 06 de abril 2019 dándonos los valores reales de este tipo de trabajo.

Costo Total		costo en UF	
\$	289.731	7,61	Total de la compra de componentes
\$	1.289.731,00	43,31	Total de la mantencion
\$	245.049	8,75	valores NETO + IVA (19%)
\$	1.534.780	52,06	Total de la mantencion + IVA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3. Costos y valores totales de la mantención

Mano de obra por la mantencion	\$ 800.000
Valor de UF (10/09/2019)	\$ 28.011
IVA	19%
Valor en de mano de obra en UF	28,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3. Valores que se fijaron para realizar cálculos de los costos totales

3.4.3. Beneficios de la mantención para la Maquina CNC LEADWELL-510

La mantención de la maquina CNC Leadwell-510 se llevó a cabo el día 06 de abril del 2016 por lo que se tuvo una jornada de 7 horas de trabajo continuo y 1 hora de colación, definiendo un total de 8 horas completas de trabajo solo para el cambio de los 4 rodamientos en el husillo.

El análisis que se realizó posterior a la mantención otorga el gran beneficio de realizar el mismo trabajo en un total de 5 horas y 40 minutos que no solo incluye el cambio de rodamientos en el husillo del eje z, sino que además incluye factores fundamentales para su correcto funcionamiento como la verificación del líquido refrigerante y la verificación correcta del Aceite Lubricante. Pero una de las cosas más importantes es que gracias a las planillas de trabajos otorgadas que incluye factores fundamentales para un trabajo optimo, seguro y rápido que la mayoría de las empresas necesita, y además del paso a paso anexado de como desarmar el husillo de la maquina (ver anexo), es que la mantención a la maquina CNC LEADWELL-510 la puede realizar el mismo operador u persona con conocimientos básicos de mecánica, para así no perder ningún momento de producción que sin lugar a dudas para cualquier compañía o empresa se verá reflejado en una gran pérdida.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Llevar a cabo la mantención de los equipos de cualquier industria es un eje fundamental, para lograr eficiencia y eficacia en el proceso de producción, lo que no puede ser verificado si no se realiza una planificación efectiva para el correcto funcionamiento de los equipos y por ende obtener mayor rentabilidad, es el objetivo de toda empresa que quiere maximizar su producción.

Como se menciona en el comienzo del presente trabajo, el mantenimiento proporciona confiabilidad, productividad y eficiencia de las máquinas, sometidas a varios tipos de mantenimiento, los que pueden ser; predictivo, preventivo o correctivo, cada uno puede ser aplicado en la proporción que requiera.

Pese a que aún existe la mirada de efectuar el plan de mantenimiento correctivo, hoy las empresas inviertan más recursos en mantener equipos, evitando que las operaciones se vean afectadas, ante cualquier imprevisto que se pudiese presentar en un futuro.

En el presente estudio, revela que la máquina CNC, es uno de los equipos más utilizadas para la fabricación de todo tipo de piezas y artefactos metalmecánicos, cobrando relevancia en todo el proceso de producción de una industria y en este caso, en el proceso de educativo teórico- práctico de los estudiantes de diversas carreras impartidas por la Universidad Técnica Federico Santa María, que ayuda y facilita el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos logrando así profesionales calificados en el área.

Sin duda, el análisis FMEA (análisis de efectos y modos de falla) de cada uno de los componentes que se vieron involucrados al realizar el mantenimiento del día 06 de abril 2019, dan luz, que la máquina de control numérico computarizado se encontraba con importantes fallas y posteriormente se efectuó un análisis exhaustivo de los parámetros en los que se encontraba trabajando la máquina de estudio.

Gracias a los datos testeados, se elaboró un plan de mantenimiento predictivo y preventivo a través planillas de trabajo, que contemplan; seguridad, optimización de trabajo, periodos de revisión, entre otros, con el fin de lograr un óptimo funcionamiento de los componentes de la máquina que se vieron involucrados en dicha mantención, con el fin de evitar cualquier imprevisto en el proceso.

