



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico

Título del Proyecto de Investigación:

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA GUÍA DESLIZANTE PARA SIERRA DE LA
EMPRESA TERRATÉCNICA S.A. UBICADA EN EL CANTÓN VALENCIA-LOS
RÍOS”**

AUTOR:

Peñafiel Soledispa Johnny Geremias

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Guadalupe Almeida Jorge Luis, MSc.

Quevedo –Los Ríos – Ecuador.

2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Johnny Geremias Peñafiel Soledispa**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Johnny Geremias Peñafiel Soledispa

C.C. # 0928082734



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Jorge Luis Guadalupe Almeida, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Johnny Geremias Peñafiel Soledispa**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**CONSTRUCCIÓN DE UNA GUÍA DESLIZANTE PARA SIERRA DE LA EMPRESA TERRATÉCNICA S.A. UBICADA EN EL CANTÓN VALENCIA-LOS RÍOS**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Jorge Luis Guadalupe Almeida, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Por medio del presente me permito certificar, que el Sr. **Johnny Geremias Peñafiel Soledispa**, con cédula N°.- **0928082734**, estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica presencial del paralelo “A”, una vez que se revisó el proyecto de investigación titulado **“CONSTRUCCIÓN DE UNA GUÍA DESLIZANTE PARA SIERRA DE LA EMPRESA TERRATÉCNICA S.A. UBICADA EN EL CANTÓN VALENCIA-LOS RÍOS”**, tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 0 %.

Se adjunta imagen del sistema **Urkund**

URKUND	
Documento	Proyecto de Investigacion-UTEQ - correcciones.pdf (D53538475)
Presentado	2019-06-06 12:10 (-05:00)
Presentado por	jguadalupe@uteq.edu.ec
Recibido	jguadalupe.uteq@analysis.orkund.com
	0% de estas 44 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Ing. Jorge Luis Guadalupe Almeida, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“construcción de una guía deslizante para sierra de la empresa Terratécnica s.a. ubicada en el cantón Valencia-los Ríos”

Presentado al Consejo Académico como requisito previo a la obtención de título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Omar Arturo Cevallos Muñoz MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Gabriel Alejandro Arellano Ortiz MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José David Barros Enriquez MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS - ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme las fuerzas y bendición de lograr mis sueños.

A mis padres, Rosa Soledispa y Luis Peñafiel, por haberme cuidado y enseñado valores desde mi infancia hasta la actualidad, por haberme dado y apoyado en la educación.

A mis hermanos, por el apoyo incondicional que me ofrecen día a día.

Al Ing. Jorge Guadalupe, por su guía y consejos, para cumplir los retos.

Al Ing. Gabriel Pico, por sus acertadas sugerencias.

A Mendoza Jonathan, Palma Cristhian, amigos en las buenas y malas.

Al Personal docente que estuvo presente durante todo el camino de la carrera.

A mis amigos y amigas que compartimos experiencias a diarios.

Johnny Geremias Peñafiel Soledispa

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Rosa, mi razón de luchar, inspiración por seguir adelante, los amo mucho con todo el corazón.

A mi hermano Holgar, por ayudarme e inspirarme a descubrir mis habilidades informáticas.

A mi hermano Jairo, por estar presente ante cualquier ayuda.

A mi hermano Freddy, por apoyarme ante los desafíos propuestos.

A mi hermano Darwin, quien me apoya ante cualquier emergencia.

Al Ing. Jorge Guadalupe, por ser más que un director, un amigo.

Johnny Geremias Peñafiel Soledispa

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

El presente documento está estructurado para construir un modelo de guía deslizante para sierra de la empresa Terratécnica. En el primer capítulo se explica porque es necesario desarrollar un nuevo modelo de guía deslizante, justificando los requerimientos necesarios, y el proceso a seguir para la construcción. En el segundo capítulo se desarrolla la base teórica para comprender los riesgos producidos al manipular una máquina, y, empleo del método ordinal corregido de criterios ponderados, para seleccionar la alternativa más viable. En el tercer capítulo se presenta la ubicación, materiales y herramientas necesarios para construir la guía deslizante. En el cuarto capítulo se explican los resultados de cada modelo diseñado: guía deslizante manual con volante, guía deslizante electromecánica, guía deslizante hidráulica, guía deslizante neumática. Además, se realiza la selección del mejor modelo mediante la valoración de criterios ponderados, para su construcción, pruebas y medición del riesgo ergonómico después de la construcción. En el quinto capítulo se presentan las conclusiones respecto de cada objetivo realizado y recomendaciones para el uso y mantenimiento del mismo. En el sexto capítulo se fundamenta la bibliografía, base de la cual fue extraída la información. En el séptimo capítulo se muestran los anexos de tablas, valoración mediante un CheckList, construcción y ubicación de la guía deslizante dentro de la empresa.

Palabras claves: guía, sierra, ergonomía, electromecánica, hidráulica, neumática

ABSTRACT AND KEYWORDS

This document is structured to build a sliding guide model for saw from Terratécnica. In the first chapter it is explained why it is necessary to develop a new sliding guide model, justifying the necessary requirements, and the process to be followed for the construction. In the second chapter the theoretical basis to understand the risks produced when manipulating a machine is developed, and, use of the ordinal method corrected by weighted criteria, to select the most viable alternative. In the third chapter, the location, materials and tools necessary to build the sliding guide are presented. In the fourth chapter the results of each designed model are explained: manual sliding guide with steering wheel, electromechanical sliding guide, hydraulic sliding guide, pneumatic sliding guide. In addition, the selection of the best model is made through the evaluation of weighted criteria, for its construction, testing and measurement of ergonomic risk after construction. The fifth chapter presents the conclusions regarding each objective and recommendations for its use and maintenance. In the sixth chapter, the bibliography is based, from which the information was extracted. The seventh chapter shows the annexes of tables, valuation through a CheckList, construction and location of the sliding guide within the company.

Keywords: guide, saw, electromechanical, hydraulic, pneumatic

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
CÓDIGO DUBLIN	xx
NOMENCLATURA DE FÓRMULAS EN MÉCANICA	xxi
NOMENCLATURA DE FÓRMULAS EN SEGURIDAD	xxiii
TABLA DE UNIDADES	xxiv
TABLA DE CONVERSIONES	xxiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de la investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.	4
1.2.1. Objetivo General.	4
1.2.2. Objetivos Específicos.	4
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1. Marco conceptual.	7
2.2. Marco referencial.	8
2.2.1. Sierra circular.	8
2.2.2. Sierra de banco circular.	8
2.2.2.1. Partes de una sierra circular de mesa tradicional manual.....	10

2.2.2.2.	Funcionamiento de la guía deslizante.	11
2.2.2.3.	Aparato de avance sobre la mesa de trabajo.....	12
2.2.3.	Canteadado mediante la sierra circular de cantear con avance a mano.	13
2.2.4.	Canteadado en sierras circulares automáticas.	13
2.2.5.	La evaluación ergonómica en puestos de trabajo.	14
2.2.5.1.	La evaluación inicial de riesgos.	15
2.2.5.2.	Métodos de evaluación ergonómica.	16
2.2.6.	Criterios de aplicación a movimientos repetitivos de miembro superior.	17
2.2.7.	Protocolo del movimiento repetitivo.	17
2.2.7.1.	Mecanismo de acción.	18
2.2.7.2.	Efecto biomecánico.	18
2.2.7.3.	Efecto sobre la salud al manipular la guía deslizante.....	18
2.2.8.	Traumatismos acumulados específicos en mano y muñeca.	18
2.2.9.	Traumatismos acumulados específicos en brazo y codo.....	19
2.2.10.	Traumatismos acumulativos específicos en hombros.	20
2.2.11.	Evaluación del riesgo por trabajo repetitivo.....	20
2.2.12.	Checklist OCRA para la evaluación rápida de la exposición al riesgo de TME... 21	
2.2.13.	Factores para la evaluación checklist OCRA.	21
2.2.13.1.	Datos organizativos.	21
2.2.13.2.	Factor de recuperación.	21
2.2.13.3.	Factor frecuencia.	22
2.2.13.4.	Factor Fuerza.	22
2.2.13.5.	Factor Posturas y movimientos.	23
2.2.13.6.	Factores de riesgo complementarios.	24
2.2.13.7.	Factor duración.....	24
2.2.13.8.	Cálculo del índice Checklist OCRA y nivel de riesgo.	25
2.2.14.	Diseño de máquinas.....	25
2.2.14.1.	Diseño. 25	
2.2.14.2.	Fases e interacciones del proceso de diseño.....	26
2.2.14.3.	Conocimientos necesarios en el diseño mecánico.....	27
2.2.14.4.	Proceso de realización del producto o PRP.....	27
2.2.14.5.	Consideraciones generales del diseño.	28
2.2.15.	Cinemática.....	29

2.2.16. Cinemática rectilínea: movimiento continuo.	30
2.2.17. Cinética.....	31
2.2.18. Diseño de engranajes.....	33
2.2.18.1.Nomenclatura.	34
2.2.18.2.Fundamentos.	35
2.2.18.3.Interferencia.....	36
2.2.18.4.Formación de dientes de engranes.....	38
2.2.19. Neumática.....	38
2.2.19.1.Composición y características del aire.	39
2.2.19.2.Ventajas y desventajas del aire comprimido.	40
2.2.19.3.Propiedades.	40
2.2.20. Hidráulica.	41
2.2.21. Comparación entre neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica.....	42
2.2.22. Métodos de evaluación de soluciones.	42
CAPÍTULO III	44
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	44
3.1. Localización.	45
3.2. Tipos de investigación.....	45
3.3. Métodos de investigación.....	46
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	46
3.5. Diseño de la investigación.....	46
3.6. Instrumentos de investigación.	47
3.7. Tratamiento de los datos.....	47
3.8. Recursos humanos y materiales.	47
CAPÍTULO IV	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Medición del riesgo ergonómico sobre la guía deslizante de la sierra 1 en la empresa Terratécnica S.A.....	49
4.1.1. Evaluación Checklist OCRA sobre la guía deslizante.	49
4.1.2. Valorización de los factores.	50
4.1.2.1. Para el factor duración.....	50
4.1.2.2. Para el factor recuperación.	51
4.1.2.3. Para el factor frecuencia.	51
4.1.2.4. Para el factor fuerza.....	51

4.1.2.5. Para el factor postura y movimientos.....	57
4.2. Diseño de guías deslizantes para sierra 1 de la empresa Terratécnica S.A.	59
4.2.1. Diseño manual con volante mediante engranajes.....	59
4.2.1.1. Consideraciones del diseño mediante un tren de engranajes.	59
4.2.1.2. Análisis de dimensionamiento para el diseño del tren de engranajes.	61
4.2.1.3. Análisis de fuerzas sobre el volante y engranaje motriz.	65
4.2.1.4. Factores sobre los engranajes.....	68
4.2.1.5. Flexión del engranaje recto basado en ANSI/AGMA 2001-d04.	77
4.2.1.6. Desgaste del engranaje recto basado en ANSI/AGMA 2001-d04.	78
4.2.2. Diseño electromecánico de la guía deslizante.....	80
4.2.3. Diseño hidráulico de la guía deslizante.....	82
4.2.3.1. Consideraciones del diseño mediante pistones hidráulicos.....	82
4.2.3.2. Análisis del muelle cuando mantiene firme la mesa.	83
4.2.3.3. Análisis del muelle cuando tiende a sufrir por fatiga.....	86
4.2.3.4. Análisis de fuerza sobre la palanca	90
4.2.4. Diseño Neumático de la guía deslizante.....	92
4.3. Selección de la mejor alternativa para la guía deslizante.....	93
4.4. Construcción de la guía deslizante.....	95
4.5. Pruebas de funcionamiento.	96
4.6. Medición del riesgo ergonómico final.....	97
CAPÍTULO V	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones.....	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Unidades empleadas para medir presión	xxiv
Tabla 2 Unidades empleadas para medir caudal	xxiv
Tabla 3 Equivalencia entre unidades empleadas para medir presión	xxiv
Tabla 4 Valor de puntuación en las extremidades del cuerpo	23
Tabla 5 Puntuación para el multiplicador de duración neta del movimiento repetitivo.....	24
Tabla 6 Nivel de riesgo por trabajo repetitivo	25
Tabla 7 Consideraciones generales de diseño	29
Tabla 8 Composición química del aire	39
Tabla 9 Ventajas y desventajas del aire comprimido	40
Tabla 10 Evaluación del peso específico de cada criterio	93
Tabla 11 Evaluación del peso específico del criterio peso.....	94
Tabla 12 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	94
Tabla 13 Evaluación del peso específico del criterio precio	94
Tabla 14 Tabla de conclusiones por la evaluación de cada criterio ponderado	95
Tabla 15 Medición de tiempos realizados por la guía deslizante actualmente.....	111
Tabla 16 Valoración de acciones Técnicas estáticas de frecuencias	113
Tabla 17 Valorización para el factor complementario	115
Tabla 18 Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico.....	124
Tabla 19 Características comparativas de los sistemas neumático/hidráulico y eléctrico/electrónico	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Los dientes de sierra rotos o los pedazos de madera son un riesgo para el operador	9
Figura 2 Sierra de mesa circular de corte a medida fija y canteo	10
Figura 3 Equipo mínimo de accesorios	10
Figura 4 Sierra circular de mesa tradicional	10
Figura 5 Soporte y guía de mesa deslizante de sierra horizontal.....	12
Figura 6 Canteado con un dispositivo de avance adaptado a la sierra circular de mesa	12
Figura 7 Sierra circular en brazo oscilante y carro sobre rodillos	13
Figura 8 Sierra circular de hojas múltiples, coraza del dispositivo de presión con el árbol de la sierra y rodillo de presión.....	14
Figura 9 Esquema de selección de métodos según la tarea	15
Figura 10 Esquema de reducción del riesgo mediante el rediseño de puestos	16
Figura 11 Pasos en el proceso de diseño	26
Figura 12 Conocimientos necesarios para el diseño mecánico	27
Figura 13 Proceso de realización del producto o PRP.....	28
Figura 14 Posición de una partícula	30
Figura 15 Desplazamiento de una partícula	30
Figura 16 Velocidad de una partícula.....	31
Figura 17 Aceleración de una partícula.....	31
Figura 18 Peso de una partícula.....	32
Figura 19 Fuerzas sobre una partícula.....	33
Figura 20 Diagrama de cuerpo libre de una partícula	33
Figura 21 Engranajes rectos	33
Figura 22 Nomenclatura de los dientes de engranajes rectos.....	34
Figura 23 Círculos de la configuración de un engranaje	35
Figura 24 Relación del círculo base con el ángulo de presión y el radio del círculo	35
Figura 25 Tamaños reales de dientes de engranaje de diversos pasos diametrales.....	36
Figura 26 Interferencia en la acción entre dientes	37
Figura 27 Preparación del aire.....	39
Figura 28 Localización de la empresa Terratécnica S.A.....	45
Figura 29 Diagrama medición de fuerzas axial sobre la sierra 1.....	52
Figura 30 Diagrama de la medición de fuerzas transversal sobre la sierra 1	55

Figura 31	Diseño de la guía deslizante mediante engranajes	59
Figura 32	Tren de engranajes para la guía deslizante.....	62
Figura 33	Juego de engranajes rectos	65
Figura 34	Diagrama de fuerzas sobre el engranaje motriz	67
Figura 35	Factor de forma de Lewis Y de acuerdo al número de dientes del engranaje.....	68
Figura 36	Factor geométrico de resistencia a la flexión J	69
Figura 37	Factor de esfuerzo, YN	72
Figura 38	Factor de esfuerzo, ZN	73
Figura 39	Factor del espesor del aro, KB.....	74
Figura 40	Factor de extremos del cojinete.....	76
Figura 41	Factor de alineación del acoplamiento, Cma	76
Figura 42	Engranajes cónicos.....	79
Figura 43	varilla roscada conectada con la cremallera.....	79
Figura 44	Diseño electromecánico de la guía deslizante.....	80
Figura 45	Diseño de engranajes rectos que acoplan al motor	81
Figura 46	Diseño de guía deslizante hidráulica.....	82
Figura 47	Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia, e intersecciones importantes en el primer cuadrante de los criterios de falla Gerber y Langer	87
Figura 48	Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia, e intersecciones importantes en el primer cuadrante de los criterios de falla Goodman modificado y Langer	89
Figura 49	Palanca sobre la guía deslizante	91
Figura 50	Diagrama de cuerpo libre de la palanca diseñada	92
Figura 51	Guía deslizante hidráulica	95
Figura 52	Contactos de la guía deslizante sobre la mesa de sierra.....	96
Figura 53	Diagrama medición de fuerzas axial de la guía deslizante construida.....	97

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec. 2.2.1 Tiempo neto de trabajo repetitivo	21
Ec. 2.2.2 Tiempo neto del ciclo	21
Ec. 2.2.3 Número de acciones por minuto.....	22
Ec. 2.2.4 Valor del factor frecuencia	22
Ec. 2.2.5 Valor del factor postura.....	23
Ec. 2.2.6 Valor del factor complementario.....	24
Ec. 2.2.7 Valor del nivel de riesgo Checklist OCRA	25
Ec. 2.2.8 Desplazamiento de una partícula.....	30
Ec. 2.2.9 Velocidad de una partícula	31
Ec. 2.2.10 Aceleración de una partícula	31
Ec. 2.3.11 Peso de un cuerpo.....	32
Ec. 2.3.12 Movimiento de una partícula.....	32
Ec. 2.2.13 Paso diametral de un engranaje	34
Ec. 2.2.14 Módulo de engranaje	34
Ec. 2.2.15 Paso circular de engranaje.....	34
Ec. 2.2.16 Radio base de engranaje	35
Ec. 2.2.17 Espesor de engranaje	36
Ec. 2.2.18 Número de dientes del piñón.....	37
Ec. 2.2.19 Gases idelas	40
Ec. 2.2.20 Presión	40
Ec. 2.2.21 Presión manométrica	41
Ec. 2.2.22 Caudal.....	41
Ec. 4.2.1 Aceleración de un engranaje	65
Ec. 4.2.2 Torque	66
Ec. 4.2.3 Fuerza radial	66
Ec. 4.2.4 Potencia engranajes	67
Ec. 4.2.5 Velocidad en línea de paso engranajes.....	67
Ec. 4.2.6 Coeficiente elastico en engranajes	68
Ec. 4.2.7 Factor geométrico de resistencia superficial	70
Ec. 4.2.8 Factor A.....	71
Ec. 4.2.9 Factor B	71
Ec. 4.2.10 Factor dinámico engranajes.....	71

Ec. 4.2.11 Factor de confiabilidad.....	71
Ec. 4.2.12 Factor de ciclos de esfuerzo Y_n	72
Ec. 4.2.13 Factor de ciclos de esfuerzo Z_n	73
Ec. 4.2.14 Factor de espesor del aro	74
Ec. 4.2.15 Factor del tamaño de un engranaje.....	74
Ec. 4.2.16 Factor C_{pf}	75
Ec. 4.2.17 Factor de distribución de la carga.....	77
Ec. 4.2.18 Factor de dureza	77
Ec. 4.2.19 Esfuerzo de flexión engranajes.....	77
Ec. 4.2.20 Factor de seguridad por flexión engranajes.....	78
Ec. 4.2.21 Esfuerzo de desgaste engranajes	78
Ec. 4.2.22 Factor de seguridad por desgaste engranajes	78
Ec. 4.2.23 Esfuerzo último de engranajes	83
Ec. 4.2.24 Esfuerzo de fluencia a la torsión	83
Ec. 4.2.25 Número de espiras activas de un resorte	83
Ec. 4.2.26 Diámetro de la espira de un resorte	84
Ec. 4.2.27 La razón de un resorte	84
Ec. 4.2.28 Longitud máxima de unresorte.....	84
Ec. 4.2.29 Fuerza aplicada a un resorte	84
Ec. 4.2.30 Índice de un resorte	85
Ec. 4.2.31 Factor de curvatura de un resorte	85
Ec. 4.2.32 Esfuerzo cortante máximo de un resorte	85
Ec. 4.2.33 Factor de seguridad de un resorte.....	85
Ec. 4.2.34 Paso de un resorte.....	86
Ec. 4.2.35 Fuerza alternante	86
Ec. 4.2.36 Fuerza media	87
Ec. 4.2.37 Resistencia al corte resorte	87
Ec. 4.2.38 Límite de resistencia a la fatiga Gerber.....	88
Ec. 4.2.39 Resistencia a la fatiga alternante Gerber	88
Ec. 4.2.40 Limite de resistencia a la fatiga por Goodman.....	89
Ec. 4.2.41 Resistencia a la fatiga alternante por Goodman	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Solicitud empresa Terratécnica S.A.....	105
Anexo 2 Ubicación de máquinas en el área de producción de la empresa Terratécnica S.A.	106
Anexo 3 Sierras de la empresa TERRATÉCNICA S.A.....	107
Anexo 4 Sierra 1 de la empresa TERRATÉCNICA S.A.	107
Anexo 5 Movimiento sobre la guía deslizante antes de la modificación	108
Anexo 6 Área de trabajo sobre la sierra 1	108
Anexo 7 Medición de fuerza en forma axial sobre la sierra 1	109
Anexo 8 Medición de fuerza en forma transversal sobre la sierra 1	109
Anexo 9 Medición de fuerza en forma axial sobre la sierra 2.....	110
Anexo 10 Medición de fuerza en forma axial sobre la sierra 3.....	110
Anexo 11 Medición de la masa en una balanza digital	111
Anexo 12 Valorización de recuperación Checklist OCRA	112
Anexo 13 Valorización de frecuencia dinámica Checklist OCRA.....	112
Anexo 14 Valorización de fuerza Checklist OCRA.....	113
Anexo 15 Valorización de postura Checklist OCRA	114
Anexo 16 Componentes del sistema hidráulico de la guía deslizante.....	126
Anexo 17 Pistones de la guía deslizante hidráulica.....	126
Anexo 18 Palanca y base del muelle de la guía deslizante.....	127
Anexo 19 Montaje de la guía deslizante hidráulica.....	127
Anexo 20 Separación sobre la mesa y base de contacto con el muelle de la guía deslizante hidráulica.....	128
Anexo 21 Medición de fuerzas sobre el guía deslizante hidráulica	128
Anexo 22 Diseño de guía deslizante modelo hidráulico	129
Anexo 23 Vista superior del diseño de la guía deslizante hidráulica	129

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Construcción de una guía deslizante para sierra de la empresa Terratécnica S.A. ubicada en el cantón Valencia-Los Ríos
Autor:	Peñafiel Soledispa, Johnny Geremias
Palabras clave:	Guía Sierra Ergonomía Electromecánica Hidráulica Neumática
Fecha de publicación:	
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2019
Resumen:	<p>Resumen .- El presente documento está estructurado para construir un modelo de guía deslizante para sierra de la empresa Terratécnica. En el primer capítulo se explica porque es necesario desarrollar un nuevo modelo de guía deslizante, justificando los requerimientos necesarios, y el proceso a seguir para la construcción. En el segundo capítulo se desarrolla la base teórica para comprender los riesgos producidos al manipular una máquina, y, empleo del método ordinal corregido de criterios ponderados, para seleccionar la alternativa más viable. En el tercer capítulo se presenta la ubicación, materiales y herramientas necesarios para construir la guía deslizante. En el cuarto capítulo se explican los resultados de cada modelo diseñado: guía deslizante manual con volante, guía deslizante electromecánica, guía deslizante hidráulica, guía deslizante neumática. Además, se realiza la selección del mejor modelo mediante la valoración de criterios ponderados, para su construcción, pruebas y medición del riesgo ergonómico después de la construcción. En el quinto capítulo se presentan las conclusiones respecto de cada objetivo realizado y recomendaciones para el uso y mantenimiento del mismo. En el sexto capítulo se fundamenta la bibliografía, base de la cual fue extraída la información. En el séptimo capítulo se muestran los anexos de tablas, valoración mediante un CheckList, construcción y ubicación de la guía deslizante dentro de la empresa.</p> <p>Abstract .- This document is structured to build a sliding guide model for saw from Terratécnica. In the first chapter it is explained why it is necessary to develop a new sliding guide model, justifying the necessary requirements, and the process to be followed for the construction. In the second chapter the theoretical basis to understand the risks produced when manipulating a machine is developed, and, use of the ordinal method corrected by weighted criteria, to select the most viable alternative. In the third chapter, the location, materials and tools necessary to build the sliding guide are presented. In the fourth chapter the results of each designed model are explained: manual sliding guide with steering wheel, electromechanical sliding guide, hydraulic sliding guide, pneumatic sliding guide. In addition, the selection of the best model is made through the evaluation of weighted criteria, for its construction, testing and measurement of ergonomic risk after construction. The fifth chapter presents the conclusions regarding each objective and recommendations for its use and maintenance. In the sixth chapter, the bibliography is based, from which the information was extracted. The seventh chapter shows the annexes of tables, valuation through a CheckList, construction and location of the sliding guide within the company.</p>
Descripción:	154 hojas: Dimensiones 29x21 cm
URL:	

NOMENCLATURA DE FÓRMULAS EN MÉCANICA

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES
a	Aceleración, altura de cabeza del diente	m/s^2
A	Área, constante	$m^2, MPa * mm^m$, adim.
d	Espesor de alambre, distancia	mm
D	Diámetro	mm
D_e	Diámetro exterior del alambre	mm
c	Juego de engranajes	Adimensional
E	Módulo de elasticidad	MPa
F	Fuerza	N
F_a	Fuerza alternante	N
F_m	Fuerza media	N
F_{max}	Fuerza máxima	N
F_{min}	Fuerza mínima	N
g	Aceleración de la gravedad	m/s^2
k	Razón del resorte	N/mm
K_B	Efecto de curvatura	adimensional
L_s	Longitud solida de resorte	mm
m	Módulo, constante	adimensional
M	Masa	kg
n_s, n_f	Factor de seguridad	adimensional
N	Número de ciclos	rps
N_a	Número de espiras activas	adimensional
N_t	Número total de espiras	adimensional
p	Paso del alambre	mm
P	Presión absoluta	Pa
P_{atm}	Presión atmosférica	Pa
P_{man}	Presión manométrica	Pa

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES
Q	Caudal	m^3/s
R	Confiabilidad	adimensional
R_U	Constante particular del gas	$J/(K * mol)$
s	Posición de una partícula	m
Δs	Desplazamiento de una partícula	m
S_c	Resistencia a la fatiga AGMA	MPa
S_{sa}	Resistencia a la fatiga alternante	MPa
S_{se}	Límite de resistencia a la fatiga	MPa
S_{sm}	Resistencia a la fatiga media	MPa
S_{su}	Resistencia al corte	MPa
S_{sy}	Esfuerzo de fluencia a la torsión	MPa
S_t	Resistencia a la flexión AGMA	MPa
S_{ut}	Esfuerzo máximo a tensión	MPa
S_y	Límite de fluencia	MPa
T	Temperatura absoluta	K
t	Tiempo	s
τ	Esfuerzo cortante	MPa
V	Volumen total	m^3
v	Velocidad	m/s
ν	Módulo de poisson	adimensional
W	Peso	N
y_{min}	Desplazamiento mínimo	mm
ϕ_n	Ángulo de presión	grados

NOMENCLATURA DE FÓRMULAS EN SEGURIDAD

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	UNIDADES
<i>A.T/min</i>	Número de acciones por minuto	<i>n°/min</i>
<i>ATD</i>	Valor de acciones técnicas dinámicas	Adimensional
<i>ATE</i>	Valor de acciones técnicas estáticas	Adimensional
<i>FC</i>	Factor complementario	Adimensional
<i>FD</i>	Factor duración	Adimensional
<i>FF</i>	Factor frecuencia	Adimensional
<i>F_{fm}</i>	Factores físico-mecánicos	Adimensional
<i>F_{so}</i>	Factor socio-organizativos	Adimensional
<i>FFz</i>	Factor fuerza	Adimensional
<i>FP</i>	Factor postura y movimiento	Adimensional
<i>FR</i>	Factor recuperación	Adimensional
<i>No. ciclos</i>	Número de piezas por turno	Adimensional
<i>TNTR</i>	Tiempo neto de trabajo repetitivo	<i>min</i>
<i>T.ciclo</i>	Tiempo neto del ciclo	<i>s</i>

TABLA DE UNIDADES

Tabla 1 *Unidades empleadas para medir presión*

UNIDADES DE PRESIÓN	SÍMBOLO
Pascal	<i>Pa</i>
Libras por pulgada cuadrada	<i>Psi</i>
Atmósferas	<i>Atm</i>
Milímetros de mercurio	<i>mmHg</i>
Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado	<i>kgf/cm²</i>
Bar	<i>Bar</i>

FUENTE: NEUMÁTICA BÁSICA

ELABORADO: AUTOR

Tabla 2 *Unidades empleadas para medir caudal*

DESCRIPCIÓN	UNIDADES
Pies cúbicos por minuto	<i>CFM</i>
Metros cúbicos por segundo	<i>m³/s</i>
Pies cúbicos por segundo	<i>pies³/s</i>
Galones por minuto	<i>gal/min</i>
Litros por hora	<i>l/h</i>

FUENTE: NEUMÁTICA BÁSICA

ELABORADO: AUTOR

TABLA DE CONVERSIONES

Tabla 3 *Equivalencia entre unidades empleadas para medir presión*

1 ATMÓSFERA	
101.325	<i>kPa</i>
1.02325	<i>Bar</i>
14.7	<i>Psi</i>
1.033	<i>kgf/cm²</i>
760	<i>mmHg</i>

FUENTE: NEUMÁTICA BÁSICA

ELABORADO: AUTOR

INTRODUCCIÓN

En el ECUADOR existen varias empresas dedicadas al tratamiento de la madera para los cuales se utilizan diferentes máquinas base de preparación como: sierras de corte, cepilladoras de una y tres caras, caladoras, lijadoras, secadoras de mesa, entre otros, donde se destaca el hecho de que los operadores están expuestos a diferentes riesgos que pueden afectar su salud e incluso su vida.

En la provincia de Los Ríos se encuentran algunas empresas que tratan madera como la balsa: Plantabal S.A., Terratécnica S.A., Balsaflex, entre otras. Dentro de las máquinas manuales utilizadas por estas fábricas, están: sierras de corte, cepilladoras, caladoras de mesas y otras.

Se encuentra ubicado en el cantón Valencia la empresa TERRATÉCNICA S.A. mismo que fue fundada en el año 2011, presentando como afinidad el secado y aglomerados de la madera como la balsa. El producto es un semielaborado denominado bloque encolado y prensado de madera de balsa que sirve como materia prima para procesos posteriores, y, tiene aplicaciones como: partes de trenes, embarcaciones, pallets especiales, palas o aspas de los generadores de energías eólicas, cámaras acústicas, entre otros [1].

Esta empresa utiliza máquinas manuales que son de alto riesgo, donde el operador realiza diferentes tipos de movimientos de manera continua. Dentro de las máquinas utilizadas están: sierras de corte, cepilladoras de una y tres caras, péndulo de corte manual y neumático, caldero, secadoras, prensas.

La sierra de corte es una máquina de alto riesgo compuesta de: guía deslizante, disco de corte, mesa, Holzher y aspiración. El operador manipula la guía deslizante con una mano desplazando horizontal y verticalmente mientras con la otra maniobra la madera, la postura de trabajo se ve afectada.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema.

Los operadores que laboran las sierras de corte en la empresa TERRATÉCNICA S.A. ubicada en el cantón Valencia, se ven afectados debido a la fuerza y movimiento que aplican en la guía deslizante, porque estas son manuales y de palanca, por lo tanto, el operador puede sufrir una enfermedad laboral a mediano plazo como; tendinitis tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, síndrome del túnel guyon. También el polvo generado del corte de madera y la mala extracción afecta la salud de la persona. Esto obliga en el operador que cada cierto intervalo de tiempo se esté limpiando con el tubo de aspiración debido que le produce picazón en la parte superior del cuerpo.

Además, las sierras de corte sufren daños con frecuencia cuando hay mayor producción en algunos componentes entre ellos se encuentran; el HOLZHER que sufre desgaste del engranaje interno y rodillos de avance, GUÍA DESLIZANTE que sufre daños por la fuerza aplicada del operador, y los DISCOS DE CORTE que se desgastan o se quiebran.

Diagnóstico.

La operación de las guías deslizantes sobre las sierras de mesa en forma manual de palanca y aplicando distintas fuerzas sobre ellas de manera repetitiva, ocasiona en los operadores algún tipo de enfermedad laboral a mediano plazo. También, ocasiona que la guía deslizante se dañe en períodos largos de trabajo.

Pronóstico.

En caso de los operadores que manipulan las guías deslizantes de las sierras de mesa sufran una enfermedad laboral, la empresa tiene la obligación de rotarlo a otro sitio de trabajo, donde pueda desempeñar un trabajar acorde a su desempeño físico.

1.1.2. Formulación del problema.

Los operadores que laboran las sierras de corte en la empresa TERRATÉCNICA S.A., pueden sufrir alguna enfermedad como: tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, entre otros, debido a la fuerza y movimiento que aplican sobre la guía deslizante, debido que estas son manuales y de palancas.

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Producen las guías deslizantes manuales de palanca en el operador un mayor esfuerzo físico?

¿Puede el operador sufrir algunas de las enfermedades mencionadas al manipular las guías deslizantes?

¿Debe ser cambiado el operador a otro puesto de trabajo dentro de un ciclo?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Construir una GUÍA DESLIZANTE para sierra de la empresa TERRATÉCNICA S.A. ubicada en el cantón VALENCIA de la provincia de los Ríos.

1.2.2. Objetivos Específicos.

1. Medir el riesgo ergonómico actual por el trabajo manual sobre la madera del operador en la sierra 1 de la empresa TERRATÉCNICA S.A.
2. Diseñar alternativas de guías deslizantes para la sierra 1 de la empresa TERRATÉCNICA S.A.
3. Seleccionar la alternativa más viable aplicando el método de criterios ponderados, para la sierra 1 de la empresa TERRATÉCNICA S.A.
4. Construir la guía deslizante seleccionada para la sierra 1 de la empresa TERRATÉCNICA S.A.
5. Realizar las pruebas de funcionamiento.
6. Medir el riesgo ergonómico final por el trabajo sobre la madera del operador en la sierra 1 con la nueva guía deslizante comprobando la disminución de este indicador.

1.3. Justificación.

Los operadores que manipulan las guías deslizantes de las sierras de mesa en la empresa TERRATÉCNICA S.A., se ven afectados debido al movimiento y las distintas fuerzas que aplican al manipularla, principalmente en la palma de la mano y la muñeca, de igual forma se ve afectado por su postura dado que él debe estar las ocho horas consecutivas de su jornada de trabajo. Además, debido a los cambios de fuerza que aplica el operador produce que la máquina sufra daños y paradas en producción cada cierto tiempo cuando es mayor.

Para reducir el riesgo ergonómico del operador y disminuir esos inconvenientes de paradas en producción mayor, se diseñará y posteriormente construirá una guía deslizante con un sistema distinto al que dispone la empresa ya sea: manual con tornillo sin fin y volante, electromecánico con tornillo sin fin, hidráulico y/o neumático.

Este mecanismo podría disminuir el riesgo al operador de sufrir una enfermedad laboral al manipular la guía deslizante y cuando la producción es mayor también, el tiempo de mantenimiento se realizaría en un intervalo de menor tiempo, asegurando que la empresa TERRATÉCNICA S.A. mantenga estable la producción en esa ubicación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

Sierra de mesa

Las sierras de mesa sirven para dividir, cantear y dar cortes longitudinales y transversales en madera maciza. Además, se pueden dar cortes seguidos de igual longitud en maderas compuestas. Por su peso, proporciona a la máquina mayor estabilidad, con menos vibraciones [2].

Guía deslizante

La guía deslizante o regla de topes para cortes paralelos se corre sobre una guía de deslizamiento con escala graduada y se fija mediante volante de mano para ajuste basto y fino [3].

Ergonomía

Es el análisis de las condiciones de trabajo que conciernen al espacio físico de trabajo, ambiente térmico, ruidos, iluminación, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental, fatiga nerviosa, carga de trabajo y todo aquello que pueda poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso [4].

Movimiento repetitivo

Se entiende por movimiento repetitivos a un grupo de movimientos continuos, mantenidos durante un trabajo que implica al mismo conjunto osteomuscular provocando en el mismo fatiga muscular, sobrecarga, dolor y por ultimo lesión [5].

Dinámica

Se ocupa del movimiento acelerado de un cuerpo. Se clasifica en: cinemática y cinética [6].

Estática

Estudio del equilibrio de un cuerpo que está en reposo o que se mueve con velocidad constante [6].

Neumática

Estudio del movimiento y procesos del aire [7]. El aire es un sistema comprimido que proporciona movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos, aplicados a herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, entre otros [8].

Hidráulica

Emplea fluidos hidráulicos como medios de presión para mover pistones de cilindros, generan gran potencia con pequeños componentes, debido que los líquidos son casi incomprensibles [8].

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Sierra circular.

Entre las sierras circulares están las de: mesa, pendular, cortar a medida y de canteo, de varias hojas, tronzadora doble, de planchas y oscilante [2].

2.2.2. Sierra de banco circular.

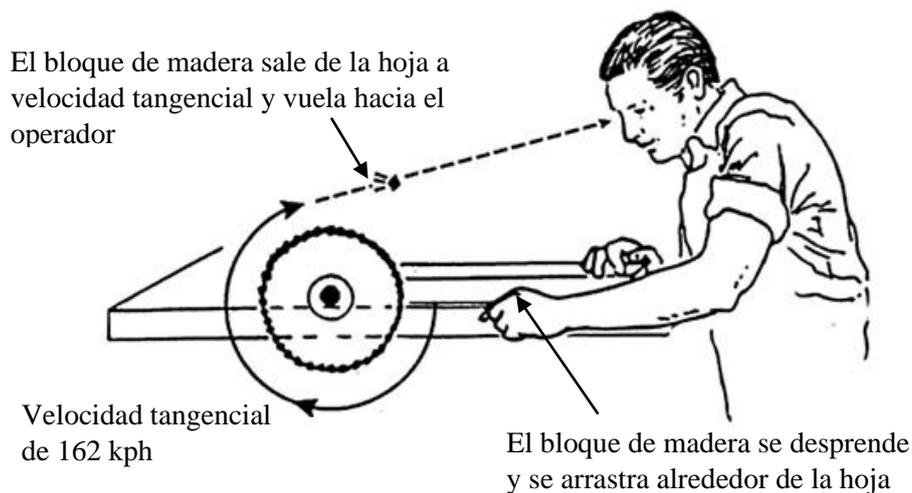
Se compone de una base robusta, masa de hierro fundido, disco dentado con perforación en el centro, eje montado en posición horizontal sobre cojinetes. En uno de sus extremos, perpendicular al eje, lleva dos platos uno fijo y otro móvil, que se fija mediante una rosca

dentada al extremo del eje. El otro extremo va provisto de poleas para correas trapezoidales lo unen al motor acoplado. En casos justificados, dependiendo del tipo de obra y cantidad de madera a dimensionar, se puede llevar a tiempo [9].

Los principales problemas de las sierras de mesa son: capuchones de guarda, separadores y las uñas antirrebote o reculada. La protección antirrebote es más importante en las sierras de corte longitudinal que en las de corte transversal como se puede observar en la figura 1 [10].

Los capuchones de guarda presentan la mayor parte de los problemas, porque la obstrucción a la vista hace el trabajo del operador más difícil e incómodo. Aunque casi todos los capuchones de guarda son metálicos, la mayor parte de las nuevas máquinas vienen con guardas transparentes de plástico. Pero la rápida rotación de la hoja de la sierra puede generar una carga estática en la guarda de plástico no conductor, que se cubre entonces de aserrín y obstaculiza la visión de la hoja. Asimismo, la guarda de plástico se ralla con facilidad, lo que reduce más la visibilidad [10].

Figura 1 *Los dientes de sierra rotos o los pedazos de madera son un riesgo para el operador*

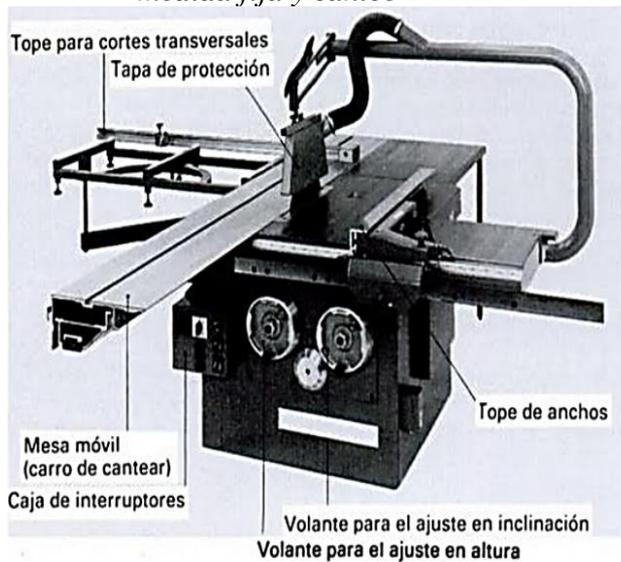


FUENTE: SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD

AUTOR: (ASFAHL, 2000)

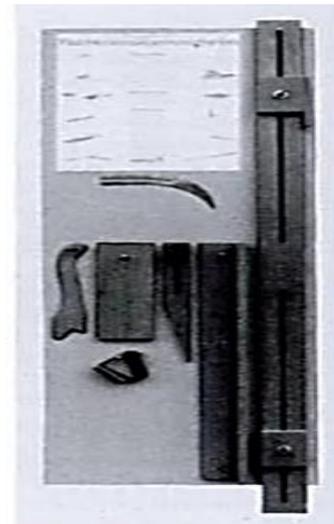
El tope de anchos o guía paralela es ajustable y se puede quitar y poner. Situada a la derecha de la mesa, permite el corte de piezas al ancho deseado como se muestra en la figura 3 [2].

Figura 2 *Sierra de mesa circular de corte a medida fija y canteo*



FUENTE: TECNOLOGÍA DE LA MADERA
 AUTOR: (VV. AA., 2010)

Figura 3 *Equipo mínimo de accesorios*

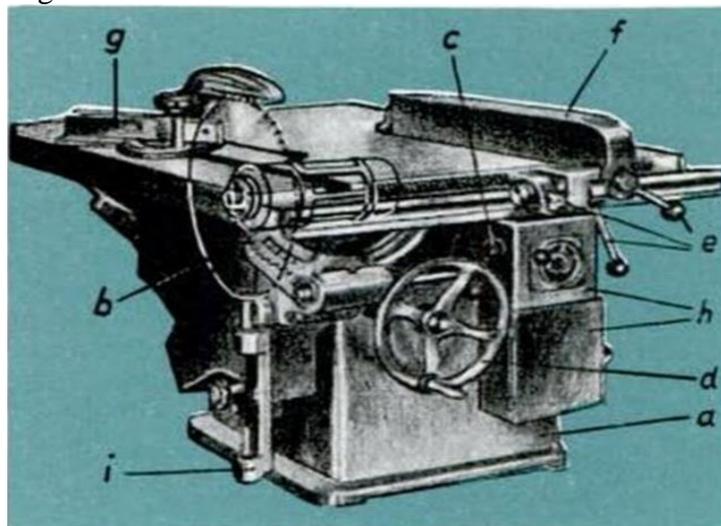


AUTOR: (VV. AA., 2010)

Antiguamente estaba constituido por un bastidor abierto, de madera o de hierro, pero hoy tiene casi siempre forma cerrada de cajón y soporta el motor y la mesa de trabajo como se muestra en la figura 2 [3].

2.2.2.1. Partes de una sierra circular de mesa tradicional manual.

Figura 4 *Sierra circular de mesa tradicional*



FUENTE: ALREDEDOR DEL TRABAJO DE LA MADERA
 AUTOR: (HÓNER, 1989)

Las partes son:

- a. Pedestal en forma de cajón con un motor incorporado
- b. Soporte de la mesa con segmento circular para poderla disponer oblicuamente
- c. Palanca de mano para el ajuste de inclinación
- d. Palanca de mano para el ajuste de la altura
- e. Ajuste de excéntrica rápido y de precisión para la regla
- f. Regla de tope para cortes longitudinales
- g. Tope angular para cortes transversales y a inglete
- h. Caja de maniobra con fusibles
- i. Husillos para el brazo oscilante [3].

2.2.2.2. Funcionamiento de la guía deslizante.

La guía deslizante sirve para asegurar un corte perfecto con una anchura del corte. Se puede usar la escala graduada de la propia guía véase figura 5. Primero se hace un corte de prueba en un extremo del desecho para comprobar que el ajuste es perfecto. Si la escala no es la adecuada o no está debidamente ajustada, puede utilizarse una regla, midiendo desde la guía y tomando como segunda referencia uno de los dientes triscados de la parte inferior (por el mismo lado en el que se encuentra la guía) [11].

El tope acorta para tronzar, que se suministra en algunos modelos con la misma máquina, debería ser siempre desplazable en dirección longitudinal pues en caso contrario es de aplicación limitada [3].

El tope angular para cortes transversales se desplaza a lo largo de una ranura y puede ajustarse a un ángulo cualquiera mediante un limbo graduado [3].

Nota: Antes de hacer el corte, hay que comprobar siempre que la guía este bien sujeta [11].

Figura 5 *Soporte y guía de mesa deslizante de sierra horizontal*

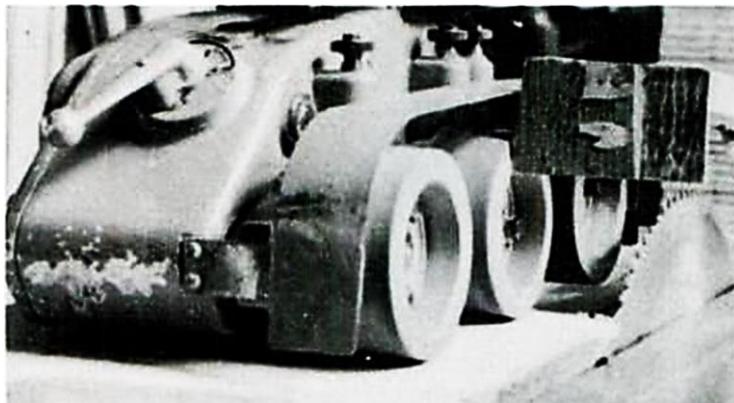


AUTOR: (MIGUEL, 1989)

2.2.2.3. Aparato de avance sobre la mesa de trabajo.

Adaptándole un dispositivo de avance se transforma la sierra circular de mesa en una sierra automática para cantear [3].

Figura 6 *Cantearado con un dispositivo de avance adaptado a la sierra circular de mesa*



FUENTE: ALREDEDOR DEL TRABAJO DE LA MADERA

AUTOR: (HÓNER, 1989)

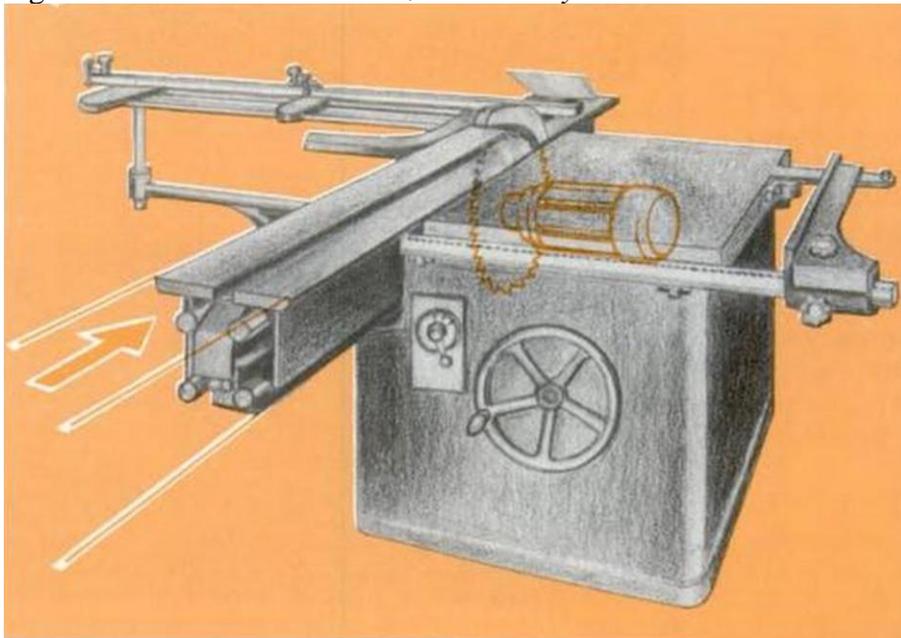
La peana del aparato se fija detrás de la regla de tope de tal modo que los rodillos de avance agarren la pieza detrás de la hoja de sierra. Cada rodillo tiene un ballestee propio que absorbe diferencias hasta de 10 mm en el espesor de la madera. El ajuste en altura y en profundidad se realiza por medio de una barra dentada accionada mediante volante [3].

La velocidad de avance se maniobra por escalones o sin escalonamiento entre 3-30 m/min [3].

2.2.3. Canteado mediante la sierra circular de canteo con avance a mano.

Las máquinas especiales de canteo son más máquinas de serrería que de taller de carpintería. No obstante, los tipos de construcción sencilla y para longitudes pequeñas se ven también en algunas carpinterías figura 7, en esta máquina pueden cantearse madera gruesa y placas contrachapeas. Junto a una hoja de sierra circular se hace pasar una larga mesa deslizante sobre rodillos. Las tablas se sujetan en el extremo delantero mediante un dispositivo de fijación y en el posterior mediante la presión de la mano o de una palanca. La línea de corte es señalada por el borde de mesa deslizante. La pieza se dispone de modo conveniente y se hace pasar con la mesa deslizante por la hoja de la sierra. De este modo queda garantizada la consecución de un corte rectilíneo incluso en el caso de grandes longitudes [3].

Figura 7 Sierra circular en brazo oscilante y carro sobre rodillos



FUENTE: ALREDEDOR DEL TRABAJO DE LA MADERA

AUTOR: (HÓNER, 1989)

2.2.4. Canteado en sierras circulares automáticas.

Se utilizan en las sierras circulares dobles de canteo o sierras circulares de una hoja y de hojas múltiples. Las sierras circulares sencillas pueden transformarse mediante atornillado de un aparato de avance en sierras de avance automático figura 8 [3].

Mediante uno o dos índices se señala la huella de corte de las hojas que van completamente cubiertas. Guiándose por estos índices y por el tope que indica la dirección o por un rayo de luz proyectado desde arriba se coloca la pieza en posición. Es importante la correcta iniciación, porque después de haber agarrado los rodillos de avance o la cinta transportadora no es posible establecer variación alguna [3].

Figura 8 *Sierra circular de hojas múltiples, coraza del dispositivo de presión con el árbol de la sierra y rodillo de presión*



FUENTE: ALREDEDOR DEL TRABAJO DE LA MADERA
AUTOR: (HÓNER, 1989)

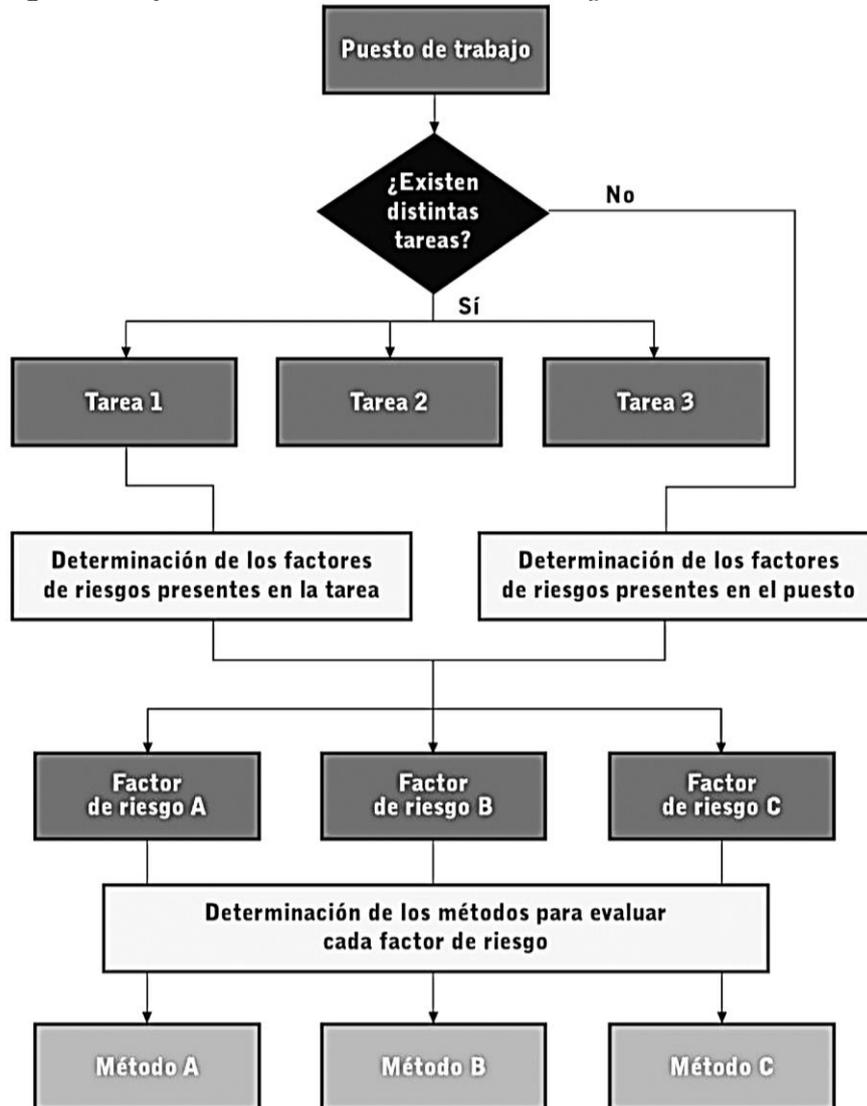
2.2.5. La evaluación ergonómica en puestos de trabajo.

Esta tiene por objeto detectar el nivel de factores de riesgo en los trabajadores que ocupan una máquina, problemas de salud tipo disergonómico. Existen diversos estudios que relacionan estos problemas en la salud de origen laboral con la presencia en un determinado nivel, de dichos factores de riesgo. Para evaluar el nivel de riesgo asociado a un determinado factor existen diversos métodos que tratan de facilitar la tarea del evaluador [12].

Cada factor de riesgo puede estar presente en un puesto en diferentes niveles. Así, por ejemplo, debe evaluarse si la repetitividad de movimientos, que es un factor de riesgo para la aparición de trastornos Músculo-Esqueléticos (TME) en la zona cuello-hombros, presenta un nivel suficiente en el puesto evaluado como para considerar necesaria una actuación ergonómica [12].

Aunque de forma genérica se hable de “Evaluación ergonómica de puestos de trabajo”, la realidad es que lo que se evalúa es la presencia de riesgos ergonómicos (o disergonómico). Por este motivo es un error tratar de determinar que método de evaluación emplear en función del puesto a evaluar [12].

Figura 9 Esquema de selección de métodos según la tarea



FUENTE: EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE PUESTOS DE TRABAJO
 AUTOR: (ASENCIO,2012)

2.2.5.1. La evaluación inicial de riesgos.

Es obligación de las empresas identificar la existencia de peligros derivados de la presencia de elevados riesgos ergonómicos en sus puestos de trabajo. En este sentido, las legislaciones

de cada país son más o menos exigentes. En general existen dos niveles de análisis: el análisis de las condiciones de trabajo para la identificación de riesgos (nivel básico), y la evaluación de los riesgos ergonómicos en caso de ser detectados (nivel avanzado) [12].

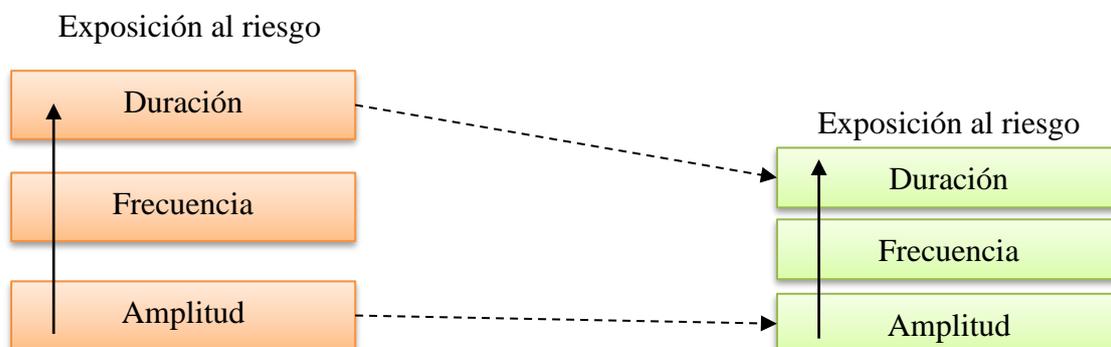
La identificación inicial de riesgos permitirá la detección en los puestos de trabajo. En caso de ser detectado algún factor se procederá con el nivel avanzado. Buenos indicadores de la presencia de riesgos son, por ejemplo: la presencia de lesiones agudas (lumbalgias, fatiga física, hernias discales, ciáticas, etc.), lesiones crónicas (Epicondilitis, síndrome del túnel carpiano, etc.), o enfermedades profesionales entre los trabajadores de un determinado puesto. El análisis estadístico de los registro médicos puede ser de gran ayuda [12].

2.2.5.2. Métodos de evaluación ergonómica.

Los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los factores de riesgos presentes en los puestos de trabajo para, posteriormente, en base a los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y lo sitúen en niveles aceptables de exposición para el trabajador [12].

La exposición al riesgo de un trabajador en un puesto de trabajo depende de la amplitud del riesgo al que se expone, de la frecuencia y de su duración. Dicha información es posible obtenerla mediante métodos de evaluación ergonómica, cuya aplicación resulta sencilla, frente a otras técnicas más complejas o que requieren conocimientos más específicos o instrumentos de medida no siempre al alcance de los ergónomos [12].

Figura 10 *Esquema de reducción del riesgo mediante el rediseño de puestos*



FUENTE: EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE PUESTOS DE TRABAJO

AUTOR: (ASENCIO, 2012)

Algunos de los métodos para la identificación de factores de riesgo asociados con los TME, ampliamente refrendados por la comunidad científica, y utilizados habitualmente por los ergónomos como herramientas de evaluación. Los métodos que se especifican permiten evaluar el riesgo asociado a la adopción de posturas forzadas (RULA, OWAS), al manejo de cargas (NIOSH, Tablas de Snook y Ciriello), a la realización de movimientos repetitivos (JSI, OCRA), o a las condiciones ambientales inadecuadas FANGER [12].

2.2.6. Criterios de aplicación a movimientos repetitivos de miembro superior.

Se propone como vigilancia médica en aquellos trabajadores con tareas repetidas que supongan sobrecarga muscular durante toda o parte de su jornada laboral de forma habitual.

Algunas de las ocupaciones que deberían tenerse en cuenta son [5].

- Delineantes, dibujantes
- Mecanógrafos
- Tejedores
- Pintores
- Músicos
- Deportistas
- Trabajadores de industrias no automatizadas
- Otros [5].

2.2.7. Protocolo del movimiento repetitivo.

Este protocolo trata de vigilar el riesgo de lesión musculoesqueléticas como consecuencia de tareas repetidas, en la zona de cuello-hombro y en la zona de la mano-muñeca fundamentalmente [5].

2.2.7.1. Mecanismo de acción.

Los trabajos de investigación enfocados en el estudio de lesiones por movimientos repetitivos han puesto de manifiesto la existencia de factores que interviene en la aparición de las lesiones musculoesqueléticas [5].

2.2.7.2. Efecto biomecánico.

- Movimientos de pronosupinación en antebrazo y/o muñeca, especialmente si son realizadas contra resistencia
- Repetidas extensiones y flexiones de muñeca
- Desviaciones radiales o cubitales repetidas
- Existencia de movimientos contra resistencia [5].

2.2.7.3. Efecto sobre la salud al manipular la guía deslizante.

Las lesiones asociadas a los trabajos repetitivos se dan comúnmente en tendones, los músculos y nervios del hombro, antebrazo, muñeca y mano [5].

2.2.8. Traumatismos acumulados específicos en mano y muñeca.

- **Tendinitis:** Es una inflamación de un tendón debida, entre otras causas a flexo extensiones repetidas; el tendón esta repetidamente en tensión, doblado, en contacto con una superficie dura o sometido a vibraciones. Como consecuencia de estas acciones se desencadenan los fenómenos inflamatorios en el tendón, que se engruesa y se hace irregular
- **Tenosinovitis:** Cuando se producen flexo extensiones repetidas, el líquido sinovial que segrega la vaina del tendón se hace insuficiente y esto produce una fricción del tendón dentro de su funda, apareciendo como primeros síntomas calor y dolor, son indicios de inflamación. Así el deslizamiento es cada vez más forzado y la repetición de estos movimientos puede desencadenar la inflamación de otros tejidos fibrosos que se deterioran, cronificándose la situación e impidiendo finalmente el

movimiento. Un caso especial es el síndrome de Quervain, que aparece en los tendones abductor largo y extensor corto del pulgar al combinar agarres fuertes con giros o desviaciones cubitales y radiales repetidas de la mano

- **Síndrome del túnel carpiano:** Se origina por la compresión del nervio mediano en el túnel carpiano de la muñeca, por el que pasan el nervio mediano, los tendones flexores de los dedos y los vasos sanguíneos. Si se hincha la vaina del tendón se reduce la abertura del túnel presionando el nervio mediano. Los síntomas son dolor, entumecimiento, hormigueo y adormecimiento de parte de la mano: de la cara palmar del pulgar, índice, medio y anular; y en la cara dorsal, el lado cubital del pulgar y los dos tercios distales del índice, medio y anular.
- **Síndrome del canal de Guyon:** se produce al comprimirse el nervio cubital cuando pasa a través del túnel Guyon en la muñeca. Puede originarse por flexión y extensión prolongada de la muñeca, y por presión repetida en la base de la palma en la mano [5].

2.2.9. Traumatismos acumulados específicos en brazo y codo.

- **Epicondilitis y epitrocleitis:** en el codo predominan los tendones sin vaina. Con el desgaste o uso excesivo, los tendones se irritan produciendo dolor a lo largo del brazo o en los puntos donde se originan en el codo por incremento de la tensión. Las actividades que pueden desencadenar este síndrome son movimientos de impacto o sacudidas, supinación o pronación repetida del brazo, y movimientos de flexoextensión forzados de la muñeca
- **Síndrome del pronador redondo:** aparece cuando se comprime el nervio mediano en su paso a través de los dos vientres musculares del pronador redondo del brazo
- **Síndrome del túnel radial:** aparece al atraparse periféricamente el nervio radial, originado por movimientos rotatorios repetitivos del brazo, flexión repetitiva de la muñeca con pronación o extensión de la muñeca con supinación
- **Tenosinovitis del extensor largo 1º dedo:** originado por movimientos rotatorios del brazo [5].

2.2.10. Traumatismos acumulativos específicos en hombros.

- **Tendinitis del manguito de rotadores:** los trastornos aparecen en trabajos donde los codos deben estar en posición elevada o en actividades donde se tensan los tendones o la bolsa subacromial; se asocia con acciones de levantar y alcanzar, con un uso continuado del brazo en abducción o flexión [5].

2.2.11. Evaluación del riesgo por trabajo repetitivo.

El método OCRA (Occupational Repetitive Action), evalúa el riesgo por trabajo repetitivo de las extremidades superiores, asociando el nivel de riesgo a la productividad de aparición de un trastorno en un tiempo determinado, establecido mediante consejo internacional bajo la Norma ISO 11228-3 y en la UNE-EN 1005-5 [13].

El modelo general de la descripción y evaluación de las tareas, para todos los trabajadores expuestos en una determinada situación, tiene como objetivo principal el análisis de cuatro factores de riesgo: repetición, fuerza, postura y movimientos forzados (de hombro muñeca y mano) y la falta de periodos adecuados de recuperación [13].

Ventajas del método OCRA:

- Proporciona un análisis detallado de todos los principales factores de riesgo físico-mecánicos y de la organización del trabajo de trastornos musculoesqueléticos en las extremidades superiores contemplados en el Documento de Consenso de la IEA
- Considera todas las tareas repetidas que participan en un puesto complejo (o de rotación) y todas las estimaciones de nivel de riesgo
- Mediante estudios epidemiológicos se ha demostrado que está bien relacionado con los efectos sobre la salud (como la aparición de TME de la extremidad superior); por lo tanto, el índice OCRA es un buen predicador (dentro de límites definidos) [13].

2.2.12. Checklist OCRA para la evaluación rápida de la exposición al riesgo de TME.

Esta herramienta permite valorar el nivel de riesgo, por exposición a los factores de riesgo de manera rápida [13]. Aprobada en el año 2000 y ha servido de base para la confección del contemplado en la norma ISO. La trata de una simplificación del método OCRA y tiene como objetivo alertar sobre posibles trastornos, principalmente de musculoesquelético, derivados de una actividad repetitiva [14].

2.2.13. Factores para la evaluación checklist OCRA.

2.2.13.1. Datos organizativos.

La consideración de las diferentes tareas repetidas, tareas no repetidas, pausas, y tiempos de inactividad, permiten conocer el tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR) al que está expuesto el trabajador y poder obtener el índice real del riesgo por movimientos repetitivos de la extremidad superior [13].

$$TNTR = \text{tiempo turno} - [\text{tiempo trabajo no repetido} + \text{pausa}] \quad (\text{Ec. 2.2.1})$$

$$T. \text{Ciclo} = \frac{TNTR}{\text{No. ciclos o piezas}} * 60 \quad (\text{Ec. 2.2.2})$$

Si en un ciclo se producen más de una pieza, contar el número de piezas por ciclo, y dividir la producción por este valor [13].