Es importante destacar, ante las fallas detectadas, se elaboró un programa de paso a paso para la revisión periódica o cambio de los rodamientos que se encuentran en el husillo de la maquina CNC TDC-510. Fundamentada en las recomendaciones del fabricante y las experiencias transmitidas por un experto en esta materia industrial.

En relación con los costos asociados, para la mantención de la máquina de control numérico computarizado, se obtuvo cotizaciones de empresas nacionales, las cuales

fueron visitadas para observar en detalle, lo que cada empresa comercializadora de insumos industriales ofrecía ante lo solicitado, corroborando en directo los conceptos de calidad y recomendación del fabricante, en la búsqueda de cada componente para la máquina TDC 510.

Cabe señalar que es de vital importancia, considerar las siguientes recomendaciones para el mantenimiento delicado del equipo en estudio:

- Usar planilla de trabajo, donde la seguridad, eficiencia y eficacia son los fundamentales conceptos para su creación, ayudando a tener historial de fallas y observaciones para el operador y equipo de la máquina.
- Utilizar como referente, el programa de paso a paso, para la revisión o cambio de rodamientos de equipo CNC 510, a fin de optimizar tiempos en la mantención y minimizar posibles riesgos asociados que podrían involucrar a docentes y alumnos de las diversas carreras impartidas por la Universidad Técnica Federico Santa María.
- Se recomienda la compra del refractómetro para el uso en la universidad, debido a que con este instrumento se podrá saber con mayor exactitud el estado de la solución del refrigerante, teniendo en cuenta que, si el refrigerante tiene una mayor cantidad de agua, no va a cumplir la función de disminuir la temperatura de operación, y si es que tiene mucho aceite, podría afectar a la salud de los operadores.

BIBLIOGRAFÍAS

1. Historia, Reseñas Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del mar
(online) <http://www.vinadelmar.usm.cl/> (reiteradas ocasiones para la realización de la tesis)
2. DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO A LA MAQUINA CNC LEADWELL 510 en la UTFSM, sede Viña del mar. Presencial con un experto en mantenimiento de CNC (consulta: 6 de abril 2019)
3. Tablas de la maquina CNC LEADWELL 510, PDF Oficial de la CNC (online) <http://www.leadwell.com.tw/DownFile.asp?sno=6774&L=E> (reiteradas ocasiones)
4. Cálculos de Rodamientos, fotografías, información, PDF Libro SKF (Online) https://www.skf.com/binary/89-121486/0901d19680416953-10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf
5. De máquinas y herramientas, información sobre funcionamiento de equipo CNC, (online) <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc> (reiteradas ocasiones).
6. FITCH J. TROYER D., Oil Analysis basics en español, Noria latín américa, 2004.
7. Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA) (Online) <https://blogdelacalidad.com/analisis-de-modos-de-fallas-y-efectos-fmea/> (Reiteradas ocasiones).
8. Especificaciones técnicas aceite lubricante SHELL TELLUS S2 M. http://www.chughes.cl/archivos/productos/Tellus_S2_M.pdf (Reiteradas ocasiones).
9. Análisis de los 5 porqué (Online) <https://www.pdcahome.com/los-5-porques-2/> (Reiteradas ocasiones)
10. Que es el mantenimiento industrial (Online) https://www.ecured.cu/Mantenimiento_industrial (Reiteradas ocasiones).
11. Refrigerante (Online) <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/101143-Las-ventajas-del-refrigerante-de-alta-presion-para-el-mecanizado-aeroespacial.html> (Reiteradas ocasiones)

ANEXOS

A) COMO DESARMAR EL HUSILLO DE LA MÁQUINA CNC LEADWELL TDC- 510



Fuente 3: Elaboración propia

Pasos para desarmar la maquina CNC Leadwell 510 (desarmar usillo del eje Z)

- 1.- Dirigirse a la parte trasera de la máquina, en el interruptor girar el selector hacia la zona blanca debidamente demarcada
- 2.- Cuando ya está encendida verificar la zona del ventilador está tirando aire, posicionando la mano en esta.
- 3.- Limpiar, en el caso que este sucio, el filtro de ventilador con aire a presión u otro elemento.
- 4.- Luego ir al panel de control de la máquina y en el botón EMERGENCY STOP, girar en sentido horario hasta que salte y luego presionar en la zona de POWER, el botón verde I.