2.2.13.2. Factor de recuperación.

La recuperación de los tejidos de las extremidades superiores puede ocurrir cuando existen adecuados periodos de descanso dentro la duración total de trabajo, la insuficiencia de tiempo para la recuperación del cuerpo entre movimientos repetitivos aumenta el riesgo de

trastornos musculoesqueléticos. Los valores van desde “0” para la mejor situación de recuperación y “10” en la peor situación de recuperación [13].

2.2.13.3. Factor frecuencia.

Se determina mediante el número de acciones técnicas por minuto afectadas dentro del ciclo. El riesgo es mayor a medida que la frecuencia de movimiento aumenta y/o la duración del ciclo disminuye. En este paso, es necesario identificar las acciones técnicas correctamente para enumerarlas, cronometrar el tiempo y contabilizar todos los movimientos o gestos que requiere un ciclo de trabajo. El conteo debe realizarse de manera independiente para acciones dinámicas y estáticas; de la misma forma para la extremidad superior izquierda y derecha [13].

$$A.T/min = \frac{No. acciones en el ciclo * 60}{Tiempo de ciclo} \quad (Ec. 2.2.3)$$

Una vez obtenido el $A.T/min$ por cada extremidad, se debe obtener la puntuación del factor dividiendo entre las acciones estáticas, que van desde 0 - 10 y las acciones dinámicas que van desde 0 – 4.5 [13].

Para obtener el valor del factor frecuencia se seleccionan el valor más alto entre acciones técnicas dinámicas y estáticas (nunca se suman) y se asigna esa puntuación de manera independiente para cada extremidad [13].

$$FF = Max(ATD; ATE) \quad (Ec. 2.2.4)$$

2.2.13.4. Factor Fuerza.

Hace relación a cuanto es el esfuerzo requerido para llevar a cabo una acción o secuencia de acciones técnicas. El método utilizado para cuantificar la fuerza, corresponde a la escala de Borg CR-10 (escala de valoración del esfuerzo percibido “Category Scale for the Rating of Perceived Exertion”) [13].

Se puede presentar en tres bloques. Donde la elección del valor numérico representativo de la fuerza se realiza en función de la duración en actividades con utilización de fuerza: cuanto más duren estas actividades en el ciclo, más alto es el valor de la puntuación. [13].

2.2.13.5. Factor Posturas y movimientos.

Definido por la presencia de posturas y movimientos forzados en distintas articulaciones de extremidades superiores como: hombro, codo, muñeca y mano (incluido dedos) [13].

Se debe valorar para cada extremidad lo siguiente:

Tabla 4 *Valor de puntuación en las extremidades del cuerpo*

Parte cuerpo	Evaluación		Puntuación
	Tipo	Forma	
Hombro	Postura y movimiento	Flexión y/o abducción >80°	1 – 8
		Extensión >20°	
Codo	Movimiento	Flexo-extensiones >45°	2 – 8
		Prono-supinaciones >60°	
Muñeca	Postura y movimiento forzada	Flexo-extensiones >60°	2 – 8
		Desviación radial >15°	
		y ulnar/cubital >20°	
Mano	Postura y por agarres	Pinza o precisión, palmar y garfio	2 - 8
Estereotipo	Movimientos en el ciclo	Tiempo de ciclo entre 8 y 15 segundos es moderado	1-2

FUENTE: EVALUACIÓN DEL RIESGO POR TRABAJO REPETITIVO

ELABORADO: AUTOR

$$FP = \text{Max}(\text{Hombro}; \text{Codo}; \text{Muñeca}; \text{Mano}) + \text{Estereotipo} \quad (\text{Ec. 2.2.5})$$

2.2.13.6. Factores de riesgo complementarios.

Son aquellos aspectos que están presentes en la tarea y que de alguna manera puede contribuir o empeorar el riesgo. Se divide en dos bloques: físico-mecánicos (aspectos físicos o del entorno) y los socio-organizativos (imposición del ritmo) [13].

$$FC = F_{fm} + F_{so} \quad (Ec. 2.2.6)$$

2.2.13.7. Factor duración.

El multiplicador de duración es un valor que traslada la influencia de la duración real del movimiento repetitivo al cálculo del riesgo [15].

Pondera según el tiempo de exposición diario. Es un valor que, de acuerdo al tiempo neto de trabajo repetitivo de la tarea, incrementa o disminuye el valor final del nivel de riesgo determinado por el OCRA. Todos los factores anteriores serán ponderados por el factor duración, el cual objetiva el riesgo del puesto de trabajo, o del trabajador para una jornada de 8 horas y con un determinado tiempo neto de trabajo repetitivo [13].

Tabla 5 Puntuación para el multiplicador de duración neta del movimiento repetitivo

Duración del movimiento [min]	Multiplicador de duración
60-120	0.5
121-180	0.65
181-240	0.75
241-300	0.85
301-360	0.925
421-480	1
>480	1.5

FUENTE: CHECKLIST OCRA

AUTOR: (JOSÉ ANTONIO DIEGO, SABINA ASECIO CUESTA, 2013)

Nota: El trabajo ejercido sobre la guía deslizante es de 174 min, de la tabla 5 el rango es (121-180).

2.2.13.8. Cálculo del índice Checklist OCRA y nivel de riesgo.

$$\text{Checklist OCRA} = (FR + FF + FFz + FP + FC) * FD \quad (\text{Ec. 2.2.7})$$

Se debe comparar con la siguiente tabla:

Tabla 6 Nivel de riesgo por trabajo repetitivo

Valor Checklist	Índice OCRA	Nivel de riesgo
≥ 22.5	> 9.1	Riesgo inaceptable alto
14.1-22.5	4.6-9	Riesgo inaceptable medio
11.1-14	3.6-4.5	Riesgo inaceptable leve
7.6-11	2.3-3.5	Riesgo incierto
0-7.5	≤ 2.2	Riesgo aceptable

FUENTE: PORTAL DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS (INSHT, 2011)

AUTOR: (OCCHIPINTI, COLOMBINI, 2011)

Nota: Cuando el riesgo es inaceptable medio (14.1-22.5) debe ser mejorada la maquina a un riesgo menor.

2.2.14. Diseño de máquinas.

El diseño de elementos de máquinas es parte integral del más extenso y general campo del diseño mecánico [16]. El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades [17]. Los diseñadores y los ingenieros de diseño crean aparatos que satisfagan necesidades específicas. En caso típico, los aparatos mecánicos comprenden piezas móviles que transmiten potencia y ejecutan pautas específicas de movimiento [16].

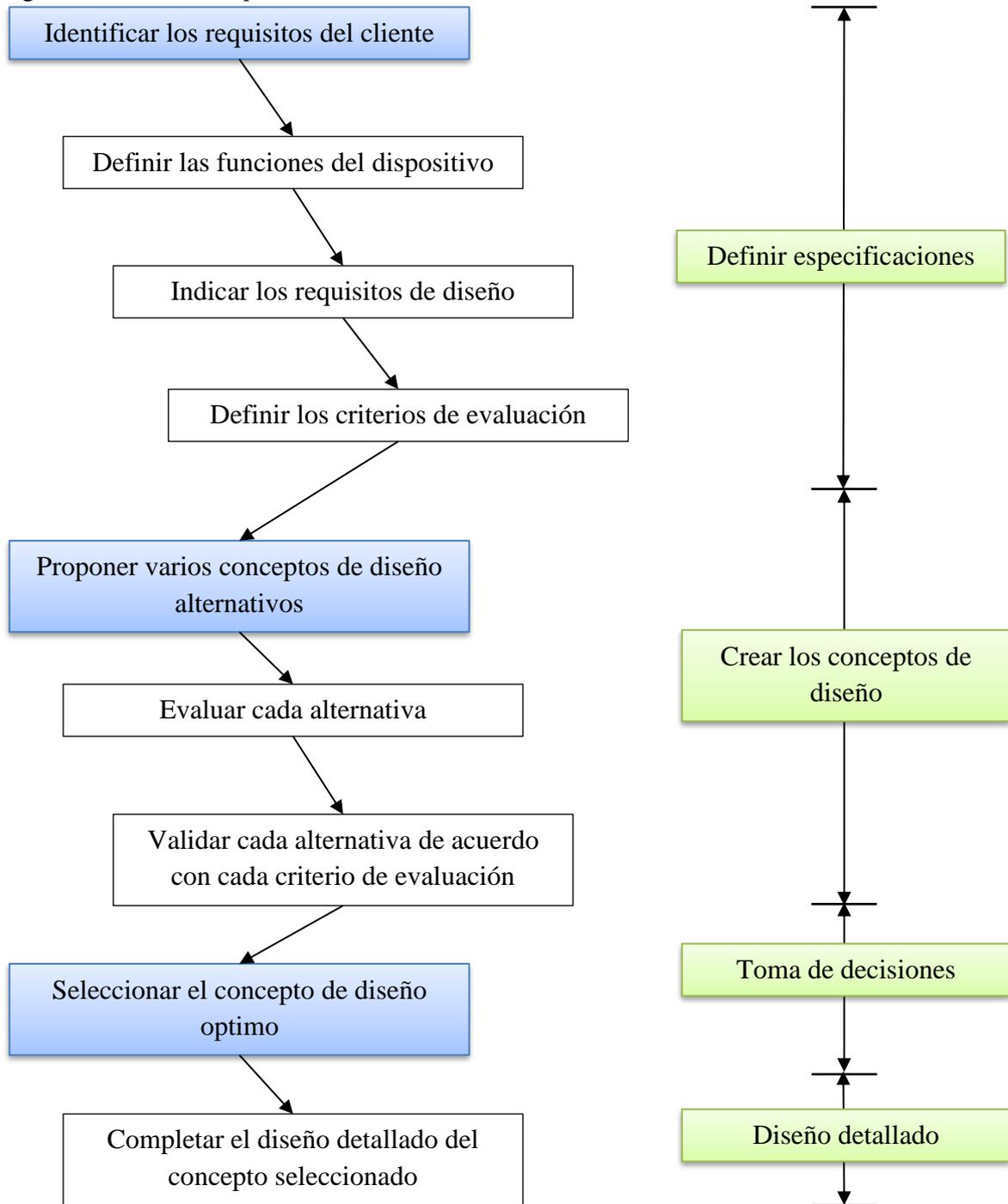
2.2.14.1. Diseño.

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseñador tiene la habilidad para comunicarse y destreza para resolver problemas que están entrelazadas con el conocimiento de tecnología y sus principios fundamentales [17].

2.2.14.2. Fases e interacciones del proceso de diseño.

Se debe considerar las siguientes preguntas: ¿Qué es el proceso de diseño? ¿Cómo comienza? ¿Qué ideas se tienen? ¿Qué sucede después? ¿Qué factores influyen o controlan las decisiones que deben tomarse? ¿Cómo termina el proceso de diseño? [17].

Figura 11 *Pasos en el proceso de diseño*



FUENTE: DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

AUTOR: (R. MOTT, 2006)

2.2.14.3. Conocimientos necesarios en el diseño mecánico.

Figura 12 *Conocimientos necesarios para el diseño mecánico*



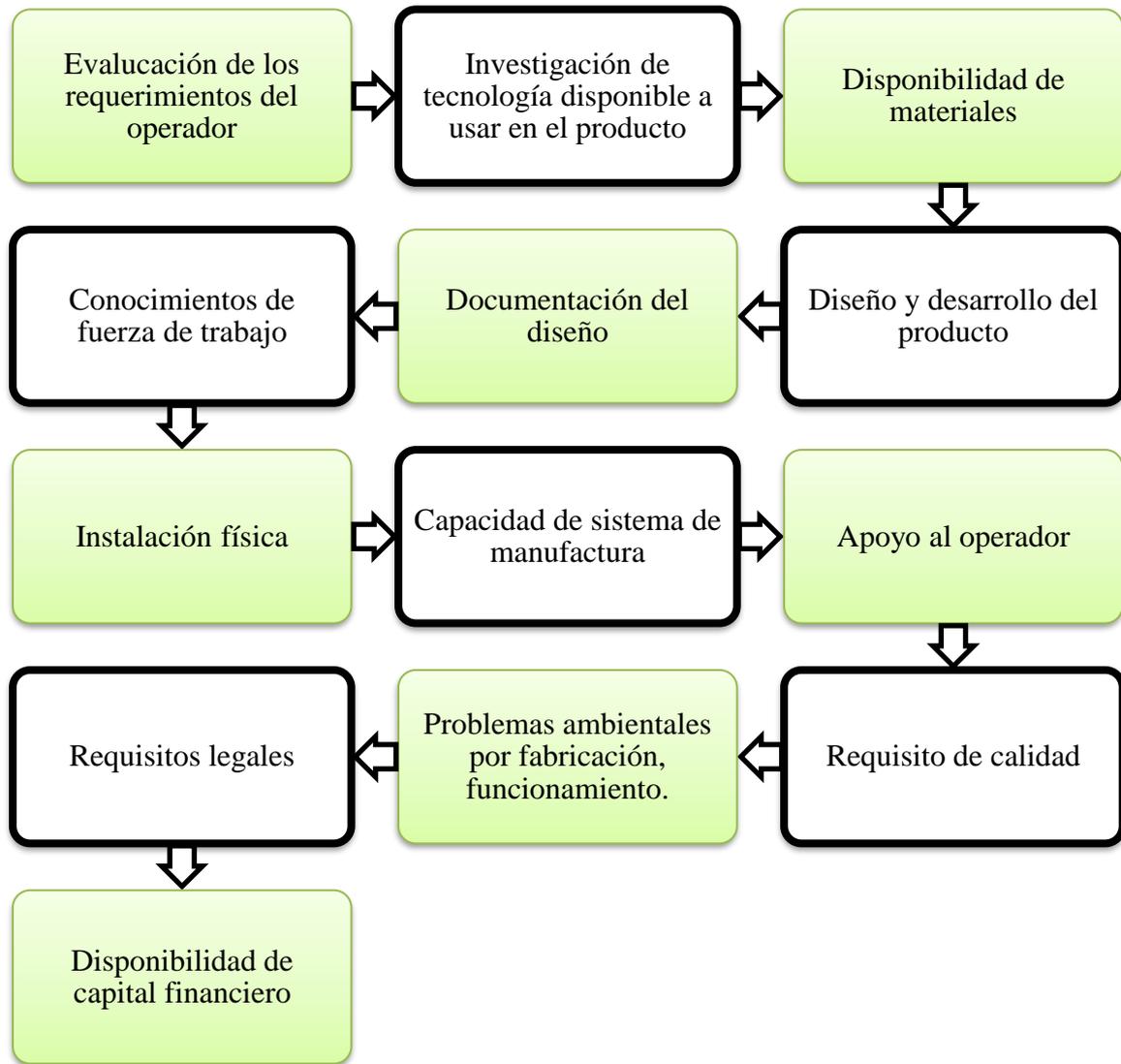
FUENTE: DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

ELABORADO: AUTOR

2.2.14.4. Proceso de realización del producto o PRP.

Es importante considerar como se desechará el producto después de haber llegado a su vida útil. El total de las funciones que afectan al producto se llama proceso de realización del producto [16]. Esto comprende algunos factores como:

Figura 13 *Proceso de realización del producto o PRP*



FUENTE: DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS, 2006

ELABORADO: AUTOR

2.2.14.5. Consideraciones generales del diseño.

En la mayoría de los diseños de ingeniería se hacen varias consideraciones, por lo que el ingeniero tiene que utilizar todos sus conocimientos, para establecer cuales son más importantes [18]. Algunas de las propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, procesamiento y la unión de los elementos del sistema. Algunas características pueden estar interrelacionadas, lo que afecta la configuración del sistema total [17].

Tabla 7 Consideraciones generales de diseño

Consideraciones	Tradicionales	Modernas	Diversas
Máquina	Todo el cuerpo	Seguridad	Confiabilidad
	Resistencia	Calidad de la vida	Facilidad de conservación técnica.
	Deflexión	Ecología	Estética
	Peso	Tierra	Funcionalidad
	Tamaño y forma	Aire	Distorsión/ deflexión / rigidez
	La superficie	Agua	Control
	Desgaste	Contaminación térmica	Comercialización
	Lubricación	Conservación de recursos	Mantenimiento
	Corrosión	Ruido	Volumen
	Fuerzas de fricción		Responsabilidad legal
Calor generado por fricción o costo		Capacidad de reciclado/recuperación	

FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY, FUNDAMENTOS DE DISEÑO PARA INGENIERÍA MECÁNICA

ELABORADO: AUTOR

2.2.15. Cinemática.

Es el estudio de la geometría del movimiento, se utiliza para relacionar el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, y el tiempo, sin hacer referencia a la causa del movimiento [19].

2.2.16. Cinemática rectilínea: movimiento continuo.

Se considera cuando una partícula se mueve a lo largo de una trayectoria rectilínea. La partícula tiene masa pero su tamaño y forma son insignificantes [6].

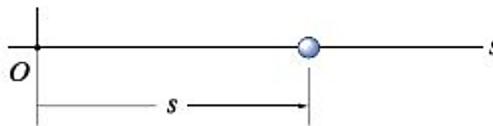
Cinemática rectilínea

La cinemática de una partícula se caracteriza al especificar, en cualquier instante, su posición y aceleración [6].

Posición

La trayectoria se definirá por medio de un solo eje de coordenadas s , como se muestra en la figura 14 [6].

Figura 14 *Posición de una partícula*



FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA

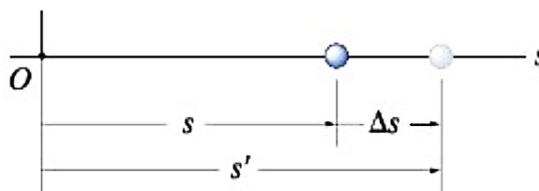
AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

Desplazamiento

Se define como el cambio de su posición de una partícula, como se muestra en la figura 15 [6]. La fórmula está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta s = s' - s \quad (\text{Ec. 2.2.8})$$

Figura 15 *Desplazamiento de una partícula*



FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA

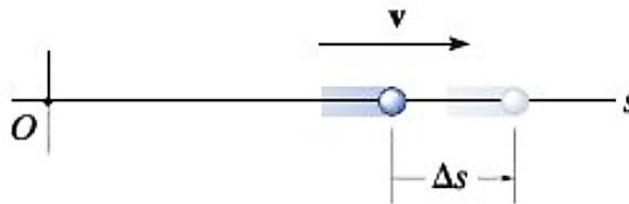
AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

Velocidad

Es cuando una partícula recorre una distancia Δs durante el intervalo Δt como se muestra en la figura 16, donde Δt consideramos valores pequeños [6]. La velocidad instantánea va estar dada por:

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (\text{Ec. 2.2.9})$$

Figura 16 Velocidad de una partícula



FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA

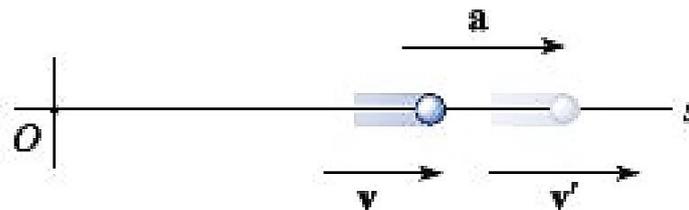
AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

Aceleración

Siempre que se conoce la velocidad de la partícula en dos puntos distintos habrá aceleración, como se muestra en la figura 17 [6]. Su fórmula va estar dada por:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (\text{Ec. 2.2.10})$$

Figura 17 Aceleración de una partícula



FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA

AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

2.2.17. Cinética.

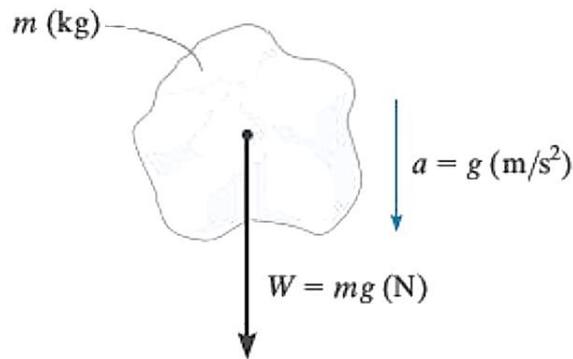
El estudio de la relación que existe entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, su masa y el movimiento de este mismo. Se utiliza para predecir el movimiento ocasionado por fuerzas dadas, o para determinar las fuerzas que se requieren para producir un movimiento específico [19].

Peso de una partícula

En el caso de una partícula localizada en o cerca de la superficie terrestre, la única fuerza gravitatoria de magnitud considerable es la que existe entre la Tierra y la partícula, como se muestra en la figura 18 [6]. Cuya expresión desarrollada se muestra a continuación:

$$W = mg \quad (\text{Ec. 2.2.11})$$

Figura 18 *Peso de una partícula*



FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA

AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

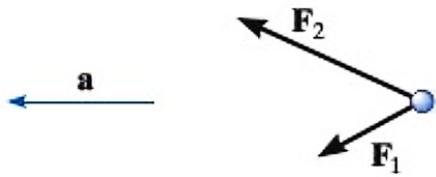
Ecuación del movimiento

Cuando más de una fuerza actúan en una partícula, la fuerza resultante se determina por medio de una suma vectorial de todas las fuerzas; es decir $F_R = \sum F$ [6]. Su fórmula será como se muestra a continuación:

$$\sum F = M * a \quad (\text{Ec. 2.2.12})$$

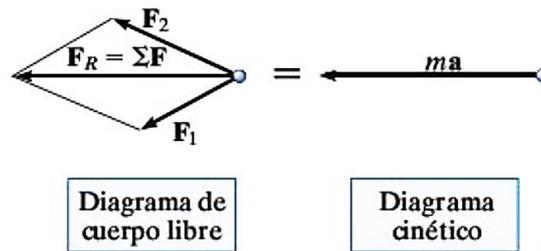
Si consideramos una partícula como se muestra en la figura 19, con masa m y sometida a la acción de dos fuerzas F_1 y F_2 . Gráficamente podemos tener en cuenta la magnitud y dirección de cada una de las fuerzas que actúan en la partícula si trazamos el diagrama de cuerpo libre de la partícula, figura 20. Esto simboliza la equivalencia gráfica entre el diagrama de cuerpo libre y el diagrama cinético es decir se emplea la ecuación 8, En particular si $a = 0$ ($\sum F = 0$), bien la partícula puede permanecer en reposo o moverse a lo largo de una trayectoria de línea recta a velocidad constante. Tales son las condiciones de equilibrio estático y la primera ley del movimiento de Newton [6].

Figura 19 *Fuerzas sobre una partícula*



FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA
AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

Figura 20 *Diagrama de cuerpo libre de una partícula*

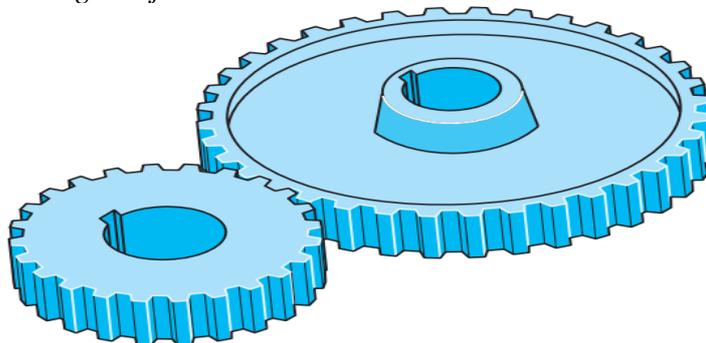


FUENTE: INGENIERÍA MECÁNICA DINÁMICA
AUTOR: (HIBBELER R., 2010)

2.2.18. Diseño de engranajes.

Los engranajes rectos son del tipo más simple y común (figura 21), que se usan para transferir movimiento entre ejes paralelos y dientes que son paralelos a los ejes de las flechas. El AGMA (American Gear Manufacturers Association) presenta las publicaciones referentes a los estándares pertinentes a los engranajes [18].

Figura 21 *Engranajes rectos*

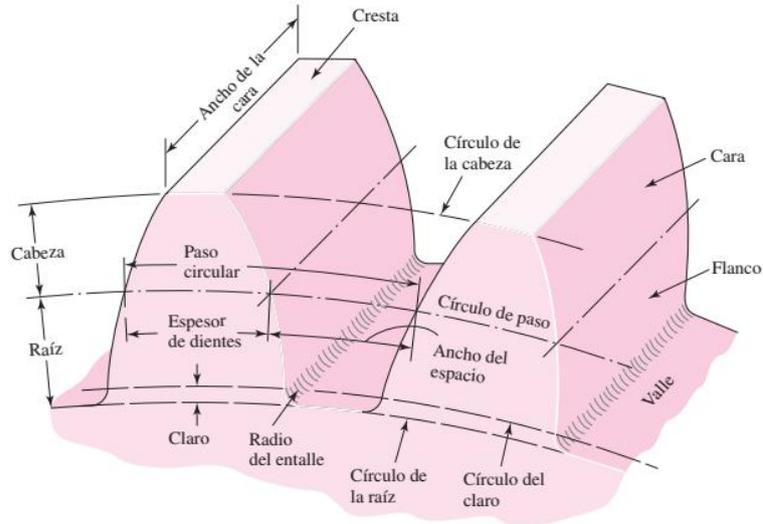


FUENTE: FUNDAMENTOS DE DISEÑO PARA INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOR: (JUVINALL, 1996)

2.2.18.1. Nomenclatura.

La terminología de los dientes de engranajes rectos se puede observar en la figura 22. Por lo general los cálculos se basan en el círculo de paso (diámetro de paso). Los círculos de paso de un par de engranajes acoplados son tangentes entre sí. Un piñón es el menor de dos engranajes acoplados, usualmente al mayor se lo considera rueda [17].

Figura 22 Nomenclatura de los dientes de engranajes rectos



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY
AUTOR: (BUDYNAS, NISBETT, 2008)

El paso diametral (P) está dado por la relación del número de dientes en el engranaje respecto del diámetro de paso se expresa en dientes por pulgadas. El módulo (m) representa la relación del diámetro de paso con el número de diente. El paso circular (p) es la distancia, medida sobre el círculo de paso, desde un punto en un diente a un punto correspondiente en un diente adyacente [17].

Relación entre el paso diametral, circular y módulo:

$$P = \frac{N}{d} \quad (\text{Ec. 2.2.13})$$

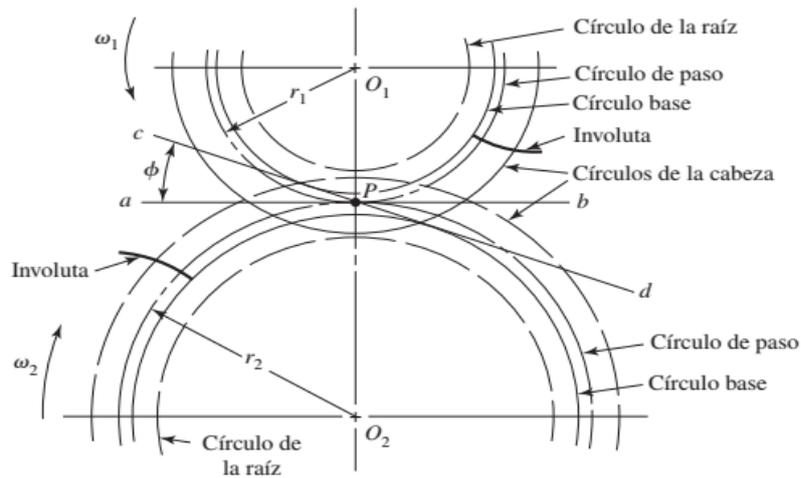
$$m = \frac{d}{N} \quad (\text{Ec. 2.2.14})$$

$$p = \pi * m \quad (\text{Ec. 2.2.15})$$

2.2.18.2. Fundamentos.

La línea de presión, línea generatriz o línea de acción representa la dirección en la que actúa la fuerza resultante entre los engranajes (figura 23). El ángulo ϕ de presión de uso más común es 20° , también es estándar 25° y $14,5^\circ$ antiguamente [18].

Figura 23 *Círculos de la configuración de un engranaje*



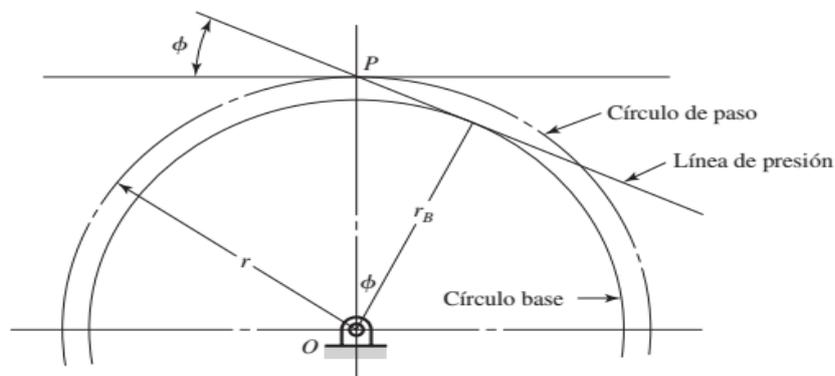
FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

AUTOR: (BUDYNAS, NISBETT, 2008)

En cada engranaje se traza un círculo tangente a la línea de presión (figura 24). Estos círculos son los círculos base, ya que son tangentes a la línea de presión, el ángulo de presión determina su tamaño [17].

$$r_b = r * \cos\phi \quad (\text{Ec. 2.2.16})$$

Figura 24 *Relación del círculo base con el ángulo de presión y el radio del círculo*



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

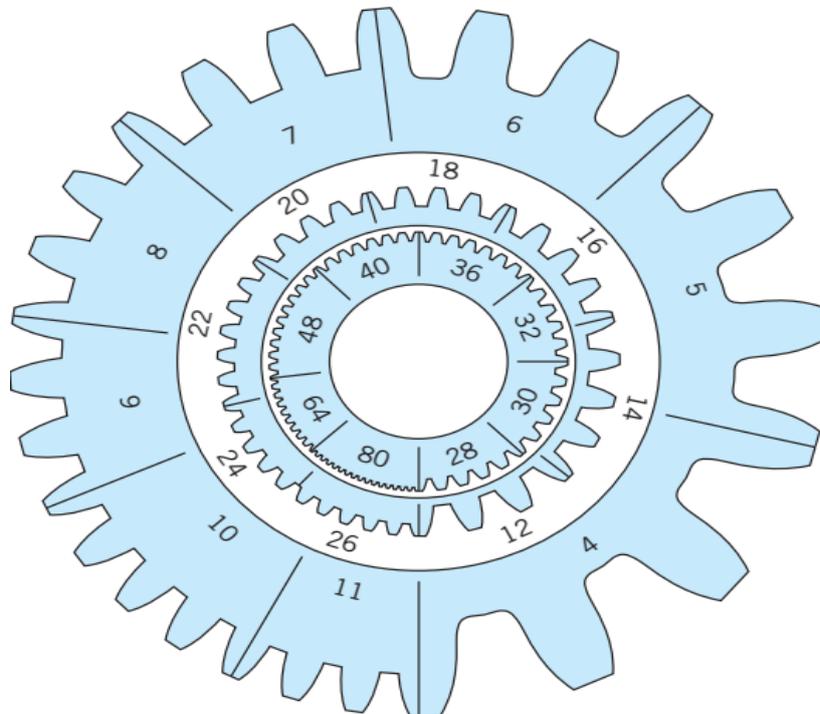
AUTOR: (BUDYNAS, NISBETT, 2008)

Para dibujar un diente se necesita conocer su espesor (figura 22) y es medido en el círculo de paso [17].

$$t = \frac{p}{2} \quad (\text{Ec. 2.2.17})$$

Los engranajes por lo común se hacen con un valor entero de paso diametral (unidades inglesas) o un valor estándar del módulo (figura 25). El ancho de la cara b , no esta estandarizado, pero en general se considera como $9m < b < 14m$. Mientras más ancha sea la cara más difícil será de fabricar y montar los engranajes de modo que el contacto sea uniforme en todo el ancho de la cara [18].

Figura 25 *Tamaños reales de dientes de engranaje de diversos pasos diametrales*



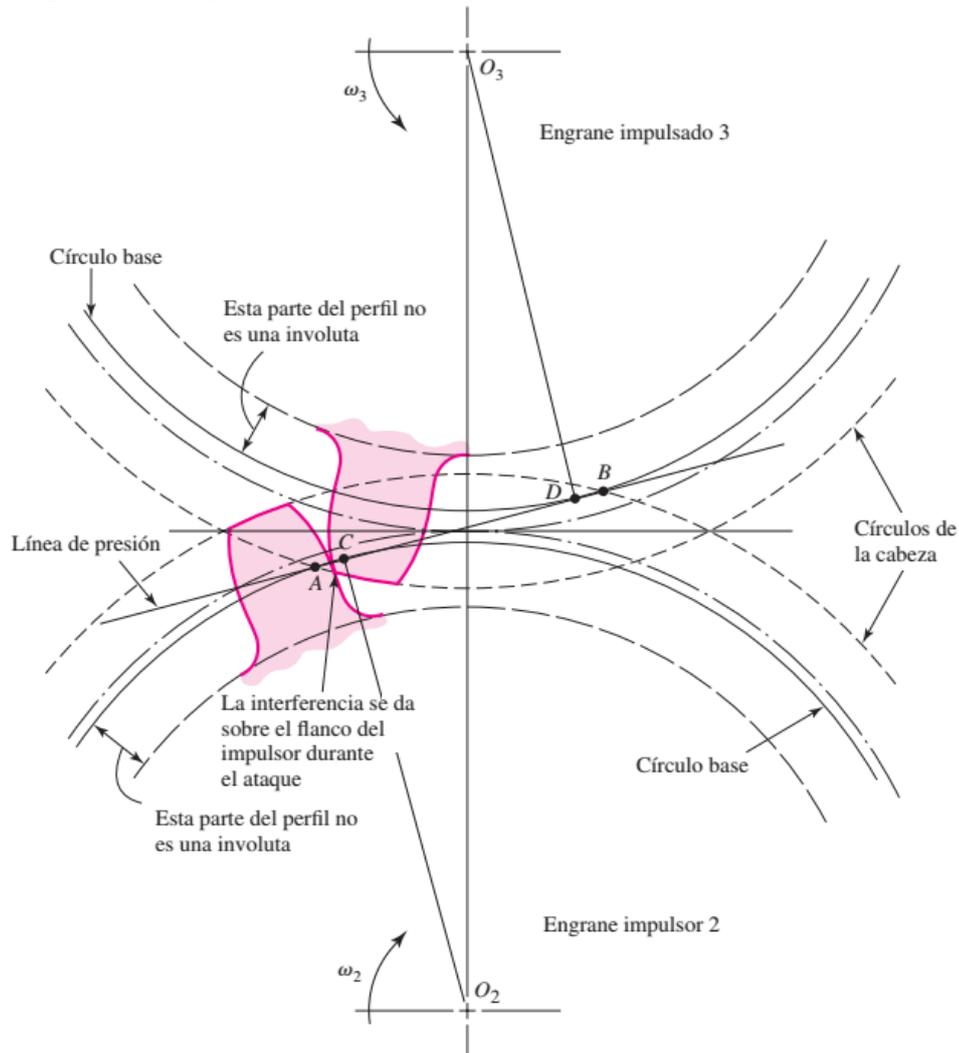
FUENTE: FUNDAMENTOS DE DISEÑO PARA INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOR: (JUVINALL, 1996)

2.2.18.3. Interferencia.

El contacto de partes de los perfiles de dientes no conjugados se llama interferencia. De la figura 26, el contacto se inicia cuando la punta del diente impulsado hace contacto con el flanco del diente impulsor [17].

Cuando se producen los dientes de engranes mediante un proceso de generación, la interferencia se elimina de manera automática porque la herramienta de corte remueve la parte interferente del flanco. Este efecto se denomina rebaje, pero si este es muy pronunciado, el diente rebajado se debilita considerablemente [17].

Figura 26 *Interferencia en la acción entre dientes*



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

AUTOR: (BUDYNAS, NISBETT, 2008)

Si el engranaje acoplado tiene más dientes que el piñón y el módulo es mayor que uno, entonces el mínimo número de dientes del piñón sin interferencia está dado por [17]. :

$$N_p = \frac{2k}{(1 + 2m)\text{sen}^2\phi} \left[m + \sqrt{m^2 + (1 + 2m)\text{sen}^2\phi} \right] \quad (\text{Ec. 2.2.18})$$

2.2.18.4. Formación de dientes de engranes.

Existe una gran variedad de procedimientos para formar los dientes de engranes, como fundición en arena, moldeo en cascara, fundición por revestimiento, fundición en molde permanente, fundición en matriz y fundición centrífuga. Los dientes se forman también mediante el proceso de metalurgia de polvos, o por extrusión, se puede formar una sola barra de aluminio y luego rebanarse en engranes [17].

Fresado

Los dientes se pueden cortar con una fresadora de forma, para adaptarse al espacio del diente. En teoría cuando se emplea este método se necesita utilizar una fresa diferente para cada engranaje [17].

Acabado

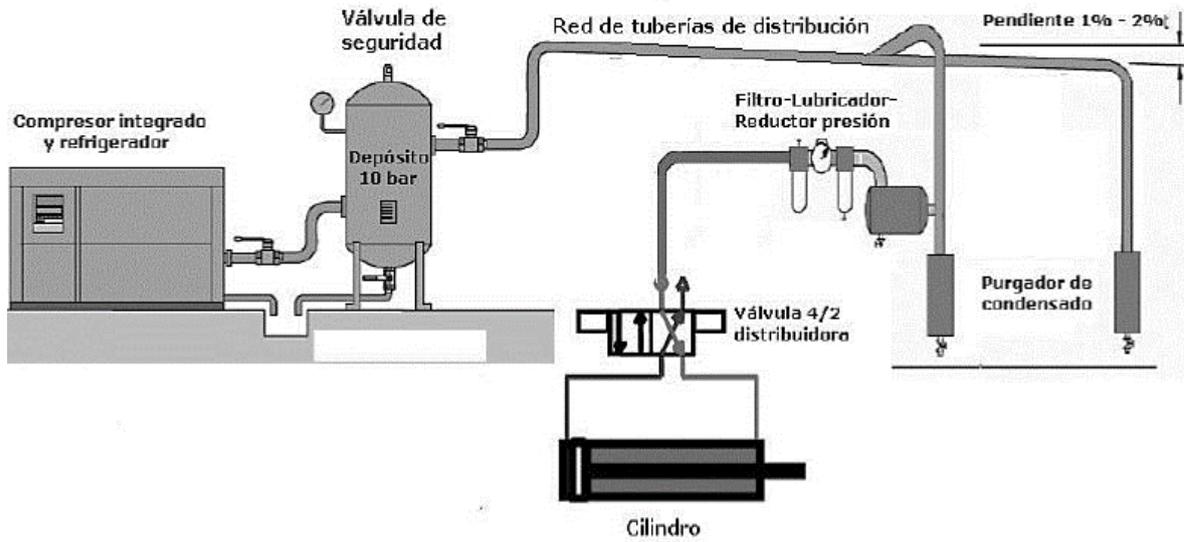
Los engranajes que funcionan a altas velocidades y transmiten grandes fuerzas están sujetos a fuerzas dinámicas adicionales, si hay errores en los perfiles de los dientes. Los errores se reducen en alguna medida mediante el acabado de los perfiles del diente. Los dientes se pueden determinar, después de cortados, mediante cepillado o bruñido [17].

2.2.19. Neumática.

La neumática precisa de una estación de generación y preparación del aire comprimido formada por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación del aire (filtro, lubricador y regulador de presión), una red de tuberías para llegar al utilizador y un conjunto de preparación del aire para cada dispositivo neumático individual [8].

Los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos que les permiten obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. El PLC (programmable logic controller) les permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o en conjunto realizando una tarea específica [8].

Figura 27 Preparación del aire



FUENTE: NEUMÁTICA E HIDRÁULICA

AUTOR: (CREUS, 2007)

2.2.19.1. Composición y características del aire.

Tabla 8 Composición química del aire

ELEMENTO	APORTE	SÍMBOLO
Nitrógeno	70.09%	N ₂
Oxígeno	20.95%	O ₂
Argón	0.93%	Ar
Otros	0.03%	

FUENTE: NEUMÁTICA BÁSICA

ELABORADO: AUTOR

El aire empleado en neumática es aire que se toma a la presión atmosférica y al que se le puede aumentar la presión hasta 180 Psi aproximadamente. Por ser un gas compresible permite que se le pueda reducir el volumen aumentando la presión. Fácil de transportar, aunque no es recomendable puesto que presentan caídas de presión y que pueden afectar las

aplicaciones finales. Se puede considerar un gas ideal y, por lo tanto, sus propiedades se pueden calcular con la ecuación de los gases ideales [7].

$$PV = mR_U T \quad (\text{Ec. 2.2.19})$$

2.2.19.2. Ventajas y desventajas del aire comprimido.

Tabla 9 *Ventajas y desventajas del aire comprimido*

Ventajas	Desventajas
Económico (Usar de la atmosfera)	Humedad en el compresor
Seguro bajo riesgo accidentes	Compresor tiene alta temperatura
No es explosivo	Presencia de agua en tuberías
Abundante	Afectan actuadores, válvulas, otros
Rápida respuesta actuadores	Ruidoso, uso de silenciadores
Trabajan altas velocidades	Compresor aislado
Fácil transportar	Limitación de fuerza
Fácil montaje y mantenimiento	Difícil detención de fugas
Instalación rápida, sencilla y limpia	Fugas hay caídas de presión y caudal
No requiere líneas de retorno	Costosa producción (compresor)

FUENTE: NEUMÁTICA BÁSICA

ELABORADO: AUTOR

2.2.19.3. Propiedades.

Las propiedades más importantes al trabajar con neumática son la presión y el caudal [7].

2.2.19.3.1. Presión.

Es la fuerza ejercida sobre un área determinada y está dada por la siguiente expresión:

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 2.2.20})$$

Tipos de presiones:

- Atmosférica: presión que ejerce la atmósfera, depende la altura sobre nivel del mar
- Absoluta: presión real en un punto determinado
- Manométrica: presión medida a un fluido contenido [7].

$$P_{man} = P - P_{atm} ; [Pa] \quad (Ec. 2.2.21)$$

2.2.19.3.2. Caudal.

Cantidad de fluido que atraviesa una sección dada, por unidad de tiempo [7].

$$Q = \frac{V}{t} = v * A \quad (Ec. 2.2.22)$$

2.2.20. Hidráulica.

La hidráulica emplea líquidos a una presión y temperatura determinada, ocupan un volumen determinado. Introducido el líquido en un recipiente adopta la forma del mismo, pero llenado solo el volumen que le corresponde [20].

Las máquinas hidráulicas pertenecen a un grupo llamada máquinas de fluidos. Las mayorías de las máquinas intervienen uno o varios fluidos como refrigerantes, lubricantes, entre otros. Estas máquinas proporcionan energía que absorbe la maquina o en el fluido que es el receptor de energía al que la maquina restituye la energía mecánica absorbida [20].

En toda máquina hay un intercambio entre energía de fluido y energía mecánica, por esa razón revisten infinidad de formas y encuentran un sinfín de aplicaciones técnicas [20].

Las propiedades que se emplean en la hidráulica usualmente es la presión (Ec. 2.3.6).

2.2.21.Comparación entre neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica.

Dentro de las características comparativas entre los sistemas neumático e hidráulico se lo puede observar en la tabla 13. Donde las condiciones comparativas son: efecto de fugas, influencia del ambiente, almacenaje de energía, transmisión de energía, velocidad de operación, coste de alimentación, movimiento lineal, movimiento giratorio, exactitud de operación, estabilidad y fuerzas.

Las características comparativas de los sistemas neumático/hidráulico y eléctrico/electrónico se lo puede observar en la tabla 14. Las condiciones comparativas son: elementos de trabajo, elementos de control, elementos de proceso y elementos de entrada.

2.2.22.Métodos de evaluación de soluciones.

Para tomar una decisión siempre deben estar presentes los siguientes elementos:

- Alternativas
- Criterios

Entre los métodos de evaluación se pueden agrupar:

- Métodos ordinales. El evaluador clasifica por orden las diferentes soluciones alternativas para cada criterio.
- Métodos cardinales. El evaluador debe cuantificar sus juicios en relación a la efectividad de las alternativas y a la implantación de los criterios [21].

Método ordinal corregido de criterios ponderados

La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones basta conocer el orden de preferencia de su evaluación global. Por ello se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados [21].

Se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
- 0 Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad; después en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio [21].

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio [21].

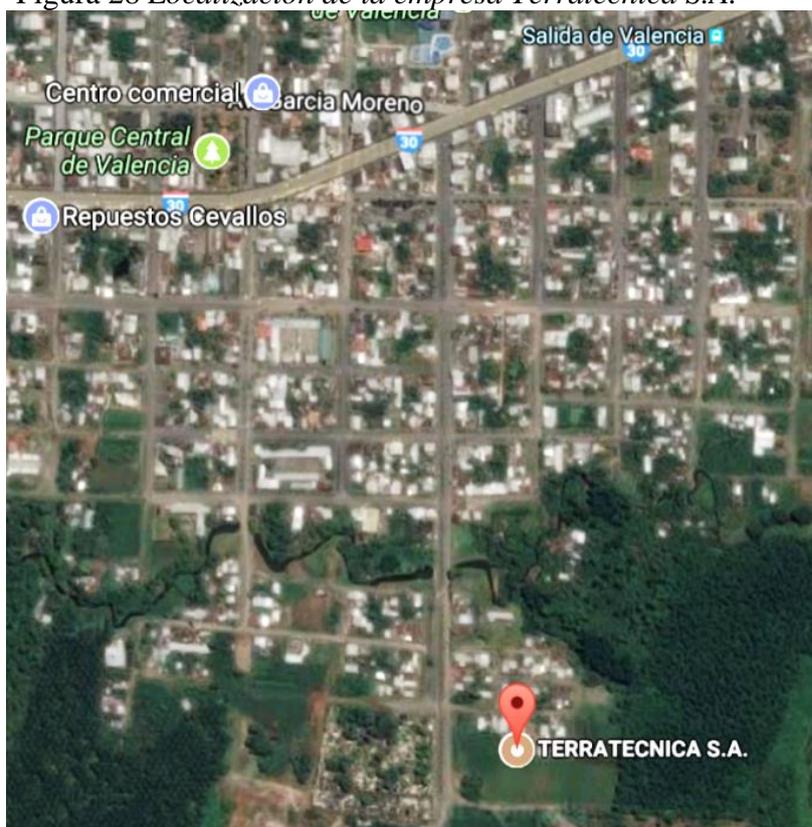
CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Localización.

El presente proyecto de investigación se realizará en la empresa TERRATÉCNICA S.A. localizada en el cantón Valencia provincia de Los Ríos, Av. Arcoz Pérez y José Laborde, frente al cementerio central.

Figura 28 *Localización de la empresa Terratécnica S.A.*



FUENTE: EXTRAÍDA DE GOOGLE MAPS

3.2. Tipos de investigación.

Investigación aplicada: Se aplicarán los conocimientos de diseño de máquinas y funcionamiento de mecanismos para aplicar en el diseño de la GUÍA DESLIZANTE.

Investigación bibliográfica: La indagación de información nos permite respaldar el proyecto, de la cual se investigará acerca del funcionamiento de las GUÍA DESLIZANTES.

3.3. Métodos de investigación.

Método científico: Se utilizará con la finalidad de aplicar los conocimientos adquiridos en diseño de máquinas y funcionamiento de mecanismos: manuales, eléctricos, neumáticos e hidráulico, y técnicas de funcionamiento sobre la guía deslizante, así como manuales y catálogos que muestran los usos y manejos de las maquinas.

Método experimental: Una vez seleccionado el diseño se realizará la construcción de la guía deslizante para comprobar el mejoramiento ergonómico de la máquina.

Método analítico: Mediante las pruebas de funcionamiento se analizarán el tiempo que emplea el operador y la fuerza que aplica.

Método inductivo: Mediante los varios diseños que se realizarán en el programa solidworks 2017, seleccionando los materiales que se encuentran dentro de la comunidad, para que sea accesible cualquier repuesto. Se escogerá el diseño que reduzca los riesgos ergonómicos sobre la guía deslizante aplicando el método de criterios ponderados.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La investigación fue realizada mediante observación directa en un proceso de prácticas en la empresa Terratécnica S.A. Donde la guía deslizante era uno de los puntos críticos donde el operador podría sufrir un riesgo ergonómico.

3.5. Diseño de la investigación.

Se elaboró un esquema de la ubicación del operador sobre la sierra 1 de la empresa Terratécnica S.A., véase anexo 5.

3.6. Instrumentos de investigación.

- Observación directa
- Procedimientos experimentales
- Formato de diagnóstico

3.7. Tratamiento de los datos.

- Solidworks 2017
- Microsoft Excel 2016

3.8. Recursos humanos y materiales.

Se llegó a un acuerdo con la empresa Terratécnica S.A. la cual quedó estipulada que aportará con el 50% del valor total para la ejecución del presente proyecto de investigación, véase anexo 1.

Máquinas– herramientas

- Máquinas de soldar
- Juego de llaves y dados
- Martillo
- Amoladora
- Otros

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Medición del riesgo ergonómico sobre la guía deslizante de la sierra 1 en la empresa Terratécnica S.A.

Se realizó la medición del riesgo ergonómico actual sobre las guías deslizantes de las sierras de corte, en la empresa Terratécnica S.A. ya que existen 3 sierras de corte, las cuales son operadas manualmente, seleccionando la guía deslizante sobre la sierra 1 (anexo 2) debido que presenta mayor dificultad para moverla horizontalmente y jalarla. Para determinar el nivel de riesgo ergonómico sobre el operador, se empleó el método checklist OCRA para la evaluación el cual considera algunos factores como: la duración, la recuperación, la frecuencia, la fuerza, la postura y movimiento, y otros complementarios.

4.1.1. Evaluación Checklist OCRA sobre la guía deslizante.

El tiempo de duración que emplean por turno es 9 horas en el día y 8 horas por la noche para el operador en las sierras de corte, del cual en el día descansa 1 hora en almuerzo, 15 minutos para desayuno y 30 minutos en ir al baño entre otros, del cual realizan 18 pallets por minuto cada operador y por cada minuto se ocupa aproximadamente 24 segundos sobre el desplazamiento de la guía deslizante y el resto en desplazamiento de la madera.

Entonces el trabajo laborable y laborado está definido por:

$$\textit{tiempo de trabajo laborable} = 9 * 60 = 540\textit{min}$$

$$\textit{tiempo de trabajo laborado} = 9 * 60 - (60 + 15 + 30) = 435\textit{min}$$

Empleando la ecuación 2.2.1 se determina el tiempo neto del trabajo repetitivo sobre la guía deslizante.

Dónde el tiempo de trabajo no repetitivo sobre la guía deslizante es de 36 segundos/minuto equivalente a 0.6 minutos/minutos. En 435 min serían 261 min, es decir:

$$TNTR = 540\textit{min} - [261\textit{min} + (60 + 15 + 30)\textit{min}]$$

$$\textbf{TNTR} = \textbf{174[min]} = \textbf{2h 54min}$$

Ahora a través de la ecuación 2.2.2 determinamos el tiempo neto del ciclo de trabajo sobre la guía deslizante:

Dónde: en el ciclo se producen 18 piezas por minuto equivalente a 7830 pallets durante la jornada, saliendo en producción aproximadamente la misma cantidad. Entonces el número de ciclos correspondería a 1.

$$T. ciclo = \frac{174}{1} * 60$$

$$T. ciclo = 10440 [s]$$

Del cual sólo se observa aproximadamente 1800 segundos (30 minutos)

$$Diferencia_{justificacion} = \frac{30}{174} * 100\% = 17\%$$

Por lo tanto el 83% del tiempo requiere ser justificado.

4.1.2. Valorización de los factores.

Para obtener el valor de riesgo se empleará la herramienta checklist OCRA en la cual veremos en qué nivel de riesgo se encuentra el operador de la sierra 1.

4.1.2.1. Para el factor duración.

De acuerdo a la tabla 5 el factor duración será de 0.65 debido al tiempo neto de trabajo repetitivo sobre la guía deslizante es 174 min lo cual se encuentra en el rango de (121-180) min.

4.1.2.2. Para el factor recuperación.

Debido a que el jefe de operaciones está observando continuamente a los operadores de las sierras de corte, estos hacen alrededor de 2 pausas en la mañana y por la tarde de 7 – 10 minutos durante la jornada. Del cual la valoración correspondiente sería de 2 (anexo 12).

4.1.2.3. Para el factor frecuencia.

Primero se requiere encontrar el número de acciones por minuto de la ecuación 2.2.3 para el brazo derecho, dado que sobre este actúa la guía deslizante. Donde el operador realiza 18 acciones por minuto y durante el ciclo realiza $435 * 18 = 7830$.

$$A.T /min = \frac{7830 * 60}{10440} = 45$$

La valoración por acción dinámica se le asigna el valor 3, debido que se produce 45 acciones por minuto con posibilidad de breves interrupciones (anexo 13) y como no hay acciones estáticas no se evalúa.

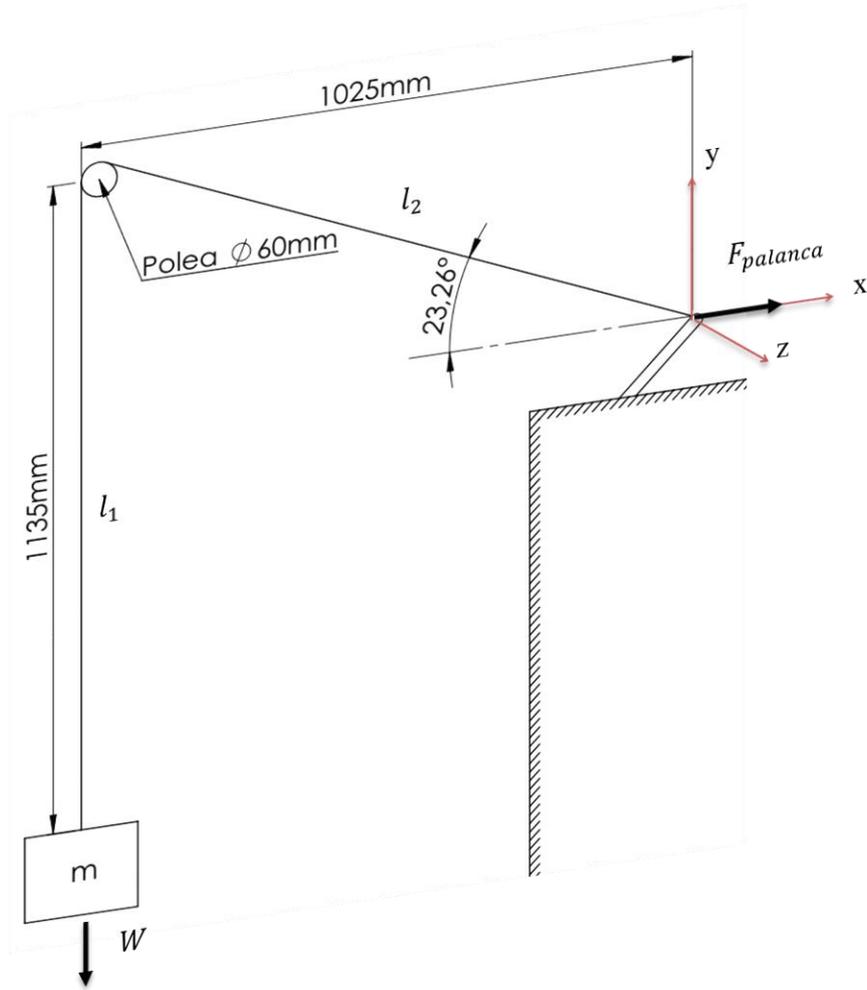
4.1.2.4. Para el factor fuerza.

Para obtener la valoración del factor fuerza, se llevó a cabo la medición de dicha fuerza que emplea el operador para jalarla (movimiento axial) y para desplazarla de izquierda a derecha (movimiento transversal).

4.1.2.4.1. Medición de la fuerza sobre la sierra 1 en movimiento axial.

Se llevó a cabo la medición de la fuerza que se necesita para realizar el trabajo sobre la guía deslizante de la sierra 1 mediante un sistema de polea (véase anexo 7) donde la masa de prueba mínima que se empleó para que la palanca de la guía deslizante se pueda desplazar tangencialmente es de $2.18kg$. En el siguiente diagrama se representa la medición.

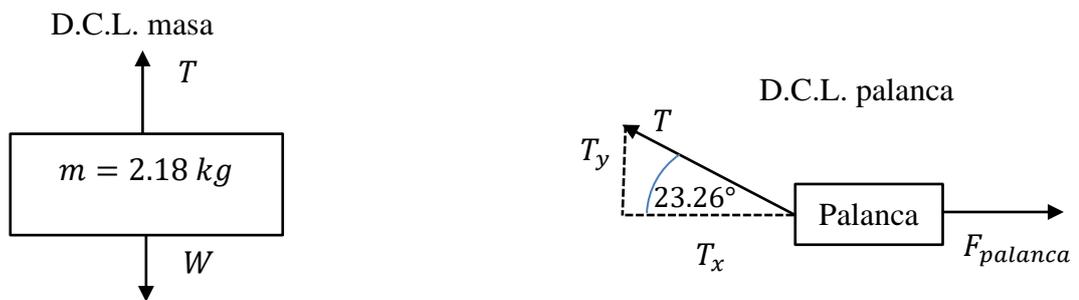
Figura 29 Diagrama medición de fuerzas axial sobre la sierra 1



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

De acuerdo a la figura 29 para determinar la fuerza mínima que requiere la palanca, en mantener la guía deslizante se determina de la siguiente manera:



Del D.C.L. masa, encontramos el peso del cuerpo aplicando la ecuación 2.3.1 y tenemos lo siguiente:

$$W = 2.18 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{estatico} = 19.68 \text{ N}$$

Aplicando $\sum F_y$ al D.C.L. masa y $\sum F_x$ al D.C.L. palanca de la ecuación 2.3.2, en caso estático

$$\sum F_y = 0 ; \text{D.C.L. masa}$$

$$T - W = 0$$

$$T = W = 19.68 \text{ N} = 2.01 \text{ kg}_f$$

$$\sum F_x = 0 ; \text{D.C.L. palanca}$$

$$F_{palanca} - T_x = 0$$

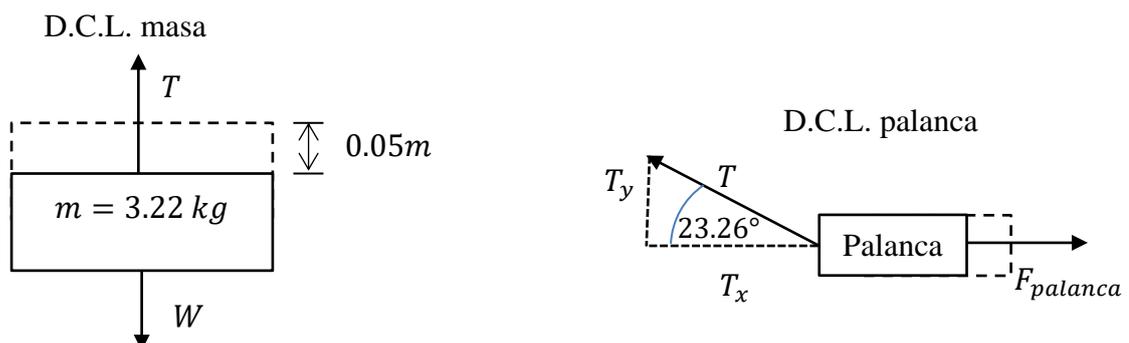
$$F_{palanca} = T_x = T \cos(23.26^\circ)$$

$$F_{palanca;estatico} = 18.08 \text{ N} = 1.84 \text{ kg}_f$$

Entonces, la fuerza mínima que realiza el operador sobre la guía deslizante para mantener la palanca es de **1.84 kilogramos**.

Ahora, cuando realiza la fuerza repetitiva emplea un tiempo promedio de 0.37 segundos para jalar la palanca hacia el cuerpo y se determina de la siguiente manera:

La masa de prueba empleada fue de 3.22 kg con una diferencia desplazada de 0.05m.



Del D.C.L. masa, encontramos el peso del cuerpo aplicando la ecuación 2.3.1 y tenemos lo siguiente:

$$W = 3.22 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{Dinámico} = 31.59 \text{ N}$$

La velocidad se determina empleando la ecuación 2.2.9 y la aceleración por la ecuación 2.2.10.

$$v = \frac{0.05 \text{ m}}{0.37 \text{ s}}$$

$$a = \frac{0.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.37 \text{ s}}$$

$$v_{prom} = 0.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a_{prom} = 0.38 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Aplicando ΣF_y al D.C.L. masa y ΣF_x al D.C.L. palanca de la ecuación 2.3.2, en el caso dinámico

$$\Sigma F_y = m * a ; \text{D.C.L. masa}$$

$$\Sigma F_x = 0 ; \text{D.C.L. palanca}$$

$$T - W = m * a$$

$$F_{palanca} - T_x = 0$$

$$T = m * a + W_{dinámico}$$

$$F_{palanca} = T * \cos(23.26^\circ)$$

$$F_{palanca} = (m * a + W_{dinámico}) * \cos(23.26^\circ)$$

$$F_{palanca} = \left(3.22 \text{ kg} * 0.38 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 31.59 \text{ N} \right) * \cos(23.26^\circ)$$

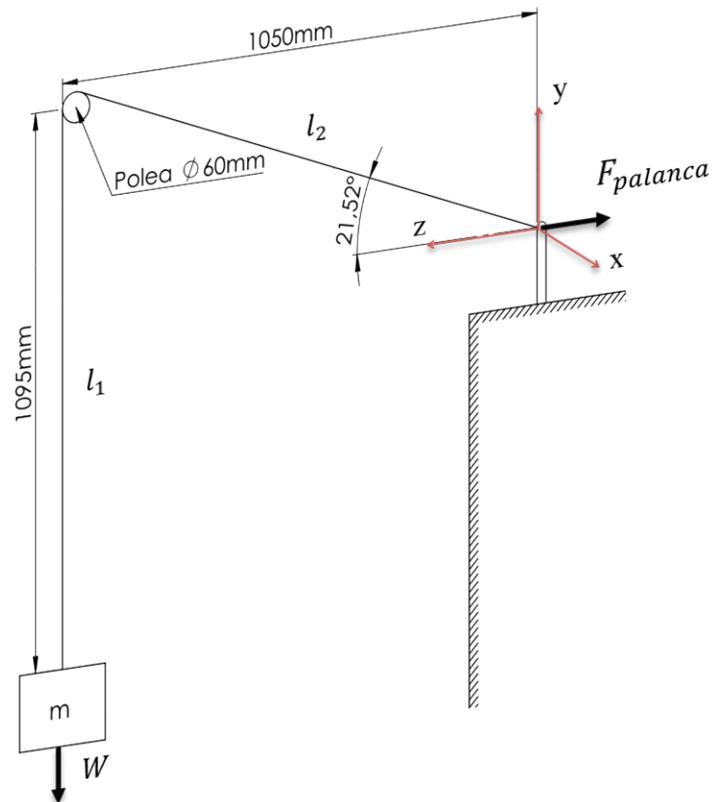
$$F_{palanca;dinámica} = 30.15 \text{ N} = 3.07 \text{ kg}_f$$

Entonces, la fuerza realizada por el operador al jalar la palanca es de **3.07 kilogramos**.

4.1.2.4.2. Medición de la fuerza en forma transversal.

Para desplazar la palanca de forma horizontal (anexo 8) aplica una fuerza repetitiva, donde el tiempo promedio empleado es 0.42 segundos. El diagrama general se presenta a continuación:

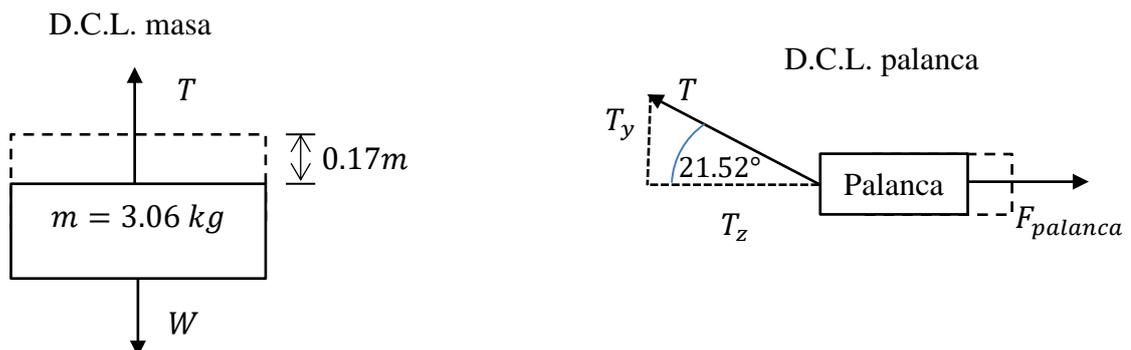
Figura 30 Diagrama de la medición de fuerzas transversal sobre la sierra I



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

Donde la masa de prueba empleada fue de 3.06 kg con una diferencia desplazada de 0.17m:



Del D.C.L. masa, encontramos el peso del cuerpo aplicando la ecuación 2.3.1 y tenemos lo siguiente:

$$W = 3.06 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{Dinámico} = 30.02 \text{ N}$$

La velocidad se la determina empleando la ecuación 2.2.9 y la aceleración ecuación 2.2.10.

$$v = \frac{0.17 \text{ m}}{0.42 \text{ s}}$$

$$a = \frac{0.41 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.42 \text{ s}}$$

$$v_{prom} = 0.41 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a_{prom} = 0.98 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Aplicando $\sum F_y$ al D.C.L. masa y $\sum F_z$ al D.C.L. palanca de la ecuación 2.3.2, en el caso dinámico

$$\sum F_y = m * a ; \text{D.C.L. masa}$$

$$\sum F_z = 0 ; \text{D.C.L. palanca}$$

$$T - W = m * a$$

$$F_{palanca} - T_z = 0$$

$$T = m * a + W_{dinámico}$$

$$F_{palanca} = T * \cos(21.52^\circ)$$

$$F_{palanca} = (m * a - W_{dinámico}) * \cos(21.52^\circ)$$

$$F_{palanca} = \left(3.06 \text{ kg} * 0.98 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 30.02 \text{ N}\right) * \cos(21.52^\circ)$$

$$F_{palanca,dinámica} = 30.72 \text{ N} = 3.13 \text{ kg}_f$$

Entonces, la fuerza realizada por el operador para mover la guía de izquierda a derecha es **3.13 kilogramos**.