Ventanillas

5.- Colocar la maquina en HOME

6.- Colocar el switch de INCREMENTAL&RAPID en 25% para evitar el desgaste excesivo de la bancada (eje X e Y)

7.- Colocar el switch AXIS SELECT en Z y posteriormente pulsar el botón HOME START

8.- Repetir paso dos en todos los ejes (Z-X-Y)

9.- RETIRAR ventanillas de la maquina situadas en cada costado.

10.-RETIRAR los cuatro pernos Alen con el fin de sacar la tapa frontal del eje z, donde aparecen todos los números de las herramientas.

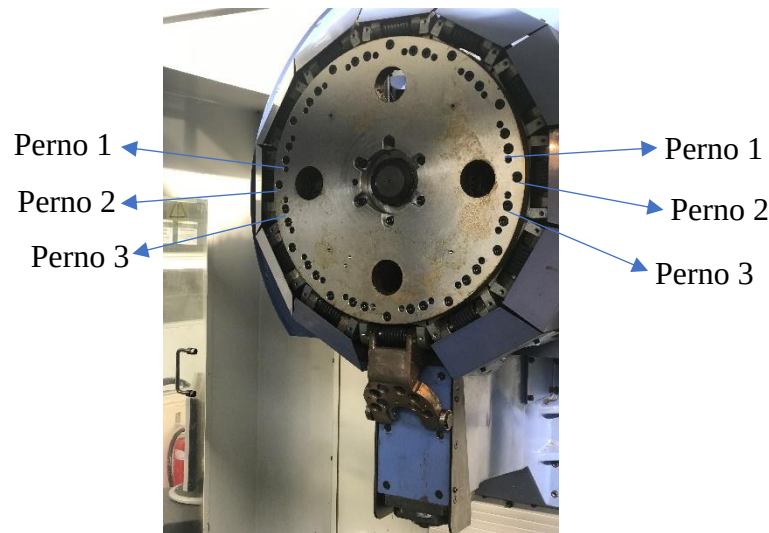


Fuente 4: Elaboración propia



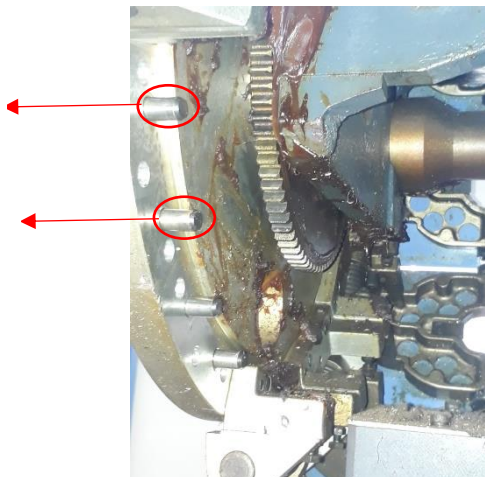
Fuente 5: Elaboración propia

11.- RETIRAR los tres pernos Allen del lado izquierdo y del lado derecho con el fin de retirar dos de los doce portaherramientas



Fuente 6: Imagen propia

12.- RETIRAR los portaherramientas, ejerciendo una leve fuerza hacia atrás, con el fin de sacarlo de las guías que este posee.



Fuente 8: Elaboración propia



Fuente 7: Elaboración propia

13.- AFLOJAR los cuatro pernos Allen tuercas que sostiene el motor del eje z



Fuente 9: Elaboración propia

14.-MOVER ligeramente el motor hacia atrás, haciendo que la correa que sostiene

15.-RETIRAR la tapa que sostiene el usillo en su parte posterior.



Fuente 10: Elaboración propia

16.- Con la ayuda de un compañero, RETIRAR el usillo delicadamente para no golpearlo.



Fuente 11: Elaboración propia

17.- Una vez con el usillo fuera de máquina, procederemos a DESATORNILLAR los cuatro pernos Allen que sujetan el engranaje.