Tabulando valores

Tipo Variables	Fija	Axial Movimiento	Tangencial Movimiento
m	2.18 kg	3.22 kg	3.06 kg
W	19.68 kg	31.59 N	30.02 N
α	23.26°	23.26°	21.52°
t_{prom}	-	0.37 s	0.42 s
v	-	0.14 $\frac{m}{s}$	0.41 $\frac{m}{s}$
a	-	0.38 $\frac{m}{s^2}$	0.98 $\frac{m}{s^2}$
$F_{palanca}$	18.08 N	30.15 N	30.72 N

Debido que la mayor fuerza aplicada por el operador es de **3.13 kg_f** para desplazar la guía deslizante de izquierda a derecha por un periodo mayor al 10% del tiempo total. Teniendo una valoración 24 para una fuerza intensa, véase anexo 14.

4.1.2.5. Para el factor postura y movimientos.

Para las siguientes valoraciones diríjase al anexo 15.

Para la postura y movimiento del hombro: los brazos se levantan un poco más de la mitad no alcanzan altura de los hombros del cual la valoración será 1.

Para los movimientos del codo: el codo realiza movimiento repentinos y rápidos por lo menos la tercera parte del tiempo por lo tanto la valoración 2.

Para la postura y movimiento de la muñeca: la muñeca debe hacer flexiones y extensiones aproximadamente la tercera parte del tiempo entonces la valoración será 2.

Para movimientos por agarre en la mano: la mano aprieta la palanca alrededor de la tercera parte del tiempo por lo tanto la valoración 2.

Para estereotipo: debido que realiza los movimientos repetitivos idénticos más de la mitad del tiempo entonces, la valoración será la mitad cuando el ciclo es inferior a 15 segundos y por tanto la valoración 1.5.

De acuerdo a la ecuación 2.2.5 para la evaluación del factor postura, tenemos lo siguiente:

$$FP = \text{Max}(1; 2; 2; 2) + 1.5$$

$$FP = 3.5$$

Entonces la valoración para el factor postura es 3.5.

Para factores de riesgos complementarios.

Además de los otros factores, existe el factor socio-organizativo donde el ritmo de trabajo está determinado por la máquina y puede acelerarse o desacelerarse con una puntuación 1 (tabla 17).

Tabulando valores por factores de riesgo

Factor de riesgo	<i>FD</i>	<i>FR</i>	<i>FF</i>	<i>FFz</i>	<i>FP</i>	<i>FC</i>
Valorización	0.65	2	3	24	3.5	1

Aplicando la ecuación 2.2.7 para determinar el nivel de riesgo tenemos lo siguiente:

$$\text{Checklist OCRA} = (2 + 3 + 24 + 3.5 + 1) * 0.65$$

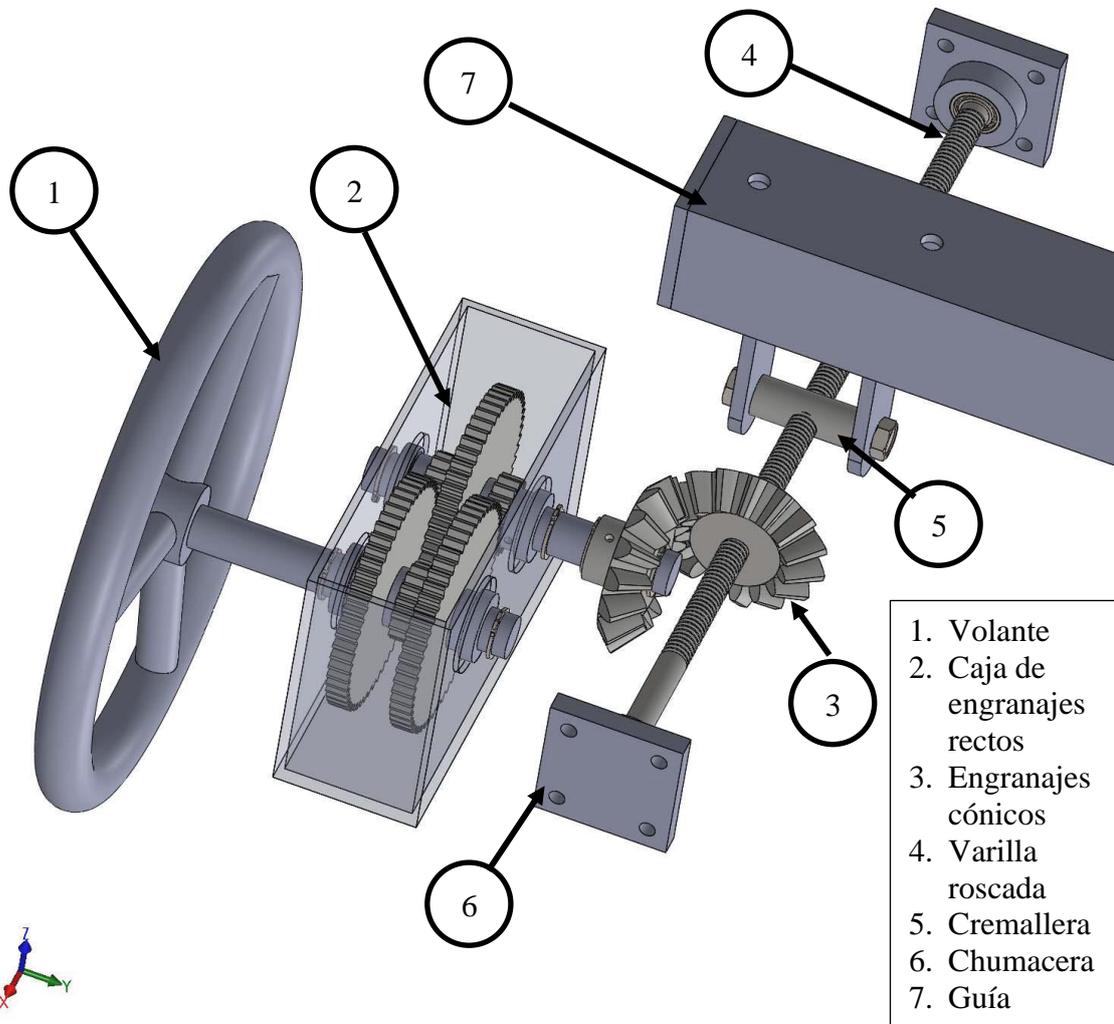
$$\text{Checklist OCRA} = 21.78$$

De acuerdo a la tabla 6 para evaluación del riesgo por trabajo repetitivo mediante el checklist OCRA, tenemos como **riesgo inaceptable medio** y requiere mejoramiento o cambio de puesto.

4.2. Diseño de guías deslizantes para sierra 1 de la empresa Terratécnica S.A.

4.2.1. Diseño manual con volante mediante engranajes.

Figura 31 Diseño de la guía deslizante mediante engranajes



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

4.2.1.1. Consideraciones del diseño mediante un tren de engranajes.

Los materiales empleados a utilizar serán un volante, engranajes rectos, engranajes cónicos, chavetas, varilla roscada, rodamientos, cremallera, anillos de retención externo, pernos, caja porta engranajes, ejes.

➤ **Para el tren de engranajes**

Relación de transmisión de 1:3.5

Lubricante SAE 40

$$m = 3.5$$

Material: Hierro fundido gris ASTM A48 clase 20 como sale de la fundición.

$$R = 0.99 \text{ a } N = 10^7 \text{ ciclos}$$

$$S_y = 151 \text{ MPa}$$

$$\phi_n = 20^\circ$$

$$S_{ut} = 179 \text{ MPa}$$

$$a = 0.8 \text{ (dientes cortos)}$$

$$E_{Fe;gris} = 81500 \text{ MPa}$$

$$c = 0.45$$

$$\nu = 0.211$$

Empalme raíz 0.20

$$S_c = 379.21 \text{ MPa}$$

Corrección unitaria total 1 (según Merrit)

$$S_t = 34.47 \text{ MPa}$$

➤ **Para el volante**

$$D = 200 \text{ mm}$$

Material: Tubo de acero galvanizado ASTM A- 513

$$F_{r:m\acute{a}x} = 3 \overrightarrow{kg}$$

$$S_y = 203 \text{ MPa}$$

$$d_{Tubo} = 19.05 \text{ mm}$$

$$S_{ut} = 357 \text{ MPa}$$

$$e_{tubo} = 1.5 \text{ mm}$$

➤ **Para los engranajes cónicos, varilla roscada, cremallera**

Material: Hierro fundido gris ASTM A48 clase 20 como sale de la fundición.

$$S_y = 151 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 179 \text{ MPa}$$

4.2.1.2. Análisis de dimensionamiento para el diseño del tren de engranajes.

De la caja de engranajes se analizará un par (figura 31). Para el cual se requieren algunos parámetros que se detallan a continuación.

➤ Numero de dientes del piñón y de la rueda

Nota: Debido que el número de dientes del piñón es mayor que la rueda a transmitir el movimiento se considerara lo contrario para el análisis a realizar.

$$m_G = \frac{N_G}{N_p} = 3.50$$

De acuerdo a la ecuación 2.2.18 el número mínimo de engranajes del piñón es:

$$N_p = \frac{2 * 0.80}{(1 + 2 * 3.50) * \text{sen}^2(20)} \left[3.50 + \sqrt{3.50^2 + (1 + 2 * 3.50) * \text{sen}^2(20)} \right]$$

$N_p = 12.2$ *dientes* mínimo (del cual se empleará $N_p = 16$ *dientes*)

Del cual se empleará, $N_G = 16 * 3.50 = 56$ *diente* para el otro engranaje

Dando una vuelta de 1 segundos en el volante

$$RPM = \frac{1}{1\text{seg}} * \frac{60\text{seg}}{1\text{min}} = 60 \text{ RPM}$$

Teniendo una serie de seis engranajes con las mismas relaciones, véase figura 32.

$$n_{sal} = \frac{N_1}{N_2} * \frac{N_3}{N_4} * \frac{N_5}{N_6} * n_{ent} = \frac{56}{16} * \frac{56}{16} * \frac{56}{16} * 60 \text{ RPM}$$

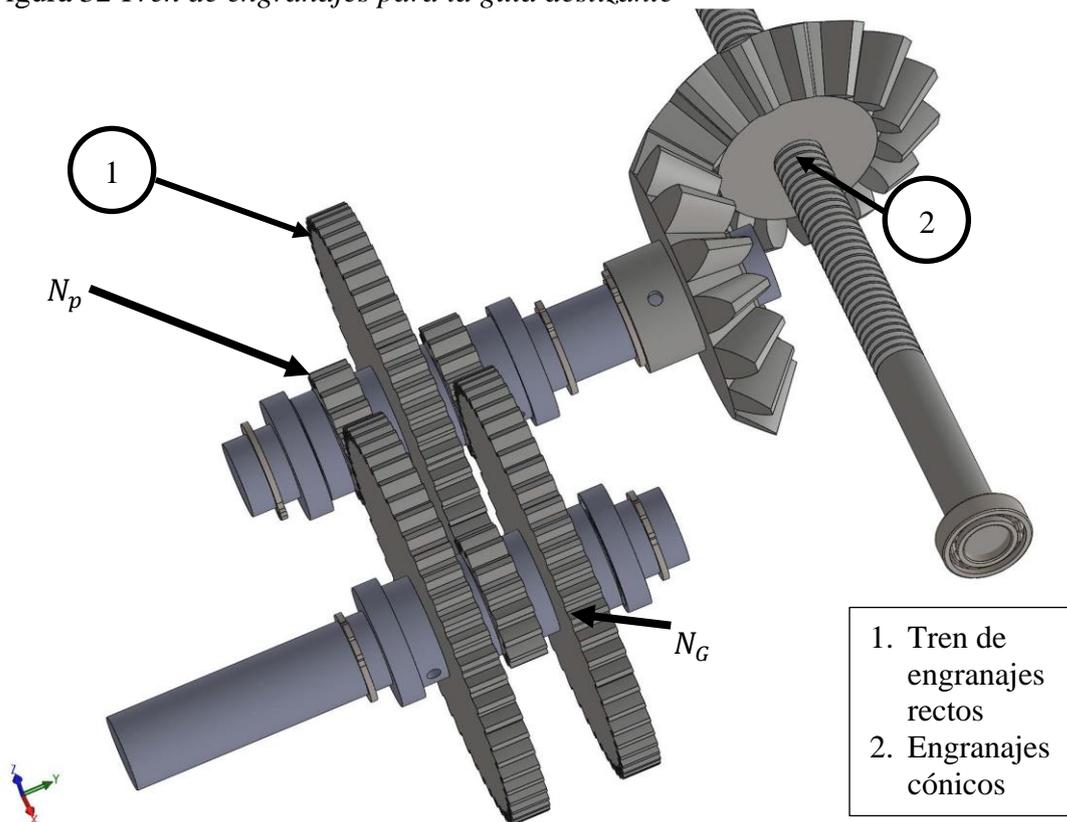
$$n_{sal} = 2572.50 \text{ RPM}$$

Para un tornillo sinfin con un avance de 10 mm por cada 12 vueltas. El desplazamiento está dado por:

$$desp = 3 * 3.50 * \frac{10mm}{12vueltas}$$

$$desp = 8.75 mm$$

Figura 32 *Tren de engranajes para la guía deslizante*



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

➤ **Los diámetros de paso**

Despejando la ecuación 2.2.14 tenemos el diámetro de paso del piñón y engranaje:

- Diámetro de paso del piñón

$$d_p = 1.50 mm * 16$$

$$d_p = 24 mm$$

- Diámetro de paso del engranaje

$$d_G = 1.50 \text{ mm} * 56$$

$$d_G = 84 \text{ mm}$$

➤ **Distancias entre centros**

$$\frac{d_P + d_G}{2} = 54 \text{ mm}$$

➤ **El paso diametral**

De acuerdo a la ecuación 2.2.13 hallamos el paso diametral.

$$P = \frac{16}{24 \text{ mm}}$$

$$P = 0.\bar{6} \text{ dientes/mm}$$

Debido que el paso diametral esta dado en dientes por pulgada según el AGMA tenemos lo siguiente:

$$P = 16.93 \text{ dientes/pulg}$$

➤ **El paso circular**

De la ecuación 2.2.15 hallamos el paso circular.

$$p_c = \pi * 1.50 \text{ mm}$$

$$p_c = 4.71 \text{ mm}$$

➤ **Paso base**

Encontramos el paso base a través de la siguiente ecuación:

$$p_b = p_c \cos \phi = 4.71 \text{ mm} * \cos (20)$$

$$p_b = 4.43 \text{ mm}$$

➤ **Diámetro del círculo base**

De la ecuación 2.2.16 encontramos el diámetro del círculo base de cada engranaje

- Para el piñón

$$(d_b)_P = 24 \text{ mm} * \cos (20)$$

$$(d_b)_P = 22.55 \text{ mm}$$

- Para el engranaje

$$(d_b)_G = 84 \text{ mm} * \cos (20)$$

$$(d_b)_G = 78.93 \text{ mm}$$

➤ **Cabeza del diente**

El diente será de cabeza corta tendrá la siguiente condición:

$$a = 0.80 \text{ m}$$

➤ **Raíz del diente**

A su vez la raíz del diente tendrá la siguiente condición:

$$b = m$$

➤ **Altura del diente**

La altura del diente será la suma de la cabeza del diente más raíz del mismo

$$h = a + b = 2.25 \text{ mm} + 0.71 \text{ mm}$$

$$h = 2.96 \text{ mm}$$

➤ **Entalle**

El entalle será la diferencia de raíz del diente con la cabeza, lo cual tendrá un radio mínimo al ser engranajes de dientes cortos.

$$c = b - a = 2.25 \text{ mm} - 0.71 \text{ mm}$$

$$c = 1.54 \text{ mm}$$

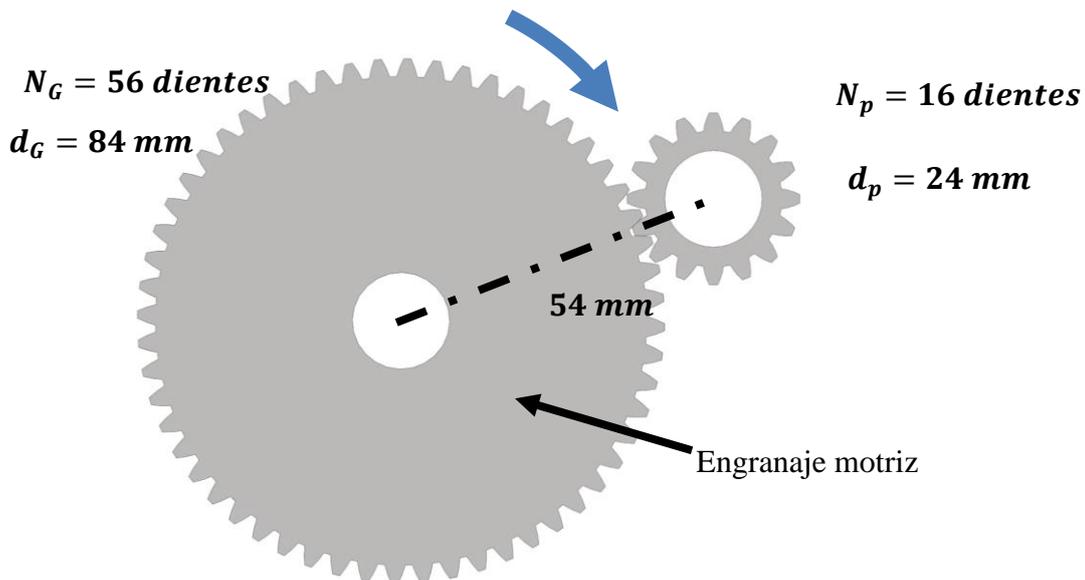
➤ **El espesor del diente**

De la ecuación 2.2.17 encontramos el espesor del diente.

$$t = \frac{4.71 \text{ mm}}{2}$$

$$t = 2.36 \text{ mm}$$

Figura 33 Juego de engranajes rectos



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

4.2.1.3. Análisis de fuerzas sobre el volante y engranaje motriz.

El volante transmite la fuerza directamente al engranaje de 56 dientes a través de eje. Donde la fuerza realizada sobre el volante de 200mm está dado por:

$$a_t = \alpha r = \left(\frac{\Delta w}{t}\right) * r = \frac{\theta}{t^2} * r \quad (\text{Ec. 4.2.1})$$

$$a_t = \frac{2\pi \text{ rad}}{(1 \text{ s})^2} * \left(\frac{0.20}{2} \text{ m}\right)$$

$$a_t = 0.63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Puesto que el operador de la guía no debe realizar una fuerza mayor a 3kg, se empleará la misma aceleración que manipula la guía, se usará la ecuación 2.3.2

$$F_{volante} = 3 \text{ kg} * 0.63 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{volante} = 1.89 \text{ N}$$

El torque realizado por dicha fuerza esta dado de la siguiente manera.

$$T = F_{volante} * r_{volante} = \frac{d}{2} W_t \quad (\text{Ec. 4.2.2})$$

$$T = 1.89 \text{ N} * \left(\frac{0.20 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T = 0.19 \text{ N} * \text{m}$$

Como el eje está conectado con el engranaje la carga transmitida al engranaje será:

$$W_t = \frac{2 * 0.19 \text{ N} * \text{m}}{0.024 \text{ m}}$$

$$W_t = F_t = 15.83 \text{ N}$$

Convertida en fuerza radial

$$F_r = F_t \tan \phi \quad (\text{Ec. 4.2.3})$$

$$F_r = 15.83 * \tan (20)$$

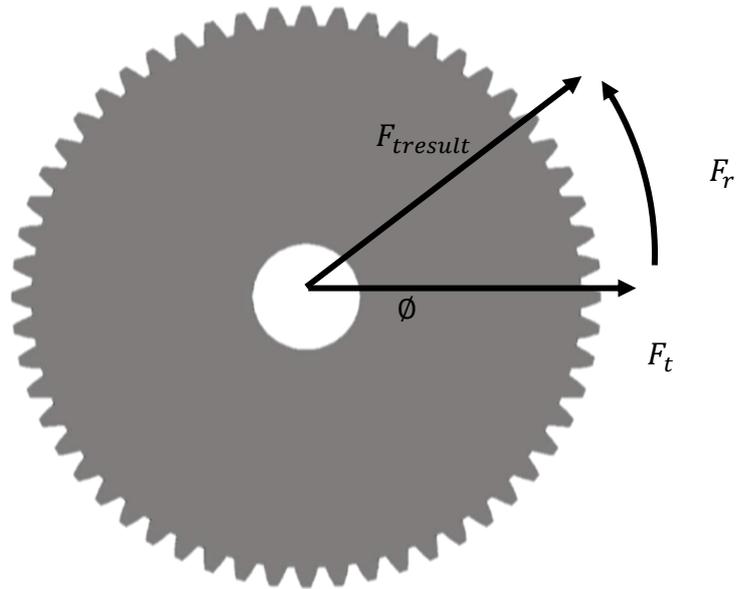
$$F_r = 5.76 \text{ N}$$

De la figura 34 se ilustran las fuerzas producidas sobre el engranaje que conecta directamente con el volante mediante un eje.

$$F_{resul} = \frac{F_t}{\cos \phi} = \frac{15.83 \text{ N}}{\cos(20)}$$

$$F_{resul} = 16.85 \text{ N}$$

Figura 34 Diagrama de fuerzas sobre el engranaje motriz



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

La potencia requerida para realizar dicho trabajo.

$$H = \frac{\pi d_p n * w_t}{60000} \quad (\text{Ec. 4.2.4})$$

$$H = \frac{\pi * 24 * 2572.50 * 15.83}{60000}$$

$$H = 51.17 \text{ W}$$

Velocidad en la línea de paso

$$V = \frac{\pi * d * n}{60000} \quad (\text{Ec. 4.2.5})$$

$$V = \frac{\pi * 24 * 2572.50}{60}$$

$$V = 3.23 \frac{m}{s}$$

4.2.1.4. Factores sobre los engranajes.

➤ Factor de forma de Lewis

Figura 35 Factor de forma de Lewis Y de acuerdo al número de dientes del engranaje

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Cremallera	0.485

FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

Donde:

$$Y_p = 0.296 \text{ para 16 dientes}$$

$$Y_G = 0.417 \text{ (interpolado) para 56 dientes}$$

➤ Coeficiente elástico

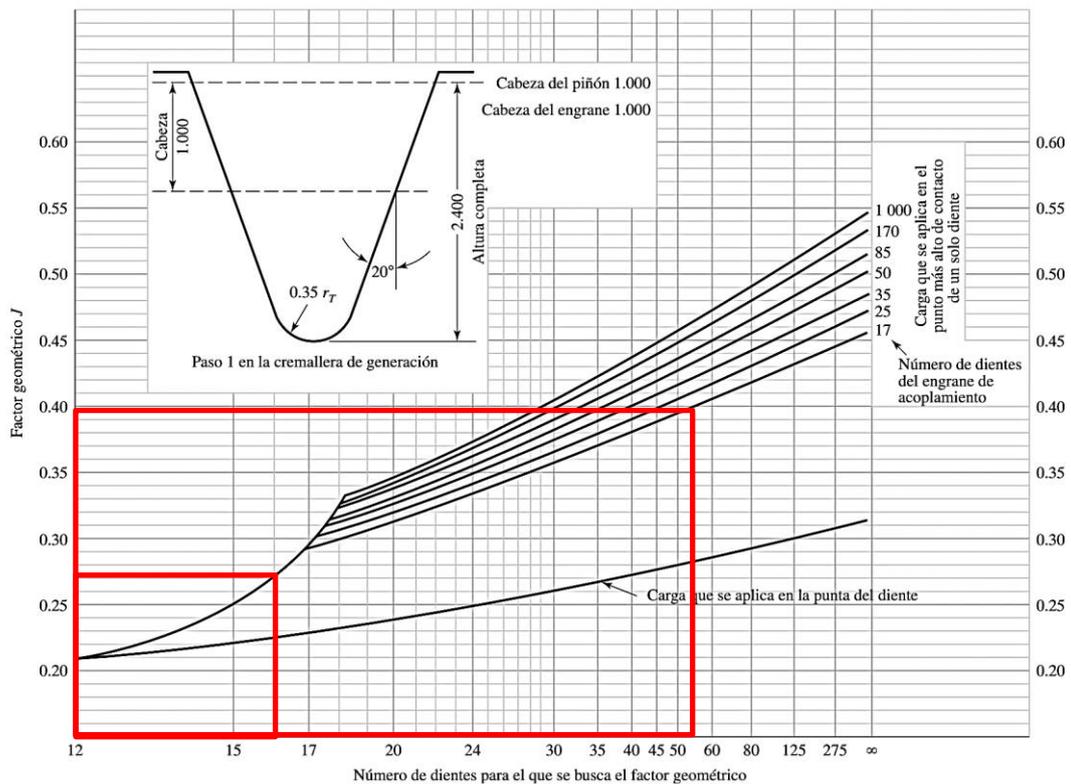
$$C_p = \left[\frac{1}{\pi \left(\frac{1 - \nu_p^2}{E_p} + \frac{1 - \nu_G^2}{E_G} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec. 4.2.6})$$

$$C_p = \left[\frac{1}{\pi \left(\frac{1 - 0.211^2}{81500 \text{ MPa}} + \frac{1 - 0.211^2}{81500 \text{ MPa}} \right)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$C_p = 116.50 \sqrt{\text{MPa}}$$

➤ **Factor geométrico de resistencia a la flexión J**

Figura 36 Factor geométrico de resistencia a la flexión J de engranajes rectos



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

FUENTE: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

Donde:

$$J_P = 0.27$$

$$J_G = 0.395$$

➤ **Factor geométrico de resistencia superficial**

$$I = \frac{\cos\phi_t \text{sen}\phi_t}{2m_N} * \frac{m_G}{m_G - 1} \quad (\text{Ec. 4.2.7})$$

$$I = \frac{\cos(20) \text{sen}(20)}{2 * 1} * \frac{3.50}{3.50 - 1}$$

$$I = 0.23$$

Nota: De acuerdo al AGMA se emplea $m_N = 1$, para engranajes rectos e interno.

➤ **Factor de sobrecarga**

La guía deslizante sólo tendrá el peso propio y la potencia aplicada por el operador.

$$K_o = 1$$

➤ **Factor de temperatura**

Debido que sólo es movimiento lo que se transmite, la temperatura será inferior a 250°F (121°C).

$$K_T = 1$$

➤ **Factor de la condición superficial**

Los engranajes van ser maquinados en fresa donde la condición superficial para el engranaje los engranajes van ser de:

$$(C_f)_P = (C_f)_G = 0.058$$

➤ **Factor dinámico**

Para una calidad de precisión $Q_v = 8$, para disminuir tolerancias de contactos se tiene;

$$A = 50 + 56(1 - B) \quad (\text{Ec. 4.2.8})$$

$$A = 50 + 56(1 - 0.63)$$

$$A = 70.72$$

$$B = 0.25(12 - Q_v)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Ec. 4.2.9})$$

$$B = 0.25(12 - 8)^{\frac{2}{3}}$$

$$B = 0.63$$

Como el engranaje va ser fresado, por lo tanto, el factor dinámico está dado por:

$$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{200V}}{A} \right)^B \quad (\text{Ec. 4.2.10})$$

$$K_v = \left(\frac{70.72 + \sqrt{200 * 3.23}}{70.72} \right)^{0.63}$$

$$K_v = 1.37$$

➤ **Factor de confiabilidad**

$$K_R = 0.658 - 0.0759 \ln(1 - R) \quad (\text{Ec. 4.2.11})$$

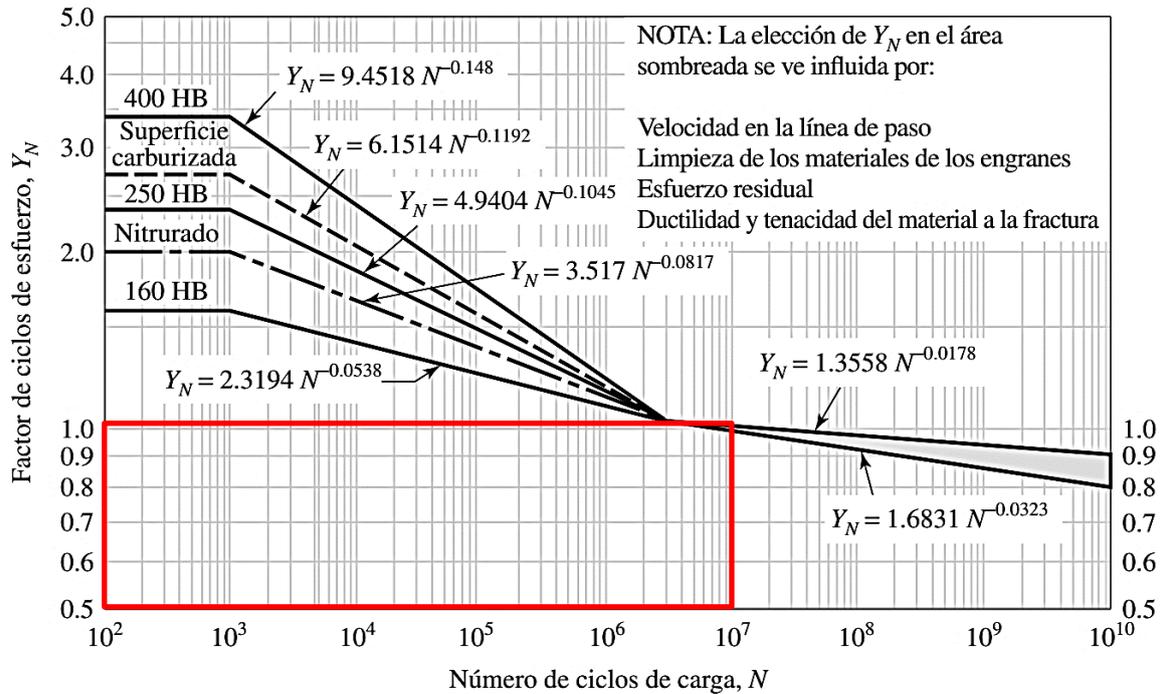
$$K_R = 0.658 - 0.0759 \ln(1 - 0.99)$$

$$K_R = 1.01$$

➤ **Factores de los ciclos de esfuerzos**

El hierro fundido gris ASTM A48 clase 20 tiene una dureza aproximada entre 120-170 HB, del cual se usará el valor de 160 HB.