Fuente 12: Elaboración propia

18.- DESMONTAR la tapa que protegen los rodamientos, retirando los cuatro pernos Allen

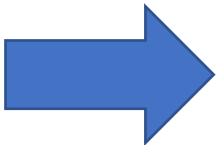


Fuente 13: Elaboración propia

19.- RETIRAR el seguro que obstruye el juego de los rodamientos con una LLAVE DE CONTACTO



Fuente 12: Elaboración propia



Fuente 13: Elaboración propia

20.- RETIRAR la camisa que protege a los rodamientos, colocándola en un tornillo de banco, en la misma posición de la imagen número 15 y posteriormente pegarle con una maseta de goma o cobre al extremo superior con el fin de sacar el rodamiento.



Fuente 14: Elaboración propia



Fuente 15: Elaboración propia

21.-RETIRAR los rodamientos:

21.1.- RETIRAR RODAMIENTO 1

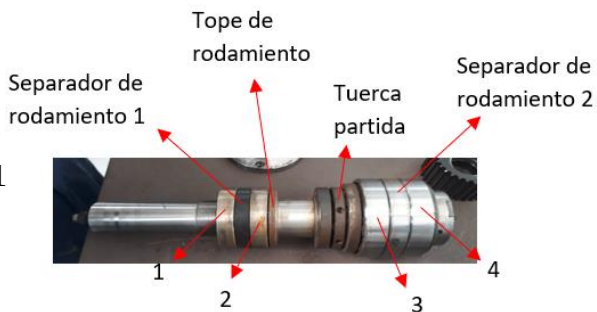
1.2.- RETIRAR SEPARADOR DE RODAMIENTO 1

21.3.- RETIRAR RODAMIENTO 2

21.4.- RETIRAR TOPE DE RODAMIENTO 2

21.5.- RETIRAR TUERCA PARTIDA

21.5.1.- Para retirar la tuerca partida, se deben AFLOJAR los pernos Allen que esta posee (imagen 17)



Fuente 16: Elaboración propia



Fuente 17: Elaboración propia

21.6.- RETIRAR RODAMIENTO 3

21.7.- RETIAR SEPARADOR DE RODAMIENTO 2

21.8.- RETIRAR RODAMIENTO 4

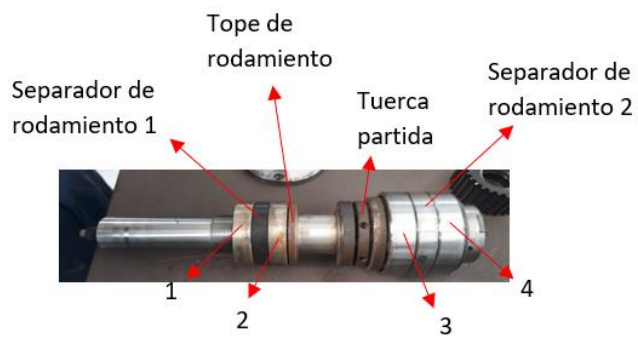
22.- Limpiar el eje con liquido penetrante.

Montaje de rodamiento en frio:

23.-Con el kit de herramientas para montaje de rodamientos, BUSCAR la herramienta que tenga una mejor posición para lograr que el rodamiento se posicione de la mejor manera evitando ángulos entre el eje y este mismo.



Fuente18:
<https://www.manpre.com.mx/herra>



Fuente16: Elaboración propia

24.- COLOCAR los rodamientos nuevos:

24.1.- INSERTAR NUEVO RODAMIENTO 4

24.2.-INSERTAR SEPARADOR DE RODAMIENTO 2

24.3.-INSERTAR NUEVO RODAMIENTO 3

24.4.-INSERTAR TUERCA PARTIDA

24.4.1.- Para insertar la tuerca partida, debemos posicionarla de la misma manera como se muestra en la imagen 19 y posteriormente apretar los pernos Allen que esta posee.