Figura 37 Factor de esfuerzo, Y_N



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

De la figura 37 para una vida de 10^7 ciclos de trabajo

$$Y_N = 1.3558N^{-0.0178} \quad (Ec. 4.2.12)$$

- Para el piñón

$$(Y_N)_P = 1.3558(10^7)^{-0.0178}$$

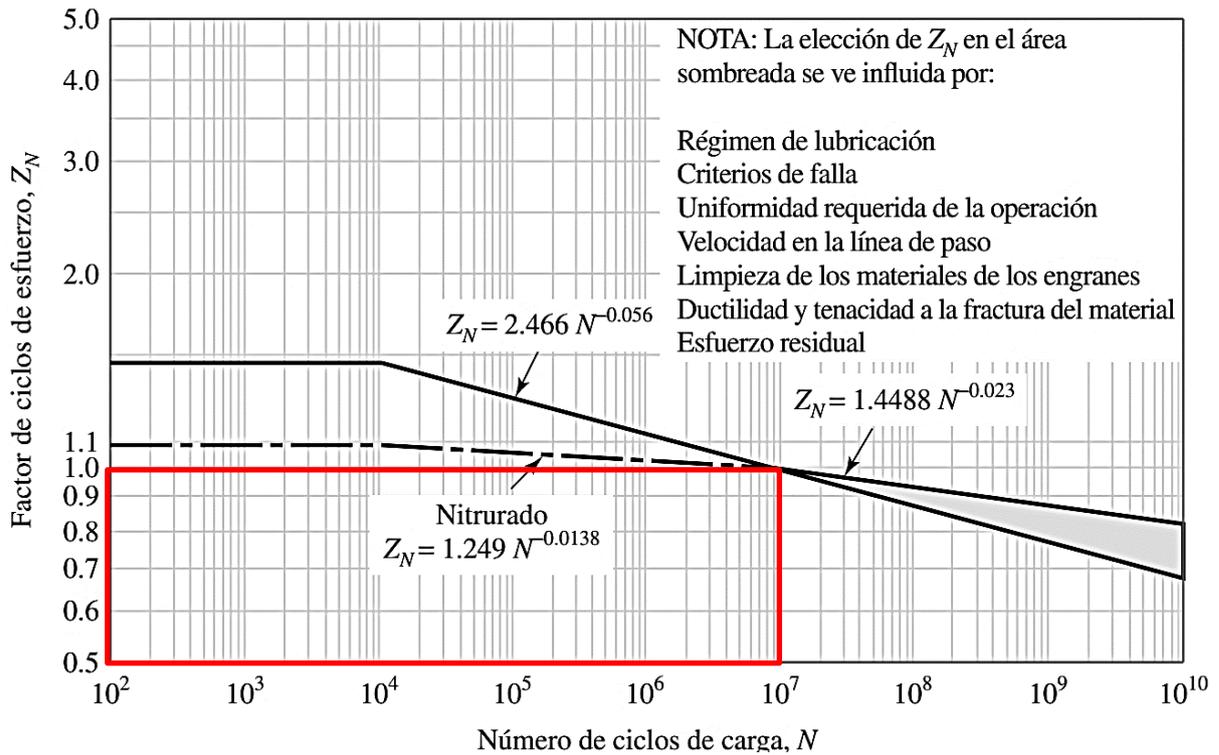
$$(Y_N)_P = 1.02$$

- Para el engranaje

$$(Y_N)_G = 1.3558(10^7 * 3.50)^{-0.0178}$$

$$(Y_N)_G = 1$$

Figura 38 Factor de esfuerzo, Z_N



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY
 AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

De la figura 36 para una vida de 10^7 ciclos de trabajo

$$Z_N = 2.466N^{-0.056} \quad (Ec. 4.2.13)$$

- Para el piñón

$$(Z_N)_P = 2.466(10^7)^{-0.056}$$

$$(Z_N)_P = 1$$

- Para el engranaje

$$(Z_N)_G = 2.466(10^7 * 3.50)^{-0.056}$$

$$(Z_N)_G = 0.93$$

➤ **Factor de espesor del aro**

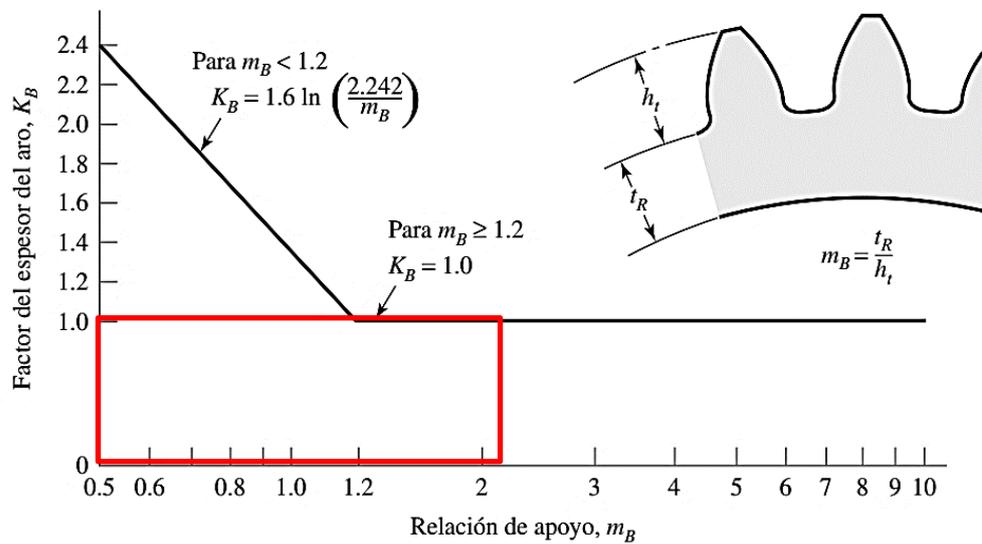
Relación de apoyo

$$m_B = \frac{t_R}{h_t} \quad (\text{Ec. 4.2.14})$$

$$m_B = \frac{6.29}{2.96} = 2.13$$

$h_t = 2.96 \text{ mm}$; $t_R = 6.29 \text{ mm}$ Condiciones del engranaje

Figura 39 Factor del espesor del aro, K_B



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

De acuerdo a la figura 39 para una relación de apoyo igual a 2.13.

$$K_B = 1$$

➤ **Factor del tamaño**

Para un espesor de 8 mm

$$K_S = 1.192 \left(\frac{F\sqrt{Y}}{P} \right)^{0.0535} \quad (\text{Ec. 4.2.15})$$

- Para el piñón

$$(K_S)_P = 1.192 \left(\frac{8\sqrt{0.296}}{0.6} \right)^{0.0535}$$

$$(K_S)_P = 1.32$$

- Para el engranaje

$$(K_S)_G = 1.192 \left(\frac{8\sqrt{0.417}}{0.6} \right)^{0.0535}$$

$$(K_S)_G = 1.33$$

➤ **Factor de distribución de la carga**

$c_{mc} = 1$ diente sin coronar

$$c_{pf} = \frac{F}{10d} - 0.025 \quad (Ec. 4.2.16)$$

- Para el piñón

$$c_{pf} = \frac{F}{10d} - 0.025 = \frac{8 \text{ mm}}{10 * 24 \text{ mm}} - 0.025$$

$$(c_{pf})_P = 0.01$$

- Para el engranaje

$$(c_{pf})_G = \frac{8 \text{ mm}}{10 * 56 \text{ mm}} - 0.025$$

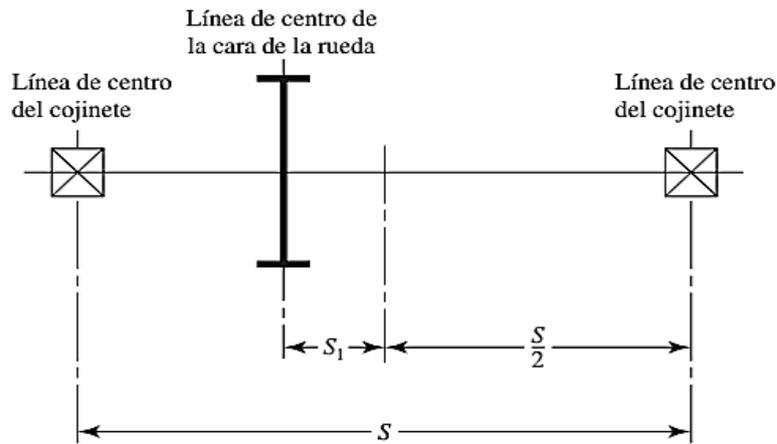
$$(c_{pf})_G = -0.01$$

$c_{pm} = 1.10$ debido que $S_1/S \geq 0.175$ va estar cerca los extremos del cojinete

De la figura 40, S es la distancia entre engranajes 54 mm, S_1 es 30 mm

$$\frac{S_1}{S} = 0.5$$

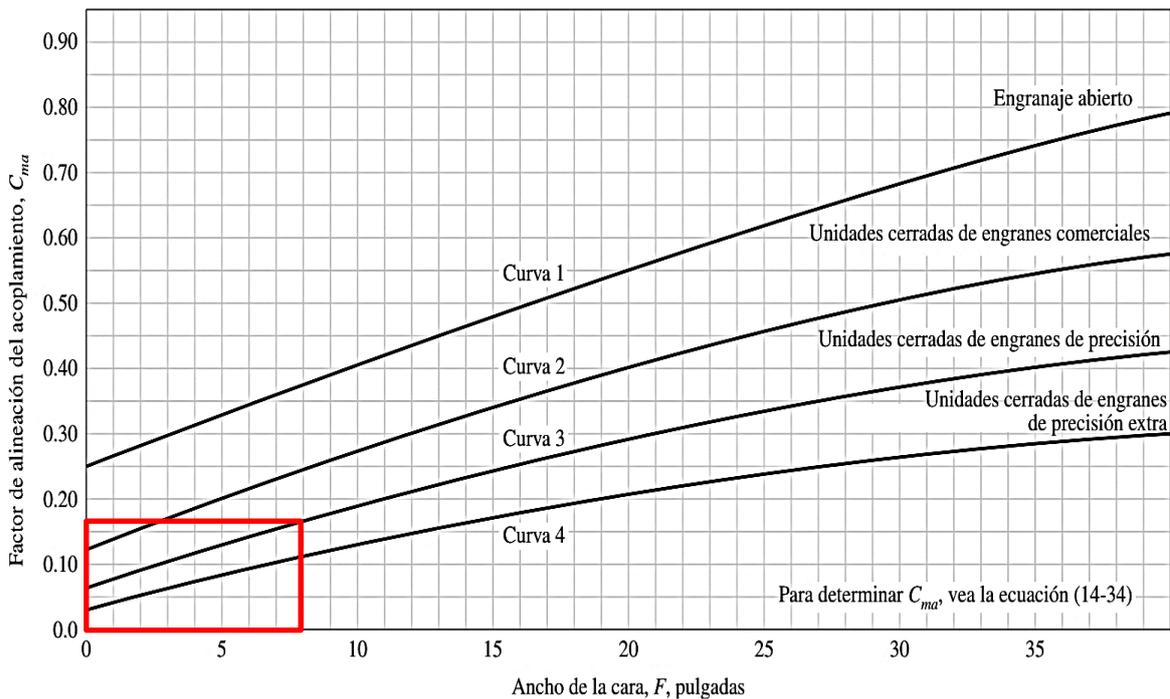
Figura 40 *Factor de extremos del cojinete*



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY
AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

$c_e = 1$ todas las condiciones de uso

Figura 41 *Factor de alineación del acoplamiento, C_{ma}*



FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY
AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

$c_{ma} = 0.18$ de la curva 3, en la figura 41

Por lo tanto, el factor de distribución de la carga está dado por:

$$K_m = 1 + c_{mc}(c_{pf}c_{pm} + c_{ma}c_e) \quad (\text{Ec. 4.2.17})$$

- Para el piñón

$$K_m = 1 + 1(0.01 * 1.10 + 0.18 * 1)$$

$$(K_m)_P = 1.19$$

- Para el engranaje

$$K_m = 1 + 1(-0.01 * 1.10 + 0.18 * 1)$$

$$(K_m)_G = 1.17$$

➤ **Factor de dureza**

$$C_H = 1 + A'(m_G - 1) \quad (\text{Ec. 4.2.18})$$

Las durezas de los engranajes es la misma, por lo tanto:

$$\frac{(H_B)_P}{(H_B)_G} = 1 < 1.2 \quad A' = 0$$

Entonces $C_H = 1$

4.2.1.5. Flexión del engranaje recto basado en ANSI/AGMA 2001-d04.

➤ **Esfuerzo de flexión**

$$\sigma = w_t K_O K_V K_S \frac{1}{F m} * \frac{K_m K_B}{J} \quad (\text{Ec. 4.2.19})$$

$$\sigma = 15.83 * 1 * 1.37 * 1.32 * \frac{1}{8 * 1.5} * \frac{1.19 * 1}{0.27}$$

$$\sigma = 10.51 \text{ MPa}$$

➤ **Factor de seguridad debido a la flexión**

$$S_F = \frac{S_t}{\sigma} * \frac{Y_N}{K_T K_R} \quad (\text{Ec. 4.2.20})$$

$$S_F = \frac{34.47}{10.51} * \frac{1.02}{1 * 1.02}$$

$$S_F = 3.28$$

Es considerable el diseño debido a que el factor de seguridad a flexión es mayor a 2.

4.2.1.6. Desgaste del engranaje recto basado en ANSI/AGMA 2001-d04.

➤ **Esfuerzo de contacto**

$$\sigma = C_p \sqrt{w_t K_O K_V K_S \frac{K_m C_f}{d * F * I}} \quad (\text{Ec. 4.2.21})$$

$$\sigma = 116.50 * \sqrt{15.83 * 1 * 1.37 * 1.32 * \frac{1 * 1.2}{24 * 8 * 0.23}}$$

$$\sigma = 102.75 \text{ MPa}$$

➤ **Factor de seguridad debido al desgaste**

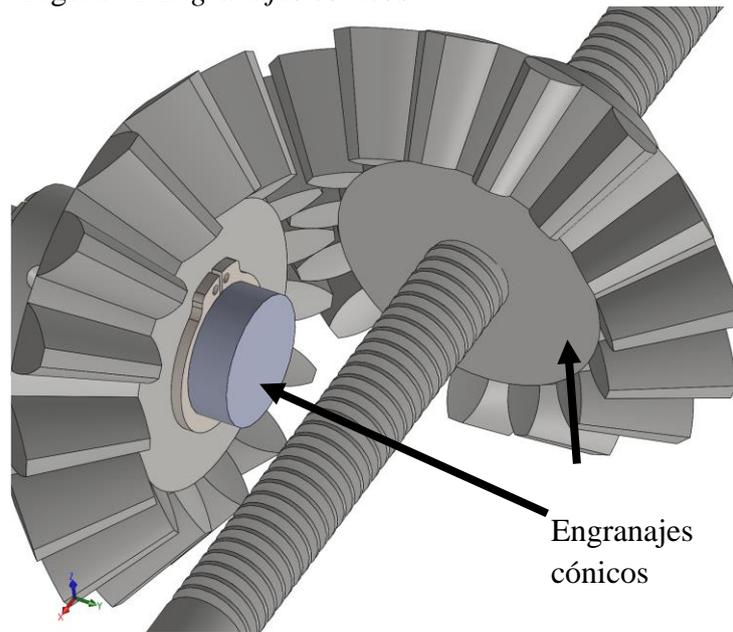
$$S_H = \frac{S_c}{\sigma} * \frac{Z_N C_H}{K_T K_R} \quad (\text{Ec. 4.2.22})$$

$$S_H = \frac{379.21}{102.75} * \frac{1 * 1}{1 * 1.02}$$

$$S_H = 3.62$$

Es considerable el diseño debido que el factor de seguridad al desgaste es mayor a 2.

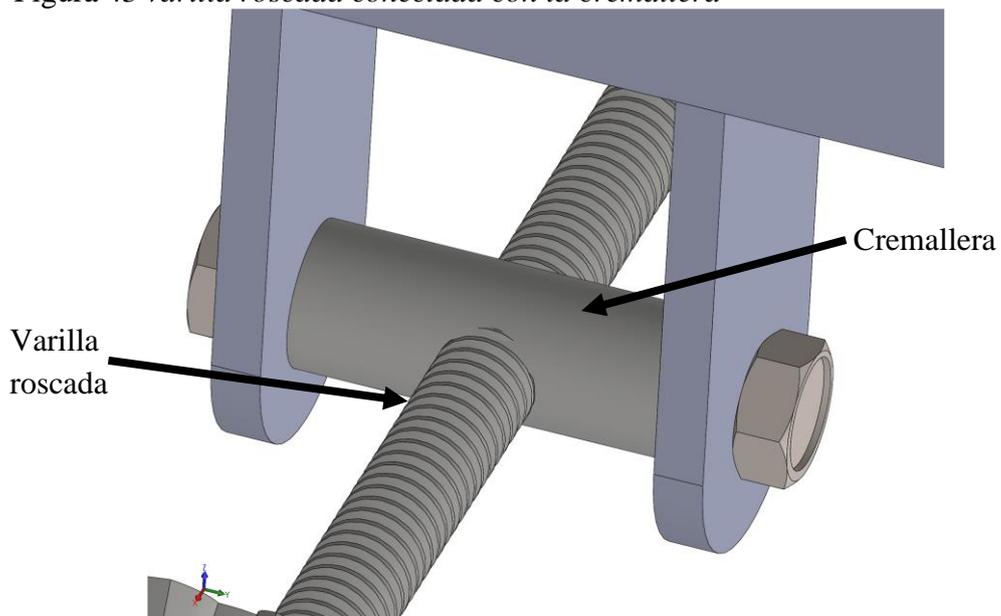
Figura 42 *Engranajes cónicos*



FUENTE: SOLIDWORKS
ELABORADO: AUTOR

De la figura 42 y 43, el contacto debe ser de precisión, aunque existe tolerancias que disminuirían la eficiencia del mismo.

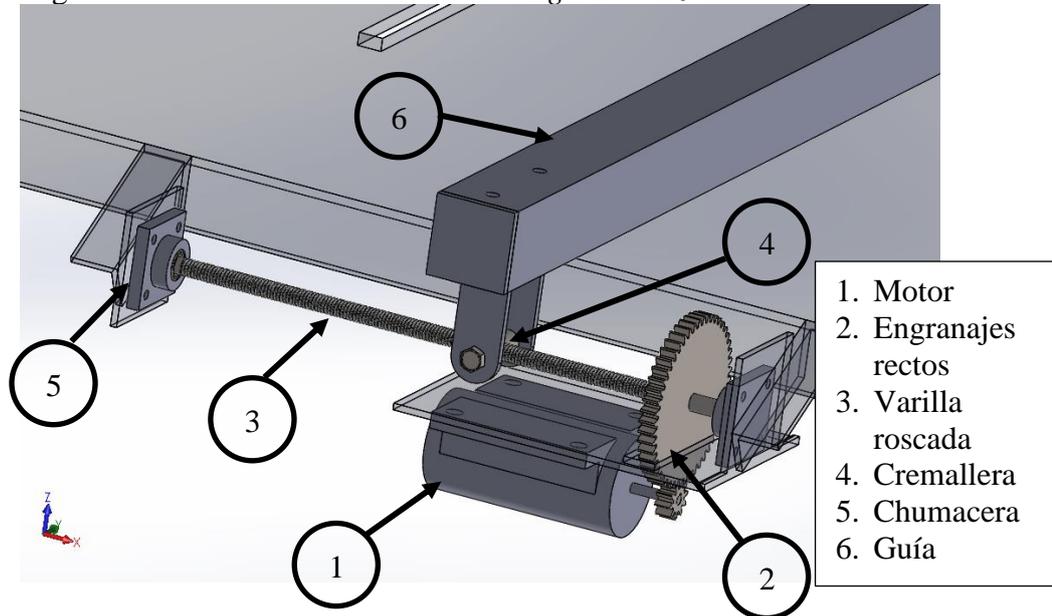
Figura 43 *varilla roscada conectada con la cremallera*



FUENTE: SOLIDWORKS
ELABORADO: AUTOR

4.2.2. Diseño electromecánico de la guía deslizante.

Figura 44 *Diseño electromecánico de la guía deslizante*



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

Los materiales empleados a utilizar serán un motor monofásico que trabaja a 60 W con una velocidad de 2600 RPM, dos engranajes rectos en hierro fundido gris ASTM A48 clase 20 como sale de la fundición, chavetas, varilla roscada, cremallera, anillos de retención externo, pernos, chumaceras.

Empleando el mismo tornillo sin fin del modelo manual con volante y cambiando los engranajes cónicos por rectos.

Para un tornillo sin fin con un avance de 10 mm por cada 12 vueltas, un engranaje recto de 50 dientes y otro de 10 dientes (figura 43).

$$m_G = \frac{N_G}{N_p}$$

$$m_G = \frac{50}{10} = 5$$

Para un motor de 2600 RPM

$$\text{Movimiento} = \frac{2600 \text{ RPM}}{5}$$

$$\text{Movimiento} = 520 \text{ RPM}$$

Por cada segundo se moverá:

$$\text{Mov}_s = 520 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$\text{Mov}_s = 8.70 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

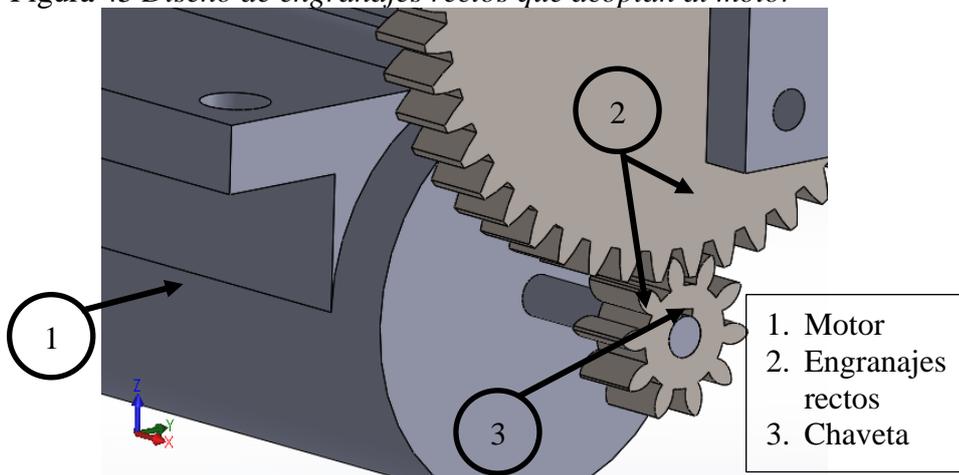
Con ello el desplazamiento

$$\text{desp} = 8.70 \frac{\text{rev}}{\text{s}} * \frac{10\text{mm}}{12\text{vueltas}}$$

$$\text{desp} = 7.25 \text{ mm}$$

Del cual se desplazará 7.25 mm por cada segundo, accionado el botón del motor.

Figura 45 Diseño de engranajes rectos que acoplan al motor



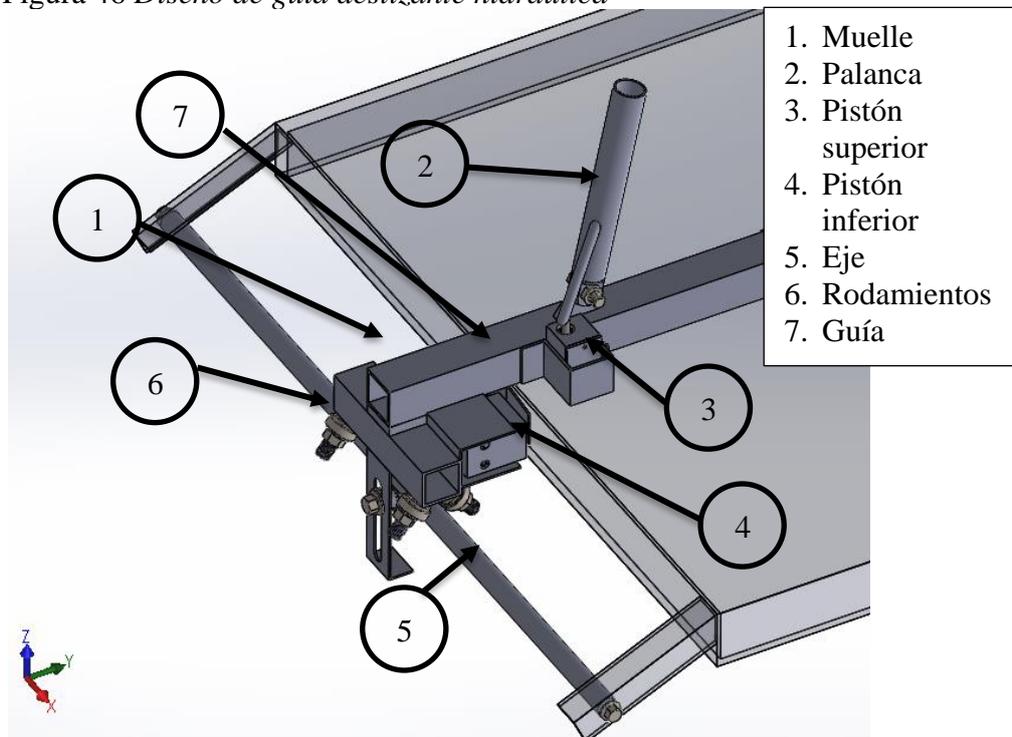
FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

Al igual que el diseño manual con volante las tolerancias en los engranajes que acoplan el motor deben ser de precisión (figura 45).

4.2.3. Diseño hidráulico de la guía deslizante.

Figura 46 *Diseño de guía deslizante hidráulica*



FUENTE: SOLIDWORKS
ELABORADO: AUTOR

4.2.3.1. Consideraciones del diseño mediante pistones hidráulicos.

➤ Para la palanca

En acero galvanizado ASTM A- 513, con diámetro de 20 mm y 200 mm de largo, soldada con un tubo de 12 mm en hierro dulce.

➤ Para los cilindros

En aluminio con diámetro de 15 mm para el pistón superior, 28 mm para el pistón inferior.

➤ Para los pistones

En hierro dulce, pulido con longitud de 50 mm para el pistón superior y 42 mm para el pistón inferior.

➤ **Para el muelle**

Alambre de piano ASTM A228, esmerilado en ambos extremos.

$$L_o = 55 \text{ mm}$$

$$m = 0.145$$

$$D_e = 20 \text{ mm}$$

$$A = 2211 \text{ MPa} * \text{mm}^{0.145}$$

$$N_t = 12$$

$$G = 81 * 10^3 \text{ MPa}$$

$$d = 3 \text{ mm}$$

4.2.3.2. Análisis del muelle cuando mantiene firme la mesa.

➤ **El esfuerzo ultimo**

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (\text{Ec. 4.2.23})$$

$$S_{ut} = \frac{2211}{(3)^{0.145}}$$

$$S_{ut} = 1885.40 \text{ MPa}$$

$$S_{Sy} = 0.45S_{ut} \quad (\text{Ec. 4.2.24})$$

$$S_{Sy} = 0.45 * 1885.40$$

$$S_{Sy} = 848.40 \text{ MPa}$$

➤ **Número de espiras activas**

$$N_a = N_t - 2 \quad (\text{Ec. 4.2.25})$$

$$N_a = 12 - 2$$

$$N_a = 10$$

➤ **Diámetro de la espira**

$$D = DE - d \quad (\text{Ec. 4.2.26})$$

$$D = 20 - 3$$

$$D = 17 \text{ mm}$$

➤ **La razón del resorte**

$$k = \frac{d^4 * G}{8D^3 N_a} \quad (\text{Ec. 4.2.27})$$

$$k = \frac{(3)^4 * (81 * 10^3)}{8(17)^3 * 10}$$

$$k = 16.69 \frac{N}{mm}$$

➤ **Longitud máxima sólida**

$$L_s = d * N_t \quad (\text{Ec. 4.2.28})$$

$$L_s = 3 * 10$$

$$L_s = 30 \text{ mm}$$

Del cual se requiere determinar la fuerza mínima requerida para mover el alambre, con longitud sólida de $L_s = 35 \text{ mm}$

$$F_{min} = k * y_{min} \quad (\text{Ec. 4.2.29})$$

$$F_{min} = 16.69 * (55 - 40)$$

$$F_{min} = 250.35 \text{ N}$$

➤ **El índice del resorte**

$$C = \frac{D}{d} \quad (\text{Ec. 4.2.30})$$

$$C = \frac{17}{3}$$

$$C = 5.67$$

➤ **El factor de curvatura**

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad (\text{Ec. 4.2.31})$$

$$K_B = \frac{4 * 5.67 + 2}{4 * 5.67 - 3}$$

$$K_B = 1.25$$

➤ **El esfuerzo cortante máximo**

$$\tau_S = K_B \frac{8F_S * D}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 4.2.32})$$

$$\tau_S = 1.25 \frac{8 * 250.35 * 17}{\pi * (3)^3}$$

$$\tau_S = 501.74 \text{ MPa}$$

➤ **El factor de seguridad del alambre**

$$n_S = \frac{S_{Sy}}{\tau_S} \quad (\text{Ec. 4.2.33})$$

$$n_S = \frac{848.40}{501.74}$$

$$n_S = 1.69$$

➤ **El paso del resorte**

$$p = \frac{L_o - 2d}{N_a} \quad (\text{Ec. 4.2.34})$$

$$p = \frac{55 - 2 * 3}{10}$$

$$p = 4.90 \text{ mm}$$

4.2.3.3. Análisis del muelle cuando tiende a sufrir por fatiga.

Para una vida infinita, resorte sin martillar

$$S_{Sa} = 241 \text{ MPa} ; S_{Sm} = 379 \text{ MPa}$$

➤ **La fuerza alternante**

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} \quad (\text{Ec. 4.2.35})$$

Pero como se requiere mover 2 mm para realizar el movimiento entre la mesa y la guía entonces la fuerza máxima estará dada de la siguiente manera:

$$F_{max} = k * y$$

$$F_{max} = 16.69 * (55 - 38)]$$

$$F_{max} = 283.73 \text{ N}$$

Por lo tanto, la fuerza alternante es:

$$F_a = \frac{283.73 - 250.35}{2}$$

$$F_a = 16.69 \text{ N}$$

➤ **La fuerza media**

$$F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2} \quad (Ec. 4.2.36)$$

$$F_m = \frac{283.73 + 250.35}{2}$$

$$F_m = 267.04 \text{ N}$$

➤ **La resistencia al cortante por Gerber y Langer**

Figura 47 *Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia, e intersecciones importantes en el primer cuadrante de los criterios de falla Gerber y Langer*

Intersecciones de ecuaciones	Coordenadas de la intersección
$\frac{S_a}{S_e} + \left(\frac{S_m}{S_{ut}}\right)^2 = 1$ Línea de carga $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_a = \frac{r^2 S_{ut}^2}{2 S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 S_e}{r S_{ut}}\right)^2} \right]$ $S_m = \frac{S_a}{r}$
$\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$ Línea de carga $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_a = \frac{r S_y}{1 + r}$ $S_m = \frac{S_y}{1 + r}$
$\frac{S_a}{S_e} + \left(\frac{S_m}{S_{ut}}\right)^2 = 1$ $\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$	$S_m = \frac{S_{ut}^2}{2 S_e} \left[1 - \sqrt{1 + \left(\frac{2 S_e}{S_{ut}}\right)^2 \left(1 - \frac{S_y}{S_e}\right)} \right]$ $S_a = S_y - S_m, r_{crit} = S_a) S_m$
Factor de seguridad de fatiga	
$n_f = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{ut}}{\sigma_m}\right)^2 \frac{\sigma_a}{S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 \sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a}\right)^2} \right] \quad \sigma_m > 0$	

FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY

AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

$$S_{Su} = 0.67 S_{ut} \quad (Ec. 4.2.37)$$

$$S_{Su} = 0.67 * 1885.40$$

$$S_{Su} = 1263.22 \text{ MPa}$$

De la figura 44, despejando la ordenada de Gerber para datos de Zimmerli

$$S_{Se} = \frac{S_{Sa}}{1 - \left(\frac{S_{Sm}}{S_{Su}}\right)^2} \quad (\text{Ec. 4.2.38})$$

$$S_{Se} = \frac{241}{1 - \left(\frac{379}{1263.22}\right)^2}$$

$$S_{Se} = 264.84 \text{ MPa}$$

$$S_{Sa} = \frac{r^2 S_{Su}^2}{2S_{Se}} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2S_{Se}}{rS_{Su}}\right)^2} \right] \quad (\text{Ec. 4.2.39})$$

$$r = \frac{S_{Sa}}{S_{Sm}}$$

$$r = \frac{241}{379}$$

$$r = 0.64$$

$$S_{Sa} = \frac{(0.64)^2 * (1263.22)^2}{2 * 264.84} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 * 264.84}{0.64 * 1263.22}\right)^2} \right]$$

$$S_{Sa} = 241.26$$

➤ **El factor de seguridad mediante los criterios de falla Gerber y Langer**

$$n_f = \frac{264.84}{241.26}$$

$$n_f = \mathbf{1.10}$$

➤ **La resistencia al cortante por Goodman modificado y Langer**

Figura 48 *Coordenadas de la amplitud y constante de la resistencia, e intersecciones importantes en el primer cuadrante de los criterios de falla Goodman modificado y Langer*

Intersecciones de ecuaciones	Coordenadas de la intersección
$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1$	$S_a = \frac{r S_e S_{ut}}{r S_{ut} + S_e}$
Línea de carga $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_m = \frac{S_a}{r}$
$\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$	$S_a = \frac{r S_y}{1 + r}$
Línea de carga $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_m = \frac{S_y}{1 + r}$
$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1$	$S_m = \frac{(S_y - S_e) S_{ut}}{S_{ut} - S_e}$
$\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$	$S_a = S_y - S_m, r_{crit} = S_a/S_m$

Factor de seguridad de fatiga

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

FUENTE: DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY
AUTOR: (RICHARD G, BUDYNAS, NISBETT J., 2008)

De la figura 45, despejando la falla por Goodman

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \frac{S_{sm}}{S_{su}}} \quad (Ec. 4.2.40)$$

$$S_{se} = \frac{241}{1 - \frac{379}{1263.22}}$$

$$S_{se} = 344.30 \text{ MPa}$$

$$S_{sa} = \frac{r S_{se} * S_{su}}{r S_{su} + S_{se}} \quad (Ec. 4.2.41)$$

$$S_{sa} = \frac{0.64 * 344.30 * 1263.22}{0.64 * 1263.22 + 344.30}$$

$$S_{sa} = 241.47 \text{ MPa}$$

- **El factor de seguridad mediante los criterios de falla Goodman modificado y Langer**

$$n_f = \frac{344.30}{241.47}$$

$$n_f = 1.43$$

El resorte no fallará mediante el criterio de Gerber y Goodman cuando se comprima hasta los 33 mm, que es lo requerido para separar la guía deslizante sobre la mesa.