Fuente19: Elaboración propia

24.5.- INSERTAR TOPE RODAMIENTO

24.6.- INSERTAR RODAMIENTO 2

24.7.- INSERTAR SEPARADOR DE RODAMIENTO 1

24.8.- INSERTAR RODAMIENTO 1

25.- COLOCAR la camisa en su respectiva posición



Fuente 20: Elaboración propia



Fuente 21: Elaboración propia

26.- COLOCAR tuerca de seguridad con la LLAVE DE CONTACTO

Tuerca de seguridad



Fuente 22: Elaboración propia



Fuente 24: Llave de gancho
http://www.gedore.es/epages/prueba199411_tienda-online_biz.mobile/es_ES/ClassicView=1?ObjectPath=/Shops/prueba199411_tienda-online_biz/Products/40/SubProducts/%2240%2080-90%22

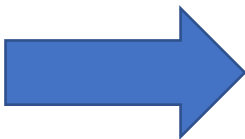


Fuente 23: Elaboración propia

27.- COLOCAR tapa que protege a los rodamientos con sus respectivos cuatro pernos Allen



Fuente 25: Elaboración propia



Fuente 26: Elaboración propia

29.- COLOCAR engranaje

29.1 Para colocar el engranaje debemos insertar las tres argollas de aluminio que este posee en su interior (imagen 27)



Fuente 27: Elaboración propia

29.2.- colocar el engranaje en la posición correcta (imagen 29) y COLOCAR sus cuatro pernos Allen



Fuente 28: Elaboración propia



Fuente 29: Elaboración propia



Fuente 30: Elaboración propia

30.- MONTAR en el husillo del eje z



Fuente 31: Elaboración propia



Fuente 32: Elaboración propia

31.- COLOCAR la tapa del husillo con sus cuatro pernos



Fuente 33: Elaboración propia

32.- MOVER el motor en la posición original y apretar ligeramente los 4 pernos que lo mantienen en posición correcta



Fuente 34: Elaboración propia

33.- RETIRAR tapa del costado de la máquina y verificar si la correa esta tensa palpándola con una pequeña presión.

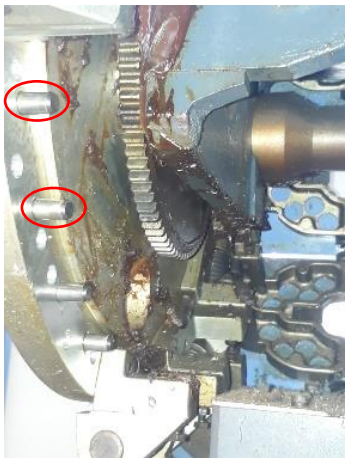


Fuente 35: Elaboración propia



Fuente 36: Elaboración propia

- 33.1.- Si esta tensa, seguir con el siguiente paso.
- 33.2.- Si no está tensa se debe colocar de tal manera que esta quede tensa y en posición
- 34.- APRETAR los cuatro pernos Allen del motor.
- 35.- COLOCAR los portaherramientas



Fuente 37: Elaboración propia

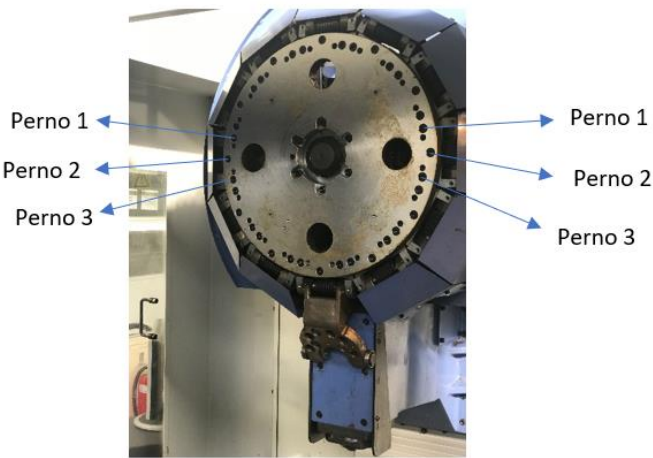


Fuente 38: Elaboración propia



Fuente 39: Elaboración propia

- 36.- COLOCAR los tres pernos Allen de los portaherramientas sustraídos anteriormente



Fuente 40: Elaboración propia

37.- COLOCAR la tapa que posee los números de cada carro portaherramientas.



Fuente 41: Elaboración propia

Calibración y verificación de máquina CNC LEADWELL 510

38.- Posteriormente se posiciona un reloj comparador en la máquina que este apoyada en un parte fija y rectangular de la bancada para empezar con la calibración.

39.- Se posiciona el reloj comparador con la ayuda del movimiento manual de la bancada y del husillo del equipo. Esto se realiza:

40.- Posicionando el selector de MODE SELECTION en MPG para poder manipular la máquina manualmente en todos sus ejes.

41.- Luego para seleccionar los ejes el selector AXIS SELECT, se posiciona según el eje que se quiera trabajar X, Y o Z

42.- Se hace presionar la punta del reloj comparador en la zona fija de la bancada y se deja en 0.

43.- Se posiciona nuevamente el selector MODE SELECTION en MDI

44.- Luego se va al tablero de la máquina y se presiona el botón POS, que muestra la posición de la bancada en los ejes X, Y y Z.

45.- Posteriormente se presiona el botón que calza con el texto RELATIVE de la pantalla del equipo.

46.- Luego de mostrar en la pantalla la posición relativa de la máquina, se presiona el botón X, Y o Z según el eje que se quiera llevar a 0

- 47.- Para que quede en 0 se presiona el botón CAN, con esto se podrá verificar de mejor manera si la maquina esta calibrada, puesto que se podrá ver si esta correctamente comunicada la parte eléctrica como la parte mecánica de desplazamiento de la máquina.
- 48.- Posteriormente se posiciona el selector MODE SELECTION en MPG, para poder manipular el equipo de forma manual.
- 49.- Con el selector AXIS SELECT el eje que se quiera calibrar
- 50.- Se procede a posicionar el selector INCREMENTAL &RAPID en x100, para mover en décima la bancada del equipo.
- 51.- A medida que se vaya girando con el selector MANUAL FEED, un tic de giro debería marcar una décima (depende de qué sentido se gire) en la pantalla del equipo y en el reloj comparador.
- 52.- Luego se repite el paso anterior, pero posicionando el selector INCREMENTAL &RAPID en x10 y se gira nuevamente el selector MANUAL FEED, un tic debería marcar una centésima (depende de qué sentido se gire) en la pantalla del equipo.
- 53.- En el caso de que ninguno de los pasos 51 y 52 se logre que el reloj comparador marque el desplazamiento deseado, se tiene que modificar los parámetros en la máquina.
- 54.- Posicionar el selector MODE SELECTION en MDI.
- 55.- Presionar el botón DGNOS PARAM varias veces hasta que en la pantalla muestre lo que sale en la imagen



Fuente 42: Elaboración propia

- 56.- Luego con los botones de CURSOR desplazarse hasta “PWE”, presionar el botón 1, después el botón IMPUT, con esto se podrán modificar los parámetros del equipo. Al realizar este procedimiento entrará en un estado de emergencia, que nos dice que no se podrá poner en marcha.

57.- Posteriormente con los botones PAGE desplazarse hasta que la pantalla muestre lo que sale en la imagen



Fuente 43: Elaboración propia

58.- Con los botones de CURSOR desplazarse hasta llegar a los números “535, 536 o 537” que depende del eje donde se quiera trabajar X, Y y Z respectivamente.

59.- Posteriormente se modifica el valor de estos parámetros dependiendo de las mediciones realizadas anteriormente, por ejemplo, si al momento de desplazar el MANUAL FEED para que en la pantalla marque 1 décima y el reloj comparador marca 0.6 décima, el parámetro en la pantalla se debe aumentar hasta que el reloj comparador marque la décima que debería marcar.

60.- A medida que se va modificando el parámetro, se verifica posicionando el selector MODE SELECTION en MPG, luego con el MANUAL FEED se gira verificando el reloj comparador

61.- Luego de tener todo correctamente calibrado, en la pantalla con los botones de PAGE se presionan hasta que la pantalla muestre lo que se ve en la imagen 40.