4.2.3.4. Análisis de fuerza sobre la palanca

La fuerza máxima se aplica directamente al pistón inferior (contacto con la base del resorte), por lo tanto, la presión ejercida por el pistón superior está dado por:

$$P = P_{sup} = P_{inf}$$

Pistón superior con diámetro de 28 mm

Pistón inferior con diámetro de 15 mm

De la Ec. 2.3.4 para hallar la presión. Donde la fuerza es la media.

$$P = \frac{267.04 \text{ N}}{\pi * (14 \text{ mm})^2}$$

$$P = 0.43 \text{ MPa}$$

Ahora de la misma ecuación despejando para hallar la fuerza en el pistón superior.

$$F_{sup} = 0.43 \text{ MPa} * [\pi * (7.50 \text{ mm})^2]$$

$$F_{sup} = 76 \text{ N}$$

Si el pistón superior se aprieta por acción de la manivela una profundidad de 7 mm, el pistón inferior tendrá:

$$V_{sup} = V_{inf}$$

$$\left(\pi * \frac{D_{sup}^2}{4}\right) * h_{sup} = \left(\pi * \frac{D_{inf}^2}{4}\right) * h_{inf}$$

$$\frac{(15)^2}{4} * 7 = \frac{(28)^2}{4} * h_{inf}$$

$$h_{inf} = 2 \text{ mm}$$

Sobre la palanca se ejerce la fuerza del operador y está dado de la siguiente manera.

Figura 49 *Palanca sobre la guía deslizante*

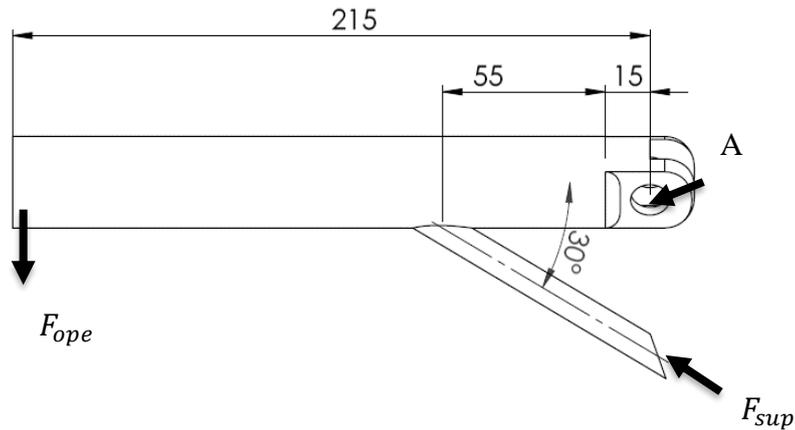


FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

Los muelles de los pistones son similares por lo tanto la fuerza se considerará la misma.

Figura 50 Diagrama de cuerpo libre de la palanca diseñada



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

El operador sujeta la palanca y por sumatoria de momentos.

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{ope} * d_{ope} = F_{sup} * \text{sen}(30^\circ) * d_{sup}$$

$$F_{ope} * 215 = 76 * \text{sen}(30^\circ) * 70$$

$$F_{ope} = 12.37 \text{ N} = 1.26 \text{ kg}_f$$

El operador realizará una fuerza de **1.26 kg_f** lo cual disminuiría un 60% del que se encuentra actualmente (3.13kg_f) sobre las sierras de la empresa Terratécnica S.A.

4.2.4. Diseño Neumático de la guía deslizante.

Por motivos del ruido y aire que producen los pistones neumáticos al comprimirse y liberarse el polvo se levantaría ocasionando obstáculo para la visión del operador. Además, en caso de daños producidas en el compresor principal, no produciría compresión para los pistones de la guía deslizante, ya que esta debe ser independiente de ello.

4.3. Selección de la mejor alternativa para la guía deslizante.

Aplicando el método ordinal de criterios ponderados, tenemos como posibles soluciones lo siguiente:

- Solución A: Diseño de guía deslizante manual
- Solución B: Diseño de guía deslizante electromecánico
- Solución C: Diseño de guía deslizante hidráulico
- Solución D. Diseño de guía deslizante neumático

Nota: La solución D se descarta debido que la guía deslizante debe ser independiente del compresor.

Los criterios de valoración que se considerarán fueron los siguientes:

- Peso, estas deben ser livianas para agilizar el movimiento de la misma y que no se realice demasiado esfuerzo, este dentro del rango ergonómico.
- Mantenimiento, en caso de fallas deben solucionarse lo más pronto posibles, debido que va estar en un proceso de producción en masa.

Tabla 10 Evaluación del peso específico de cada criterio

Criterio	Peso	mantenimiento	precio	$\Sigma+1$	ponderación
Peso		1	1	3	0.50
Mantenimiento	0		0.50	1.50	0.25
precio	0	0.50		1.50	0.25
			suma	6	1

FUENTE: DISEÑOS PREVIOS REALIZADOS

ELABORADO: AUTOR

Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio:

Tabla 11 Evaluación del peso específico del criterio peso

Peso	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum+1$	ponderación
Solución A		0.50	0	1.50	0.25
Solución B	0.50		0	1.50	0.25
Solución C	1	1		3	0.50
			suma	6	1

FUENTE: DISEÑOS PREVIOS REALIZADOS

ELABORADO: AUTOR

Tabla 12 Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Mantenimiento	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum+1$	ponderación
Solución A		0.50	0	1.50	0.25
Solución B	0.50		0.50	2	0.33
Solución C	1	0.50		2.50	0.42
			suma	6	1

FUENTE: DISEÑOS PREVIOS REALIZADOS

ELABORADO: AUTOR

Tabla 13 Evaluación del peso específico del criterio precio

Precio	Solución A	Solución B	Solución C	$\sum+1$	ponderación
Solución A		0	0	1	0.16
Solución B	1		0.50	2.50	0.42
Solución C	1	0.50		2.50	0.42
			suma	6	1

FUENTE: DISEÑOS PREVIOS REALIZADOS

ELABORADO: AUTOR

Tabla 14 *Tabla de conclusiones por la evaluación de cada criterio ponderado*

Conclusión	Peso	Mantenimiento	Precio	Σ	Prioridad
Solución A	0.25*0.50	0.25*0.25	0.16*0.25	0.23	3
Solución B	0.25*0.50	0.33*0.25	0.42*0.25	0.31	2
Solución C	0.50*0.50	0.42*0.25	0.42*0.25	0.46	1

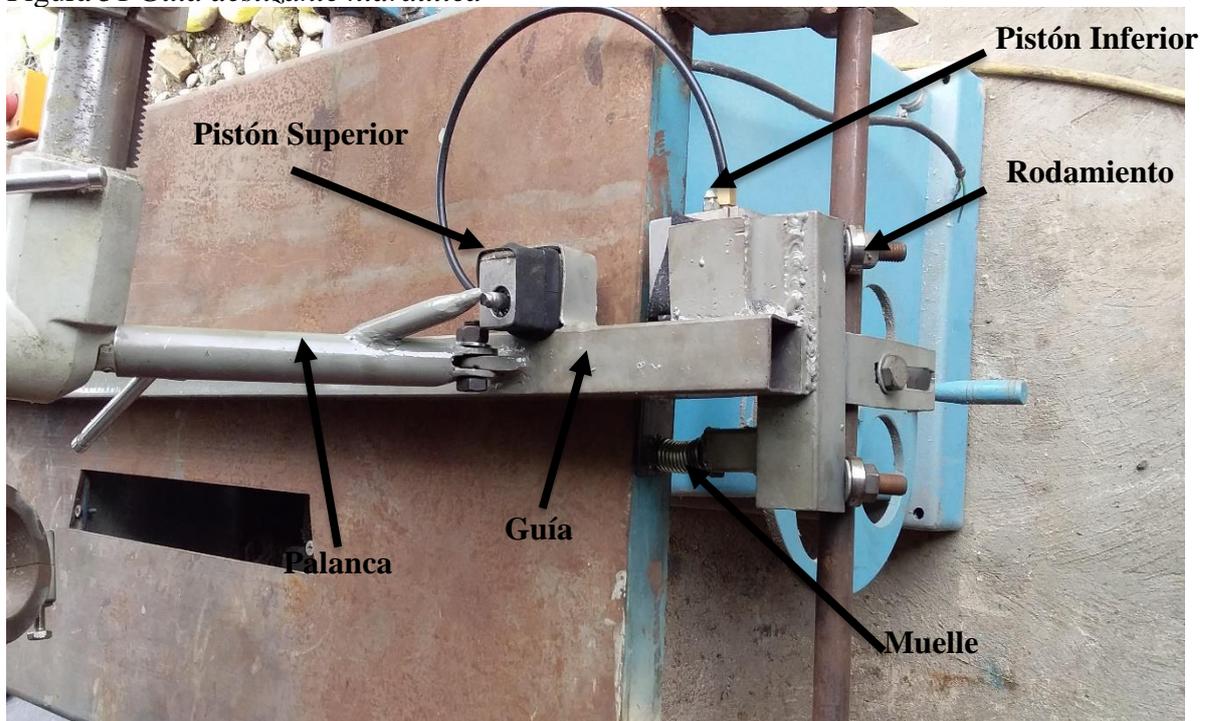
FUENTE: DISEÑOS PREVIOS REALIZADOS

ELABORADO: AUTOR

La **solución C** es la mejor comparada con las otras soluciones mediante criterios ponderados.

4.4. Construcción de la guía deslizante.

Figura 51 *Guía deslizante hidráulica*



FUENTE: CONSTRUCCIÓN

ELABORADO: AUTOR

Se llevó a cabo la construcción de la guía deslizante hidráulica, en el área de mantenimiento de la empresa Terratécnica S.A., tal como se muestra en la figura 51 y las partes principales que lo componen.

Las partes del cual fue construida la guía deslizante hidráulica son: palanca en acero galvanizado, pistón superior hierro dulce, pistón inferior hierro dulce, manguera hidráulica, muelle con diámetro exterior de 20 mm y 3 mm de espesor, base de contacto muelle-pistón inferior de hierro dulce, rulimanes 6001 NTN, pernos con tuercas M12x1.25.

Las partes internas del sistema hidráulico son: zapatilla 28x14x8, 2 zapatillas 16x8x4, anillo de retención interno de 18 mm y anillo de retención interno de 28 mm, empaques. Como se presenta en el anexo 16.

4.5. Pruebas de funcionamiento.

Figura 52 *Contactos de la guía deslizante sobre la mesa de sierra*



FUENTE: CONSTRUCCIÓN

ELABORADO: AUTOR

Se las realizo sobre una mesa de corte en la empresa Terratécnica S.A., donde la parte superior de la figura 48 se muestra el contacto cerrado, de la guía deslizante hidráulica sobre

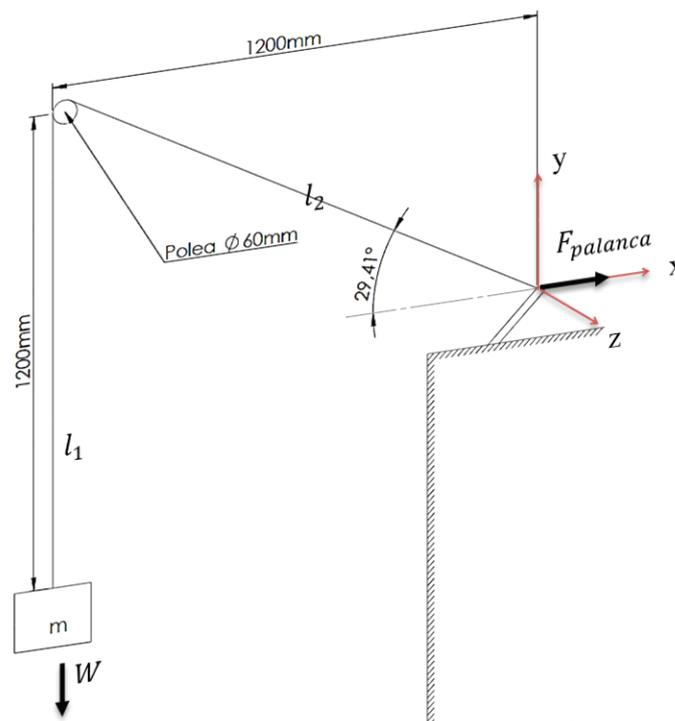
la mesa (sierra de corte), en el cual por acción de la fuerza del muelle la guía se encuentra presionada evitando el movimiento de la misma.

Cuando el operador jala la palanca hacia su cuerpo la guía deslizante hidráulica, por acción de los pistones hidráulicos hacen que el muelle se aprieta unos 2 mm, permitiendo el movimiento de la guía como se muestra en la parte inferior de la figura 48.

4.6. Medición del riesgo ergonómico final.

Se realizó la medición final de la fuerza que se necesita para realizar la separación entre la guía sobre la mesa, mediante un sistema de polea (véase anexo 21) donde la masa de prueba empleada fue de $1.38kg$. El diagrama a continuación muestra las medidas a las cuales se las realizó.

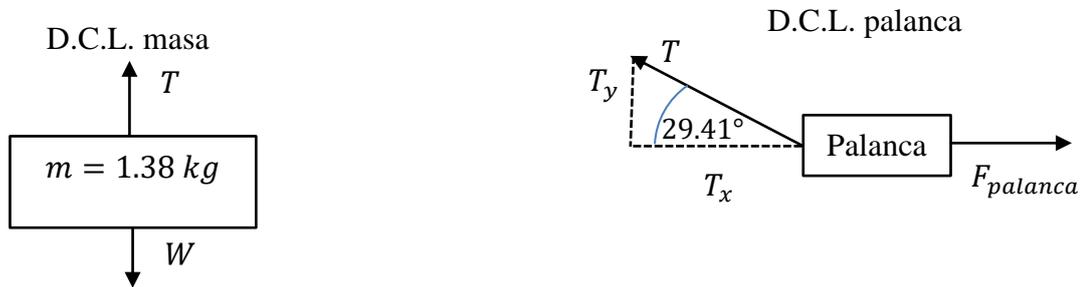
Figura 53 Diagrama medición de fuerzas axial de la guía deslizante construida



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

Para determinar la fuerza que emplea el operador sobre la palanca para mantener la guía deslizante se determina por:



Del D.C.L. masa, encontramos el peso del cuerpo aplicando la ecuación 2.3.1 y se obtiene:

$$W = 1.38 [kg] * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{estatico} = 13.54 [N]$$

Aplicando $\sum F_y$ al D.C.L. masa y $\sum F_x$ al D.C.L. palanca de la ecuación 2.3.2

$$\sum F_y = 0 ; \text{D.C.L. masa}$$

$$T - W = 0$$

$$T = W = 13.54 [N]$$

$$\sum F_x = 0 ; \text{D.C.L. palanca}$$

$$F_{palanca} - T_x = 0$$

$$F_{palanca} = T_x = T \cos(29.41^\circ)$$

$$F_{palanca} = 11.8 [N] = 1.2 \text{ kg}_f$$

De acuerdo a este valor la fuerza aplicada es leve lo cual es menor de 3 kg_f , véase anexo 14, con una valoración de 8. El cual redujo un 62% de la fuerza sobre la guía.

Los demás factores no se modifican, por lo tanto, tabulando los valores de cada factor de riesgo

Factor de riesgo	<i>FD</i>	<i>FR</i>	<i>FF</i>	<i>FFz</i>	<i>FP</i>	<i>FC</i>
Valorización	0.65	2	3	8	3.5	1

Aplicando la ecuación 2.2.7 para determinar el nivel de riesgo ergonómico final tenemos lo siguiente:

$$Checklist OCRA = (2 + 3 + 8 + 3.5 + 1) * 0.65$$

$$Checklist OCRA = 11.38$$

Valor de la fuerza comparado al diseñado:

$$error = \frac{1.26 - 1.2}{1.26} * 100\%$$

$$error = 4.8\%$$

Un error del 4.8% debido que los resortes internos realizan aproximadamente la misma fuerza por acción de los pistones.

De acuerdo a la tabla 6 para evaluación del riesgo por trabajo repetitivo mediante el checklist OCRA, tenemos como **riesgo inaceptable leve**. Lo cual reduce el riesgo ergonómico un 47.8%.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se llevó a cabo la medición del riesgo ergonómico sobre la sierra 1 mediante una herramienta Checklist OCRA. El riesgo calculado es inaceptable medio (valor 21.78). La medición llevada a cabo de la fuerza da un valor 3.13 kg representando la puntuación más elevada de la herramienta Checklist (24), afectando al operador en el brazo derecho por el movimiento repetitivo.
- Se diseñaron varios modelos de guía deslizante para la sierra de corte en la empresa Terratécnica S.A. las cuales son: guía deslizante con volante mediante engranajes, guía deslizante electromecánica, guía deslizante hidráulica.
- Mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados se evaluó cada diseño de guía deslizante y los criterios empleados fueron: el peso, mantenimiento y precio. Donde la mejor solución fue construir una guía deslizante hidráulica para sierra de corte en la empresa Terratécnica S.A.
- Se construyó la guía deslizante hidráulica cuyos materiales son: Palanca, pernos con tuercas métricas; 1 de M12x1.25x30, 1 de M12x1.25x55, y pernos soldados con tuercas métricas; 4 de M12x1.25x40, 1 de M12x1.25x50 y 1 de M12x1.25x80, 8 arandelas M12, Bocín 12.5x12 y 12.5x10, Cilindro inferior con diámetro interno de 28 mm, pistón inferior, zapatilla 28x14x8, Cilindro superior con diámetro interno de 15 mm, pistón superior, 2 zapatillas 16x8x4, tapa del cilindro superior, pulga, conectores de manguera hidráulica, manguera hidráulica, anillo de retención interno de 18 mm, y de 28 mm, un muelle y 125 ml de líquido de freno.
- Las pruebas de funcionamiento se llevaron a cabo en las instalaciones del área de mantenimiento de la empresa Terratécnica S.A., en el cual se obtuvo el apriete de la guía sobre la mesa con una calibración de 3 mm por el empuje que ocasiona el muelle utilizado.
- La medición del riesgo ergonómico final sobre la guía deslizante hidráulica se la realizó mediante una herramienta Checklist OCRA. El riesgo final calculado es inaceptable leve (valor 11.38). La medición de la fuerza tuvo un valor de 1.2 kg que representa una puntuación en la herramienta Checklist de 8, lo cual disminuyó un 62% el esfuerzo que el operador realiza sobre la guía deslizante.

5.2. Recomendaciones.

- Antes de usar la guía deslizante verificar que no exista líquido alrededor de los cilindros, ni sobre la mesa de sierra, así como evitar el contacto directo con el líquido de freno empleado en los cilindros ya que estos pueden afectar la salud.
- Para cambiar el aceite de los cilindros usar 125 ml (utilizados para llenar los cilindros), llenándolo sobre el cilindro superior. Luego purgar el aire concentrado del cilindro inferior. Este proceso se debe realizar fuera de la guía.
- Si se desuelda una parte de la guía deslizante, soldar usando electrodos 6011 con un amperaje entre (90-105). En caso de estar sobre la mesa de sierra proteger la mesa y evitar soldadura sobre la parte de contacto con la madera.
- Si se daña una zapatilla de los cilindros, se deberá desmontar y proceder a realizar la sustitución por uno nuevo, así tenga una leve picadura, ya que esto disminuye la presión interna. También cuando la guía deslizante hidráulica no tiene buen apriete sobre la mesa de sierra, sustituir el muelle por otro, debido que ha cumplido las horas de trabajo.
- Cuando se encuentre líquido sobre uno de los cilindros, se procederá a desmontar los cilindros, quitando el seguro y se verifica el estado de las zapatillas. Realizar el respectivo cambio llenar de aceite y purgar.
- Mantener limpio el área de trabajo debido que estas afectan la correcta movilidad de los rulimanes, ya que si le ingresa polvo esta comenzará a producir un sonido molesto, por lo que se debe retirar el sello y limpiar cuidadosamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andrade Flores Hugo, “Plan estratégico Terratécnica S. A.,” p. 9, 2014.
- [2] VV. AA., *Tecnología de la madera*. 2010.
- [3] H. Höner, *Alrededor del trabajo de la madera : un estudio completo del trabajo de madera mediante máquinas*. Reverté, 1989.
- [4] D. González Maestre, *Ergonomía y psicología*. Fundación Confemetal, 2007.
- [5] C. De and S. Pública, “PROTOSCOLOS DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA MOVIMIENTOS REPETIDOS DE MIEMBRO SUPERIOR,” p. 44, 2000.
- [6] R. Hibbeler, *Ingeniería mecánica dinámica*, Decimo seg. México: Pearson Educación, 2010.
- [7] L. G. Berrío Zabala and S. R. Ochoa Gómez, *Neumática básica*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2007.
- [8] A. Creus Solé, *Neumática e hidráulica*. España: Marcombo, 2007.
- [9] A. F. Durán, *La Construcción de Viviendas en Madera*, Primera. Chile, 2004.
- [10] C. R. Asfahl, G. Sánchez García, and G. Haaz Díaz, *Seguridad industrial y salud*, Cuarta. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 2000.
- [11] J. Pascual, *Mecanizado de madera y derivados*. MAMD0209. IC Editorial, 2013.
- [12] S. Asensio-Cuesta, M. J. Bastante Ceca, and J. A. Diego Más, *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo*, 1ª ed.1. España: Paraninfo, 2012.
- [13] Occhipinti and Colombini, “Evaluación del riesgo por trabajo repetitivo,” 1998.
- [14] M. F. Villar Fernández, “Tareas repetitivas I: Identificación de los factores de riesgo para la extremidad superior,” p. 32, 2011.
- [15] J. A. D.-M. S. A. Cuesta, “Checklist Ocra,” 2013.
- [16] R. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, Cuarta. México, 2006.

- [17] R. Budynas and J. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*, Octava. México, 2008.
- [18] R. Juvinall, *Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica*, Primera. México: Limusa S.A., 1996.
- [19] F. Beer, J. Russell, and C. Phillip, *Mecánica vectorial para ingenieros dinámica*, Novena. México: McGRAW-HILL, 2010.
- [20] C. Mataix, *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*, Segunda ed. Madrid.
- [21] C. Riba Romero, *Diseño concurrente*, Universita. Barcelona, 2002.

ANEXOS

Anexo 1 *Solicitud empresa Terratécnica S.A.*

Valencia, 16 de Noviembre del 2017

Ing. José Nuques Cantos
Jefe de operaciones de **TERRATÉCNICA S.A.**

De mis Consideraciones

Yo **PEÑAFIEL SOLEDISPA JOHNNY GEREMIAS** con cédula de ciudadanía **092808273- 4** la presente tiene como objetivo presentar una propuesta para realizar el proyecto de investigación en **TERRATECNICA S.A.**

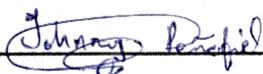
Se realizó una observación en las sierras del taller de producción, y estas presentan desgaste por el trabajo que realizan y también la situación que sufre el operador al manipular dicha parte de la máquina (TELERA DE SIERRA), para realizar el proyecto se requiere la aprobación de usted como **Jefe Operativo**.

Para coordinar con usted la parte económica se podría realizar de la siguiente manera, la aportación del 50% de parte de la empresa y el 50% de mi parte para modelamiento y construcción de la telera ya que es un beneficio mutuo.

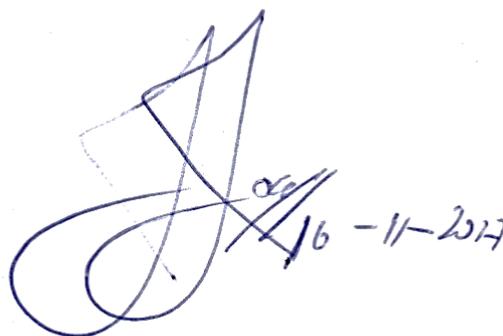
Esperando sea aceptada mi petición, ya que cumplo con los requisitos dados para aplicar dicha función, de antemano quedo completamente agradecido.

Nota: Se adjunta anexo.

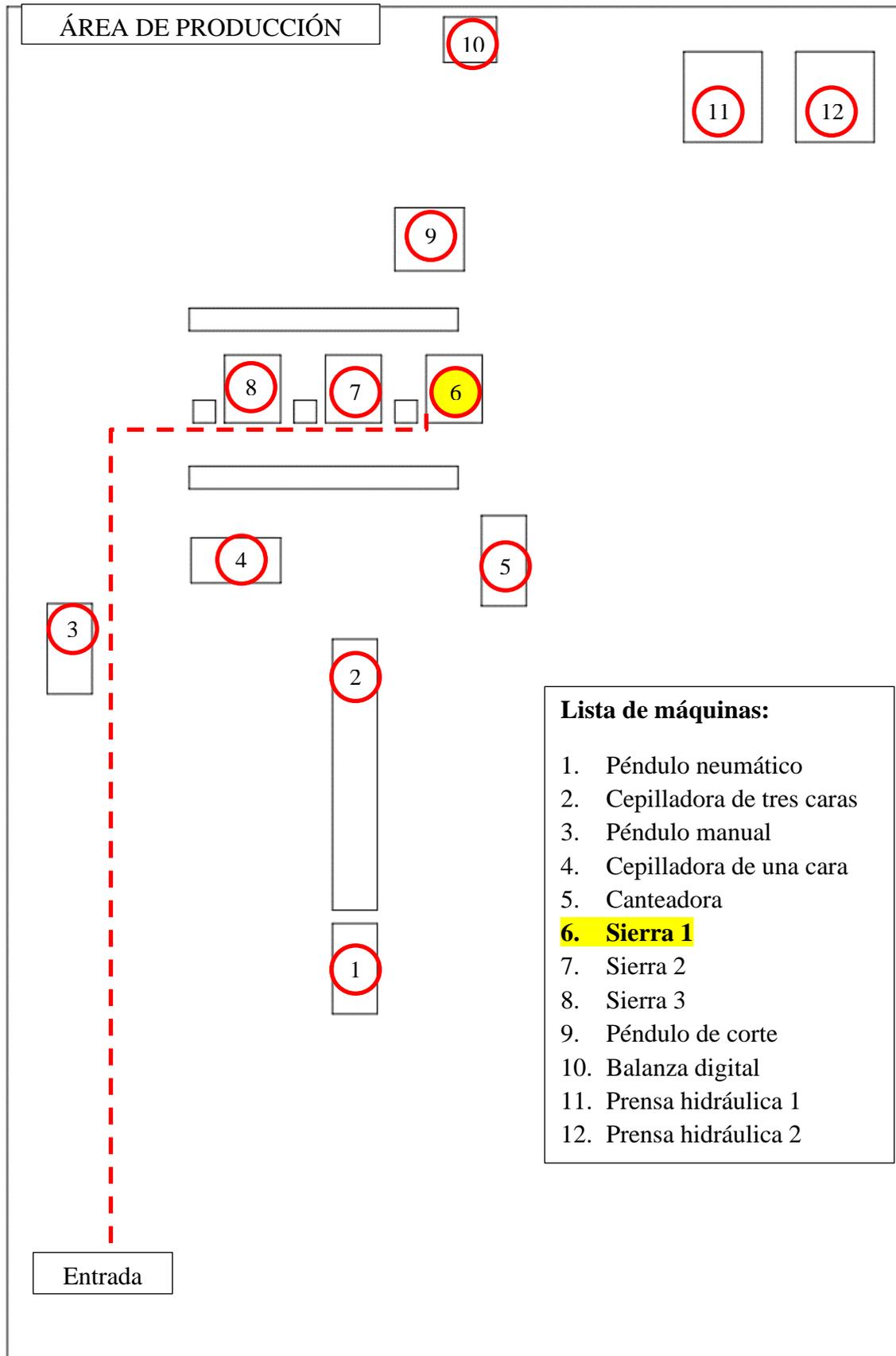
Atentamente:



Peñafiel Soledispa Johnny Geremias
Cd. 092808273-4
Estudiante del Noveno Módulo
Ingeniería Mecánica



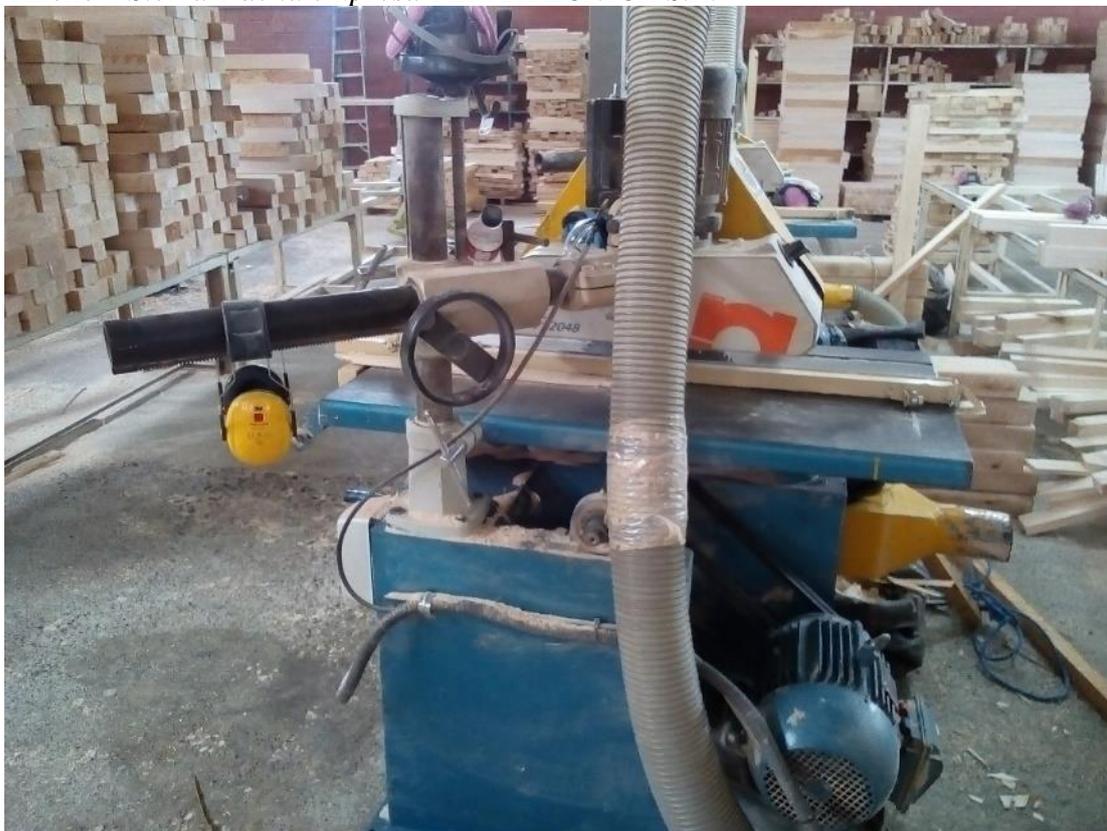
Anexo 2 Ubicación de máquinas en el área de producción de la empresa Terratécnica S.A.



Anexo 3 Sierras de la empresa TERRATÉCNICA S.A.



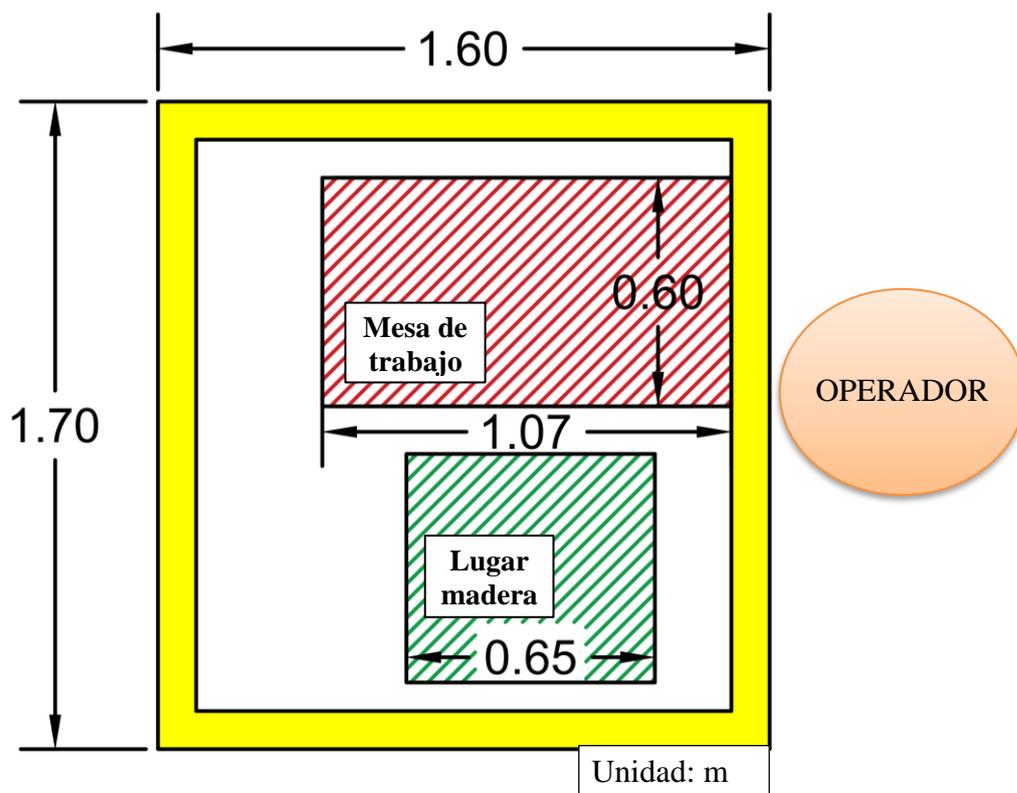
Anexo 4 Sierra 1 de la empresa TERRATÉCNICA S.A.