62.- Con los botones de CURSOR se desplaza hasta llegar al texto “PWE”, se presiona el botón 0 y posteriormente se presiona el botón IMPUT, con esto se baja el estado de emergencia y se puede operar el equipo.

63.- Posteriormente se procede a apagar el equipo, en la zona de POWER se presiona el botón O.

64.- Presionar el botón EMERGENCY STOP.

65.- Se dirige a la parte trasera del equipo y se procede a girar al selector de encendido a la zona “O OFF”.

B) COTIZACION DE RODAMIENTOS

COTIZACION N20190911

Señores : PARTICULAR

RUT 1

Dirección : SU N°

Comuna : OVALLE Ciudad OVALLE FONO

Atn. Sr.(ita) : FAX

De acuerdo a lo solicitado, tenemos el agrado de cotizarles lo siguiente:

Item	Cant.	Producto	Valor Unit.	Total
1	2	170RDM1000214	48.739	97.478
2	2	170RDM4400278	6.302	12.604
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

SON: CIENTO TREINTA MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y OCHO PESOS 00/100

NETO \$ 110.082

19 % IVA \$ 20.916

TOTAL \$ 130.998

Entrega 24-72 HRS

Validez de la oferta 7 DIAS

Condiciones de pago CONTADO

Fecha cotización martes, 24 de septiembre de 2019

Stock Sujeto a venta previa

A la espera de sus comentarios le saluda atte.

DATOS TRANSFER. ELECTRONICA / DEPOSITO

CTA-CTE 34646523

BANCO BCI

ENRIQUE OSSES E. Y CIA. LTDA.

77.012.800-5

José Araya Cabrera

Departamento de Ventas

Av. Independencia N° 298 - Ovalle

(53 2) 621 307

jose.araya@osses.cl

www.osses.cl

ENRIQUE OSSES E. Y CIA. LTDA.

ACDelco

GS BATTERY

MOTOROLA

LOCTITE

SKF

Sumitomo DriveTechnologies

Hanfai

Diversey

Kimberly Clark PROFESSIONAL

TORK

C) COTIZACIÓN DE REFRACTOMETRO

VETO Y COMPAÑÍA LIMITADA

Giro: Ventas al por menor de otros productos en almacenes no especializados N.C.P



INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

SAN EUGENIO 567 - ÑUÑO A

SANTIAGO - CHILE

C.P. 77 800 08 - FONO: +56-2-23554400

RUT: 82.525.800-0

COTIZACION N°

188.595

Fecha: 24/09/2019

CLIENTE : UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

FONO :

MAIL : nicolas.miranda8@gmail.com

ATENCION : NICOLAS MIRANDA BUSTOS

REFERENCIA : A SU CORREO ELECTRONICO

RUT : 81668700-4

#	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO LISTA	% DCTO.	PRECIO OFERTA	SUBTOTAL
1	R0020002	Refractometro CON ATC, rango 0-32% BRIX, marca REFRA TEC, Garantía 12 meses	1,00	52.886	12,50	46.275	46.275

** CLICK EN CÓDIGO PARA VER DETALLE DE PRODUCTO **

** VALORES EN PESOS, NO INCLUYEN IVA **

Forma de Pago : 30 días fecha factura con Orden de Compra

PRECIO OFERTA YA INCLUYE 12,50% DE DCTO

MONTO MINIMO PARA ORDEN DE COMPRA \$50.000 CON IVA.

PARA COMPRAS MENORES ADJUNTAR CHEQUE O PAGO EN EFECTIVO.

Para otras formas de pago y sus descuentos contáctese con el vendedor.

Condiciones de Pago : Todos los servicios deben ser pagados por anticipado, esto incluye: Calibraciones, Fabricaciones a pedido, Revisiones y/o Reparaciones de instrumentos, otros.

Validez Cotización : 15 días corridos.

Plazo de Entrega : Inmediata, (Cantidad sujeta a venta previa).

Lugar de Entrega : En nuestras oficinas.

Despachos : VETO mantiene contratos con empresas de transporte para el despacho de mercadería en todo el territorio nacional ya sea a domicilio o hasta las oficinas de la empresa de transportes, según infraestructura disponible en destino. Los despachos contratados y pagados a VETO están asegurados contra daños o pérdida durante el transporte.

Tiempo estimado recepción: RM, III-XIV: 2 días hábiles; I, II, XI, XII, XV: 3 días hábiles.

El despacho contratado directamente por el cliente es de su exclusiva responsabilidad en cuanto a coordinación de retiro, entregas, seguros, reclamos, etc. La empresa de transportes contratada por el cliente, debe retirar la mercadería desde nuestras oficinas.

IMPORTANTE : PARA SU COMPRA DEBE PRESENTAR RUT ORIGINAL O FOTOCOPIA LEGALIZADA

INDICAR N° DE COTIZACION EN SU ORDEN DE COMPRA

[INFORMACION PARA TRANSFERENCIAS Y DEPOSITOS](#)

Saluda atte. a Uds.

VENTAS ONLINE C.REYES

ventas.online@veto.cl - www.veto.cl



D) COTIZACIÓN DE LUBRICANTE SHELL TELLUS S2 MX 32

 
CHRISTIAN HUGHES Y CIA. LTDA.
78.067.140-8
DISTRIBUIDOR OFICIAL V REGION
LUBRICANTES SHELL
AV.CONCON 1655 - SANTA INES
VIÑA DEL MAR
FONOS: 2979701 - 2979331 - 2882037

Nº de Cotiz.: 6453
Fecha: 02/10/2019

Nº OC: \$
Moneda:

Cotización

Nombre: UNIVERSIDAD FEDERICO SANTA MARIA R.U.T.: 816687004
Dirección: AVDA. ESPAÑA Nº1680
Ciudad: VALPARAISO Comuna: VALPARAISO
Zona: Fax:
Teléfono: 322277700 Vendedor: OFICINA

Observación:

Estimado(s) Señor(s):
De acuerdo a lo solicitado por ustedes, tengo el agrado de cotizarle lo siguiente:

Cantidad	U. Med.	Descripción	P.Unit	Descuento	Valor Total
1.	18.9LT	SHELL TELLUS S2 MX 32 18.9 LITROS	46,793.	0	46,793
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

CONDICIONES GENERALES:	SubTotal	46,793
VALORES NETO MAS IVA	Iva	8,891
FORMA DE PAGO A CONVENIR	Total	55,684
DURACION DE LA PRESENTE 7 DIAS.		

Transferencias Bancarias: Christian Hughes y Cia. Ltda. Cta. Cte. Nº 6210748 - 00 Bco. Scotiabank

E) COTIZACIÓN DE GRASA PARA RODAMIENTOS

SODIMAC
Local OVALLE

COTIZACION: 729721582

FECHA : 30/09/2019
R.U.T. : 19287331-2
Senor(es): MATIAS ROJAS
Atencion Sr. (a):

DIRECCION : PROLONGACION BENAVENTE 1075
FONO : 002-8272600
FAX : 8272610

FAX :
Form. Pago: Contado
Plazo : 000 dia(s)

BARCODE

CODIGO DESCRIPCION

UM

CANTID

PRECIO
Sin Iva

PRECIO
Con Iva

TOTAL

EST

DIS

444669 GRASA PARA RODAMIENTOS 400GRS

CU

3.00

2958

3520

10560

Tot.Kilos Doc: 1.2 Kls.
Tot.Kilos Despacho: .0 Kls.

Total: \$ 10560

Ahorro: \$ 0

* Los precios INCLUYEN I.V.A.
* Cotizacion valida por TRES (3) dias.
* Cotizacion NO ASEGURA disponibilidad del producto y se solicita confirmar existencia al momento de la compra.
* Despacho Normal: Se efectua dentro de las siguientes 48 hrs. desde que usted paga el servicio en caja.
Horario de entrega 9:00 a 21:00 hrs.
Cotizado por : DARNY KIMBERLY DURAN PAST
P. Sodimac S.A.

NO PASAR POR CAJA
SOLO COTIZACIÓN
PRECIO