Anexo 5 *Movimiento sobre la guía deslizante antes de la modificación*



Anexo 6 *Área de trabajo sobre la sierra 1*



Anexo 7 Medición de fuerza en forma axial sobre la sierra 1



Anexo 8 Medición de fuerza en forma transversal sobre la sierra 1



Anexo 9 *Medición de fuerza en forma axial sobre la sierra 2*



Anexo 10 *Medición de fuerza en forma axial sobre la sierra 3*



Anexo 11 *Medición de la masa en una balanza digital*

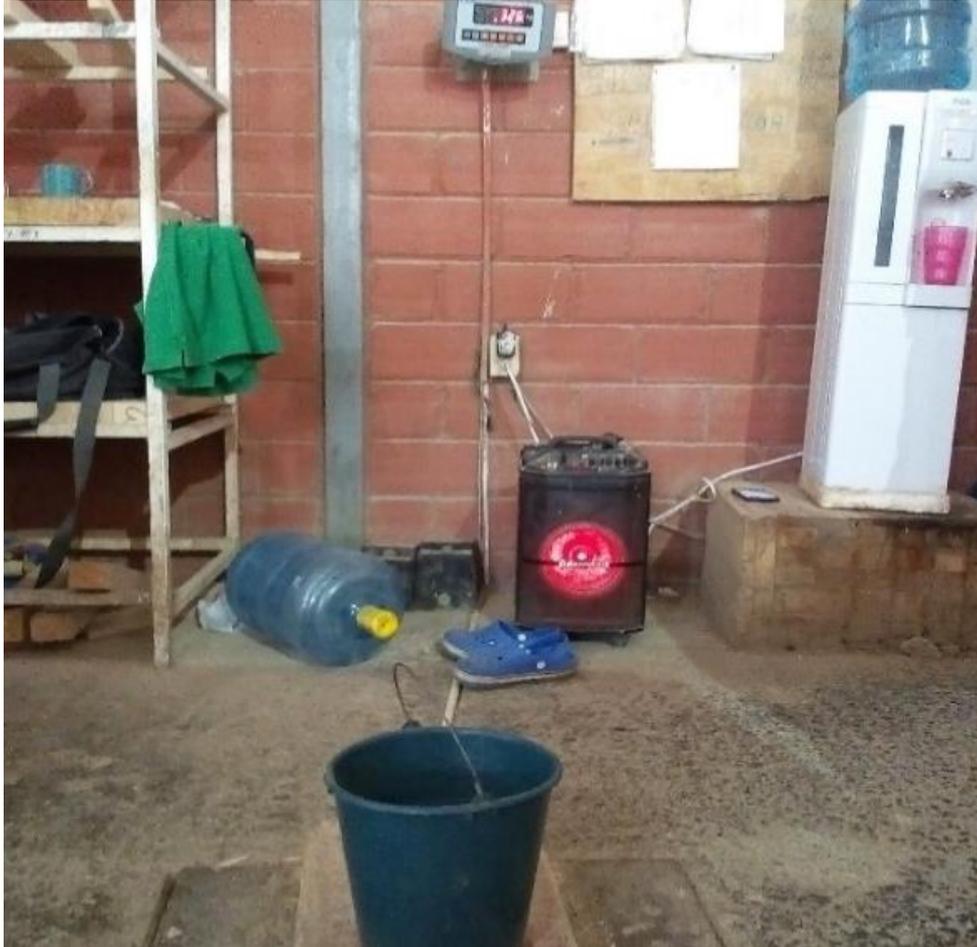


Tabla 15 *Medición de tiempos realizados por la guía deslizante actualmente*

Numero de datos	Tiempos [s]	
	Forma Axial (hacia el cuerpo)	Forma Transversal (forma horizontal)
1	0.37	0.50
2	0.35	0.46
3	0.30	0.45
4	0.51	0.52
5	0.30	0.45
6	0.53	0.47
7	0.23	0.28
8	0.52	0.23
9	0.21	0.24
10	0.33	0.60
Promedio	0.37	0.42

FUENTE: DATOS EXPERIMENTALES

ELABORADO: AUTOR

Anexo 12 *Valorización de recuperación Checklist OCRA*

MODALIDAD DE LA INTERRUPCIÓN DEL TRABAJO A CICLOS POR MEDIO DE PAUSAS, O CAMBIO CON OTROS TRABAJOS DE CONTROL VISUAL (máxima puntuación posible = 10) Elija una sola respuesta: es posible elegir valores intermedios.

- 0 Existe una interrupción del trabajo repetitivo de al menos 5 min cada hora (contar también la pausa de la comida);
- 2 existen 2 interrupciones en la mañana y dos en la tarde (además de la pausa de la comida) de al menos 7-10 min en un turno de 7-8 horas; o 4 interrupciones además de la comida en turno de 7-8 horas; o 4 interrupciones de 7-10 minutos en turno de 6 horas;
- 3 existen 2 pausas de al menos 7-10 min, una de ellas en un turno de cerca de 6 horas (sin pausa de comida); o 3 pausas además de la pausa de la comida en turno de 7-8 horas;
- 4 existen 2 interrupciones además de la pausa de la comida de al menos 7-8 minutos en turno de 7-8 horas (o 3 interrupciones sin pausa de comida); o en turno de 6 horas, una pausa de al menos 7-10 minutos;
- 6 en un turno de cerca de 7 horas sin pausa de comida hay una sola pausa de al menos 10 minutos, o en turno de 8 horas solo hay pausa para la comida (pausa no contenida en el horario de trabajo)
- 10 no existen interrupciones sino de pocos minutos (menos de 5) en turno de 7-8 horas

FUENTE: MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACION DE ESPAÑA

Anexo 13 *Valorización de frecuencia dinámica Checklist OCRA*

ACTIVIDAD DE LOS BRAZOS Y FRECUENCIA DE TRABAJO DURANTE EL DESARROLLO DE LOS CICLOS (SI ES NECESARIO, ELIJA UNA PUNTUACIÓN INTERMEDIA) (máxima puntuación posible = 10 puntos) Elija una sola respuesta. (Refiérase a la extremidad superior más interesada en la actividad)

- 0 Los movimientos de los brazos son lentos con posibilidad de frecuentes interrupciones (20 acciones/minuto);
- 1 Los movimientos de los brazos no son demasiado rápidos pero son constantes y regulares; las posibilidades de interrupción no son frecuentes (30 acciones/ minuto);
- 3 Los movimientos de los brazos son bastante rápidos y constantes (40-50) pero con posibilidad de breves interrupciones;
- 4 Los movimientos de los brazos son bastante rápidos y constantes, la posibilidad de interrupción es más escasa e irregular (40 acc/ min)
- 8 Los movimientos de los brazos son muy rápidos y constantes, la ausencia de interrupciones del trabajo hace difícil mantener el ritmo (50 acc/ min o más)
- 10 Frecuencia elevadísima, entre 70-80 o más acciones por minuto (más de una vez por segundo)

FUENTE: MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACION DE ESPAÑA

Tabla 16 *Valoración de acciones Técnicas estáticas de frecuencias*

Acciones técnicas estáticas

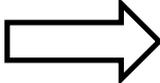
Se sostiene un objeto al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones durante 2/3 del tiempo de ciclo o de observación 2.5

Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas 3/3 del tiempo de ciclo o de observación 4.5

FUENTE: CHECKLIST OCRA

AUTOR: José Antonio Diego

Anexo 14 *Valorización de fuerza Checklist OCRA*

Presencia de actividades con uso repetitivo de fuerza en las manos		Acciones		
		<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario empujar o tirar de palancas • Presionar botones • Cerrar o abrir • Apretar o manejar componentes • Uso de herramientas • Elevar o sujetar objetos 		
Uso de fuerza muy intensa (casi máxima): Escala de Borg		2 segundos cada 10 minutos		6
		1% del tiempo		12
		5% del tiempo		24
		Más del 10%		32
Uso de fuerza intensa Escala de Borg		2 segundos cada 10 minutos		4
		1% del tiempo		8
		5% del tiempo		16
		Más del 10%		24
Uso de fuerza moderada Escala de Borg		1/3 del tiempo		2
		½ del tiempo		4
		Más de ½ del tiempo		6
		Casi todo el tiempo		8

FUENTE: CHECKLIST OCRA

ELABORADO: AUTOR

Anexo 15 Valorización de postura Checklist OCRA

<p>PRESENCIA DE POSTURAS INCÓMODAS DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA TAREA REPETITIVA (máxima puntuación obtenible = 11)</p> <p style="text-align: center;"> DIESTRO <input type="checkbox"/> SINIESTRO <input type="checkbox"/> AMBIDEXTRO <input type="checkbox"/> </p>	
<p>1 El brazo /los brazos no están apoyados en el plano de trabajo, pero se levantan poco más de la mitad del tiempo</p>	
<p>2 Los brazos son mantenidos sin apoyo casi a la altura de los hombros cerca de 1/3 del tiempo</p>	<input type="checkbox"/> A
<p>4 Los brazos son mantenidos sin apoyo casi a la altura de los hombros más de la mitad del tiempo</p>	
<p>8 Los brazos son mantenidos sin apoyo casi a la altura de los hombros casi todo el tiempo</p>	
<p>2 La muñeca debe hacer movimientos extremos o adoptar posiciones molestas (amplias flexiones o extensiones, o amplias desviaciones laterales) al menos 1/3 del tiempo</p>	
<p>4 La muñeca debe hacer movimientos extremos o adoptar posiciones molestas más de la mitad del tiempo</p>	<input type="checkbox"/> B
<p>8 La muñeca debe hacer movimientos extremos casi todo el tiempo</p>	
<p>2 El codo debe ejecutar movimientos bruscos (movimientos repentinos y rápidos) o dar golpes cerca de 1/3 del tiempo</p>	
<p>4 El codo debe ejecutar movimientos bruscos (movimientos repentinos y rápidos) o dar golpes más de la mitad del tiempo</p>	<input type="checkbox"/> C
<p>8 El codo debe ejecutar movimientos bruscos (movimientos repentinos y rápidos) o dar golpes casi todo el tiempo</p>	
<p>AFERRA OBJETOS, PIEZAS O INSTRUMENTOS CON LA PUNTA DE LOS DEDOS O CON LAS ÚLTIMAS FALANGES:</p>	
<p><input type="checkbox"/> Los dedos apretados (pinza)*</p> <p><input type="checkbox"/> La mano casi extendida (presa palmar)*</p> <p><input type="checkbox"/> Con los dedos en forma de gancho*</p>	<p>2 CERCA DE 1/3 DEL TIEMPO</p> <p>4 MÁS DE LA MITAD DEL TIEMPO</p> <p>8 CASI TODO EL TIEMPO</p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> D</p>
<p>* Ver figuras al final del documento</p>	
<p>Presencia de gestos de trabajo del hombro y/ o del codo y/ o de la muñeca y/o de la mano idénticos, repetidos durante al menos 2/3 partes del tiempo</p> <p>(Puntuar siempre con un 3 cuando el ciclo sea inferior a 15 segundos)</p>	
	<input type="checkbox"/> 3 E

FUENTE: MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACION DE ESPAÑA

Tabla 17 Valorización para el factor complementario

Factores adicionales

Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren la tarea) más de la mitad del tiempo	2
La actividad implica golpear (martillo, con pico, entre otros) con una frecuencia de 2 veces por minutos o mas	2
La actividad implica golpear (martillo, con pico, entre otros) con una frecuencia de 10 veces por horas o mas	2
Existen exposición al frio (-0°C) más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o mas	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o mas	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callos, ampollas, entre otros)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 ó 3 mm)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3

Ritmo de trabajo

El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la maquinas, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo puede disminuir o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

FUENTE: CHECKLIST OCRA

ELABORADO: AUTOR

COMPROBACIÓN CON LA APLICACIÓN OCRACHECKINSHT_V1

PROPUESTO POR EL MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN DE ESPAÑA



Aplicación para la evaluación del riesgo por trabajo repetitivo

OCRACheckINSHT v.1.2

15 de noviembre de 2012

Nota: Escribir únicamente en los recuadros de color azul

Instrucciones: Cumplimentar los datos de las 6 hojas en orden secuencial. En la hoja "7. Resultados" se muestran los parámetros intermedios y el nivel de riesgo obtenido. Esta última hoja permite "copiar y pegar" a cualquier documento para la elaboración de un informe.

Esta aplicación ha sido desarrollada a partir de los criterios y el diseño realizados por:

 Enrique Alvarez-Casado, Aquiles Hernandez-Soto y Sonia Tello
centro de ergonomía aplicada Centro de Ergonomía Aplicada.

 Daniela Colombini, Enrico Occhipinti, Marco Cerbai y Marco Placci
Unita di Ricerca Ergonomia della Postura e del Movimento

Silvia Nogareda
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Según las recomendaciones contenidas en las normas UNE 1005-5 e ISO 11228-3.

Empresa: Terratécnica S.A. Fecha: 3 de febrero del 2018

Sección: Diurna Puesto: Sierra 1

Descripción: Evaluación del puesto de trabajo sobre la sierra 1

Datos organizativos

Descripción		Minutos
Duración del turno (min)	Oficial	540
	Efectivo	540
Pausas (min) [Considerar la suma total de minutos de pausa sin considerar comida]	De contrato	30
	Efectivo	30
Pausa para comer (min) [Sólo si está considerada dentro de la duración del turno]	Oficial	75
	Efectivo	75
Tiempo total de trabajo no repetitivo (min) [P. ej. limpieza, abastecimiento y control visual]	Oficial	261
	Efectivo	261
Tiempo neto de trabajo repetitivo (min)		174
Nº de ciclos o unidades por turno	Programados	1
	Efectivos	1
Tiempo neto del ciclo (seg.)		10440
Tiempo del ciclo observado ó período de observación (seg.)		1800
Tiempo neto de trabajo repetitivo según observado (min)		30
Tiempo de insaturación del turno que necesita justificación	Diferencia (%)	83%
	Minutos	174

Factor Duración: 0,65

Escribir X donde corresponda

Régimen de pausas

Existe una interrupción de al menos 8/10 minutos cada hora (incluyendo pausa para comer); o bien, el tiempo de recuperación está dentro del ciclo.

Existen dos interrupciones en la mañana y dos por la tarde (más una pausa para comer) de una duración mínima de 8 – 10 minutos en el turno de 7 – 8 horas, ó como mínimo 4 interrupciones además de la pausa para comer, ó 4 interrupciones de 8 – 10 minutos en el turno de 6 horas.

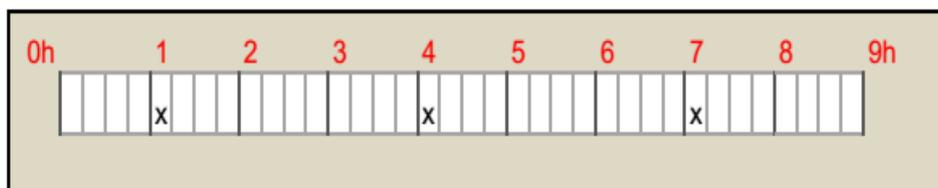
Existen 2 pausas de una duración mínima de 8 – 10 minutos cada una en el turno de 6 horas (sin pausa para comer); o bien, 3 pausas más una pausa para comer en el turno de 7 – 8 horas.

Existen 2 interrupciones (más una pausa para comer) de una duración mínima de 8 – 10 minutos en el turno de 7 – 8 horas (o 3 pausas pero ninguna para comer); o bien, en el turno de 6 horas, una pausa de al menos 8-10 minutos.

En el turno de 7 horas, sin pausa para comer, existe sólo una pausa de al menos 10 minutos; o bien, en el turno de 8 horas existe una única pausa para comer, la cuál no cuenta como horas de trabajo.

No existen pausas reales, excepto algunos minutos (menos de 5) en el turno de 7 – 8 horas.

A modo descriptivo, se puede señalar la distribución de pausas en la jornada:



Factor Recuperación:

2

Frecuencia de acciones técnicas dinámicas y estáticas

	Dch.	Izd.
Número de acciones técnicas contenidas en el ciclo:	7830	
Frecuencia (acciones/min)	45	0
¿Existe la posibilidad de realizar breves interrupciones?	Sí	Sí

Escribir X donde corresponda

Dch. Izd.

Acciones técnicas dinámicas

- Los movimientos de los brazos son lentos con posibilidad de frecuentes interrupciones (20 acciones/minuto).
- Los movimientos de los brazos no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto ó una acción cada 2 segundos), con posibilidad de breves interrupciones.
- Los movimientos de los brazos son bastante rápidos (cerca de 40 acciones/min.) pero con posibilidad de breves interrupciones.
- Los movimientos de los brazos son bastante rápidos (cerca de 40 acciones/min.) la posibilidad de interrupciones es más escasa e irregular.
- Los movimientos de los brazos son rápidos y constantes (cerca de 50 acciones/min.)
- Los movimientos de los brazos son muy rápidos y constantes (60 acciones/min.)
- Frecuencia muy alta (70 acciones/min. o más)

Dch. Izd.

Acciones técnicas estáticas

- Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de al menos 5 seg. consecutivos y esta acción dura 2/3 del tiempo ciclo o del período de observación.
- Un objeto es mantenido en presa estática por una duración de al menos 5 seg. consecutivos y esta acción dura TODO el tiempo ciclo o el período de observación.

	Dch.	Izd.
Factor Frecuencia:	3,0	0,0

Aplicación de fuerza

Escribir X donde corresponda Escribir X donde corresponda

La actividad laboral implica el uso de fuerza MUY INTENSA (Puntuación 8 de la escala de Borg)

Para:

<input type="checkbox"/> Tirar o empujar palancas. <input type="checkbox"/> Cerrar o abrir. <input type="checkbox"/> Presionar o manipular componentes. <input type="checkbox"/> Utilizar herramientas. <input type="checkbox"/> Usar el peso del cuerpo para obtener fuerza necesaria. <input type="checkbox"/> Manipular componentes para levantar objetos	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Dch.</th> <th style="text-align: left;">Izd.</th> <th style="text-align: left;">[Duración total del esfuerzo]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>2 segundos cada 10 minutos</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>1 % del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>5 % del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Más del 10% del tiempo (*)</td> </tr> </tbody> </table>	Dch.	Izd.	[Duración total del esfuerzo]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 segundos cada 10 minutos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 % del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 % del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más del 10% del tiempo (*)
Dch.	Izd.	[Duración total del esfuerzo]														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 segundos cada 10 minutos														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 % del tiempo														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 % del tiempo														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más del 10% del tiempo (*)														

La actividad laboral implica el uso de FUERZA INTENSA (Puntuación 5-6-7 de la escala de Borg)

Para:

<input checked="" type="checkbox"/> Tirar o empujar palancas. <input type="checkbox"/> Pulsar botones. <input type="checkbox"/> Cerrar o abrir. <input type="checkbox"/> Manipular o presionar objetos. <input type="checkbox"/> Utilizar herramientas. <input type="checkbox"/> Manipular componentes para levantar objetos.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Dch.</th> <th style="text-align: left;">Izd.</th> <th style="text-align: left;">[Duración total del esfuerzo]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>2 segundos cada 10 minutos</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>1 % del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>5 % del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Más del 10% del tiempo (*)</td> </tr> </tbody> </table>	Dch.	Izd.	[Duración total del esfuerzo]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 segundos cada 10 minutos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 % del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 % del tiempo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más del 10% del tiempo (*)
Dch.	Izd.	[Duración total del esfuerzo]														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2 segundos cada 10 minutos														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1 % del tiempo														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5 % del tiempo														
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más del 10% del tiempo (*)														

La actividad laboral implica el uso de fuerza MODERADA (Puntuación 3-4 en la escala de Borg)

Para:

<input type="checkbox"/> Tirar o empujar palancas. <input type="checkbox"/> Pulsar botones. <input type="checkbox"/> Cerrar o abrir. <input type="checkbox"/> Manipular o presionar objetos. <input type="checkbox"/> Utilizar herramientas. <input type="checkbox"/> Manipular componentes para levantar objetos.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Dch.</th> <th style="text-align: left;">Izd.</th> <th style="text-align: left;">[Duración total del esfuerzo]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>1/3 del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Aprox. La mitad del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Más de la mitad del tiempo</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Casi todo el tiempo</td> </tr> </tbody> </table>	Dch.	Izd.	[Duración total del esfuerzo]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1/3 del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprox. La mitad del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más de la mitad del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Casi todo el tiempo
Dch.	Izd.	[Duración total del esfuerzo]														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1/3 del tiempo														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aprox. La mitad del tiempo														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Más de la mitad del tiempo														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Casi todo el tiempo														

Dch. Izd.
Factor Fuerza: **24** **0**

Posturas forzadas

Escribir X donde corresponda

Dch. Izd.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hombro		
<p>Flexión</p>	<p>Abducción</p>	<p>Extensión</p>

El/los brazos no descansan sobre la superficie de trabajo sino que están ligeramente elevados durante algo más de la mitad del tiempo.

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi un 10% del tiempo.

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi 1/3 del tiempo.

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por más de la mitad del tiempo.

Los brazos se mantienen sin apoyo casi a la altura del hombro (o en otra postura extrema) por casi todo el tiempo.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Adicionalmente, las manos operan por encima de la cabeza por más del 50% del tiempo.

Dch. Izd.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Codo	
<p>Extensión-Flexión</p>	<p>Prono-Supinación</p>

El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o pronosupinación, movimientos bruscos cerca de 1/3 del tiempo.

El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o pronosupinación, movimientos repentinos por más de la mitad del tiempo.

El codo debe realizar amplios movimientos de flexo-extensión o pronosupinación, movimientos repentinos por casi todo el tiempo.

Dch. Izd.

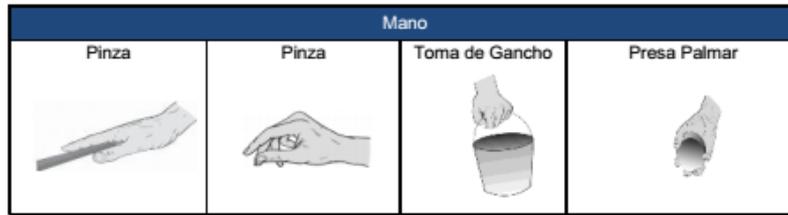
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Muñeca	
<p>Extensión-Flexión</p>	<p>Desviación Radio-Ulnar</p>

La muñeca debe doblarse en una posición extrema o adoptar posturas molestas (amplias flexiones, extensiones o desviaciones laterales) por lo menos 1/3 del tiempo.

La muñeca debe doblarse en una posición extrema o adoptar posturas molestas por más de la mitad del tiempo.

La muñeca debe doblarse en una posición extrema por casi todo el tiempo.



Dch. Izd.

Por cada 1/3 del tiempo

Más de la mitad del tiempo.

Casi todo el tiempo.

Dch. Izd.

Con los dedos juntos (precisión)

Con la mano casi completamente abierta (presa palmar)

Con los dedos en forma de gancho.

Con otros tipos de toma o agarre similares a los indicados anteriormente.

Estereotipo

Dch. Izd.

Presencia del movimiento del hombro y/o codo y/o muñeca y/o mano idénticos, repetidos por **más de la mitad del tiempo** (o tiempo de ciclo entre 8 y 15 segundos en que prevalecen las acciones técnicas, incluso distintas entre ellas, de los miembros superiores).

Presencia del movimiento del hombro y/o codo y/o muñeca y/o mano idénticos, repetidos **casi todo el tiempo** (o tiempo de ciclo inferior a 8 segundos en que prevalecen las acciones técnicas, incluso distintas entre ellas, de los miembros superiores).

Factor Postura: Dch. 3,5

Izd.

0

Empresa: **Terratécnica S.A.**

Fecha:

Sección: **Diurna**

Puesto: **Sierra 1**

Descripción: Evaluación del puesto de trabajo sobre la sierra 1

Factores de riesgo por trabajo repetitivo

	Dch.	Izd.
Tiempo de recuperación insuficiente:	2	2
Frecuencia de movimientos:	3	0
Aplicación de fuerza:	24	0
Hombro:	1	0
Codo:	2	0
Muñeca:	2	0
Mano-dedos:	2	0
Estereotipo:	1,5	0
Posturas forzadas:	3,5	0
Factores de riesgo complementarios:	1	0
Factor Duración:	0,65	0,65

Índice de riesgo y valoración

	Dch.	Izd.
Índice de riesgo:	21,78	1,3

No aceptable. Nivel medio Aceptable

Escala de valoración del riesgo:

Checklist	Color	Nivel de riesgo
HASTA 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
≥ 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto

Tabla 18 *Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico*

CONDICIÓN	NEUMÁTICA	HIDRÁULICA
Efecto de fugas	Solo perdida de energía	Contaminación
Influencia del ambiente	A prueba de explosión Insensible a la temperatura	Riesgo de incendio en caso de fuga Sensible a cambios de temperatura
Almacenaje de energía	Fácil	Limitada
Transmisión de energía	Hasta 1000m Caudal $v = 20 - 40 \text{ m/s}$ Velocidad de la señal $20 - 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Hasta 1000m Caudal $v = 2 - 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Velocidad de la señal $1000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Velocidad de operación	$v = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$v = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Coste de alimentación	Muy alto	Alto
Movimiento lineal	Simple con cilindros Fuerzas limitadas Velocidad dependiente de la carga	Simple con cilindros Buen control de velocidad Fuerzas muy grandes
Movimiento giratorio	Simple Ineficiente Alta velocidad	Simple Par alto Baja velocidad
Exactitud de operación	1/10mm posible sin carga	Puede conseguirse 1mm
Estabilidad	Baja Aire es compresible	Alta, Aceite es casi compresible Nivel de presión alto
Fuerzas	Protegido contra sobrecargas Fuerzas limitadas por la presión y el diámetro del cilindro ($F = 30kN \text{ a } 6bar$)	Protegido contra sobrecargas, presiones que alcanzan los 600bar Pueden generarse grandes fuerzas 3000kN

FUENTE: NEUMÁTICA E HIDRÁULICA
ELABORADO: AUTOR

Tabla 19 *Características comparativas de los sistemas neumático/hidráulico y eléctrico/electrónico*

CONDICIÓN	Neumático/ hidráulico	Eléctrico/ electrónico
Elementos de trabajo	Cilindros	Motores eléctricos
	Motores	Válvulas de solenoide
	Componentes	Motores lineales
Elementos de control	Válvulas distribuidoras direccionales	Contactores de potencia
		Transistores
		Tiristores
Elementos de proceso	Válvulas distribuidoras direccionales	Contactores
	Válvulas de aislamiento	Relés
	Válvulas de presión	Módulos electrónicos
Elementos de entrada	Interruptores	Interruptores
	Pulsadores	Pulsadores
	Interruptor final de carrera	Interruptor final de carrera
	Módulos programadores	Módulos programadores
	sensores	Sensores
		Indicadores/generadores

FUENTE: NEUMÁTICA E HIDRÁULICA

ELABORADO: AUTOR

Anexo 16 *Componentes del sistema hidráulico de la guía deslizante*



Anexo 17 *Pistones de la guía deslizante hidráulica*



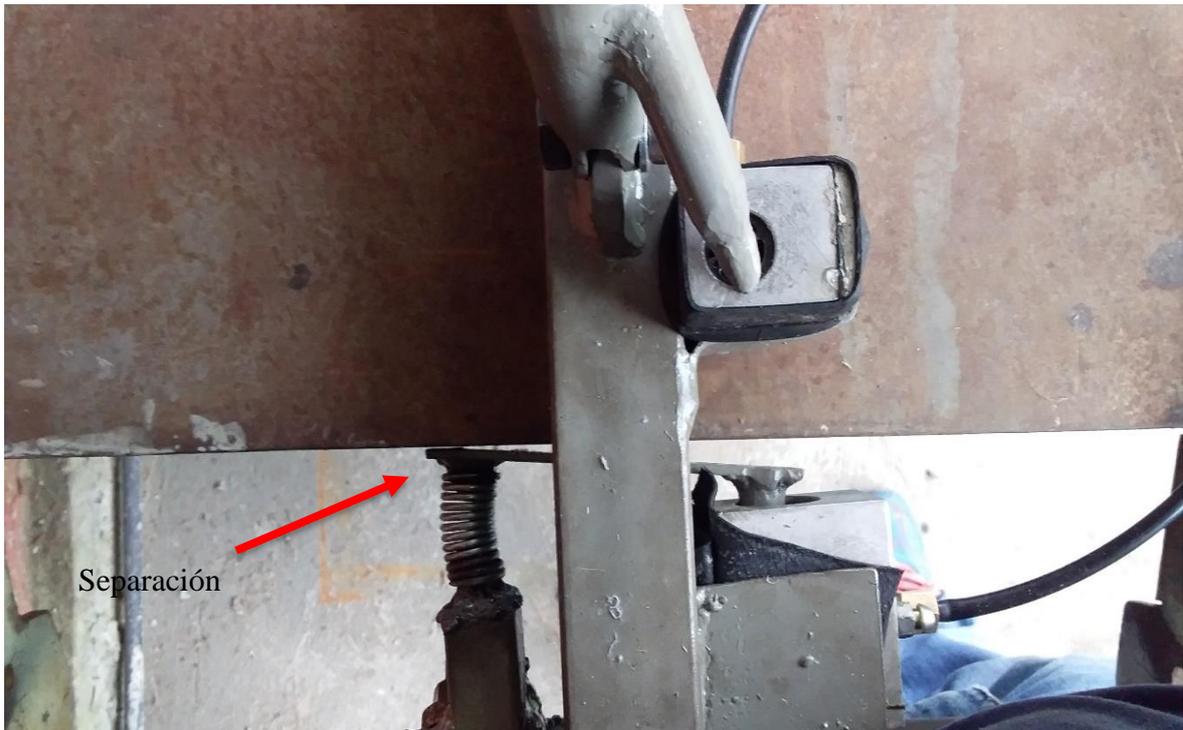
Anexo 18 *Palanca y base del muelle de la guía deslizante*



Anexo 19 *Montaje de la guía deslizante hidráulica*



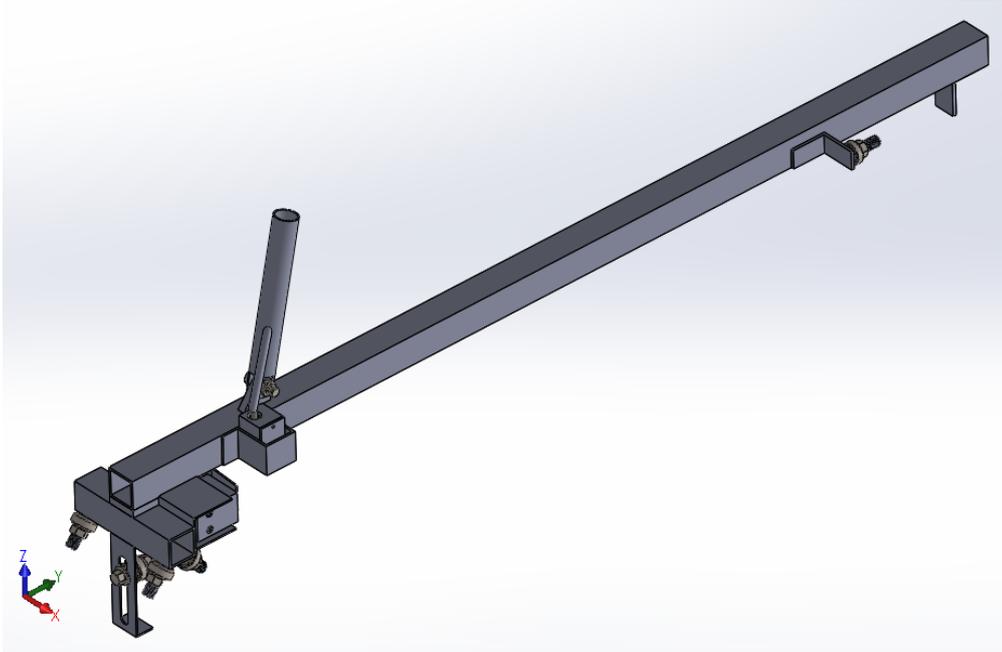
Anexo 20 Separación sobre la mesa y base de contacto con el muelle de la guía deslizante hidráulica



Anexo 21 Medición de fuerzas sobre el guía deslizante hidráulica



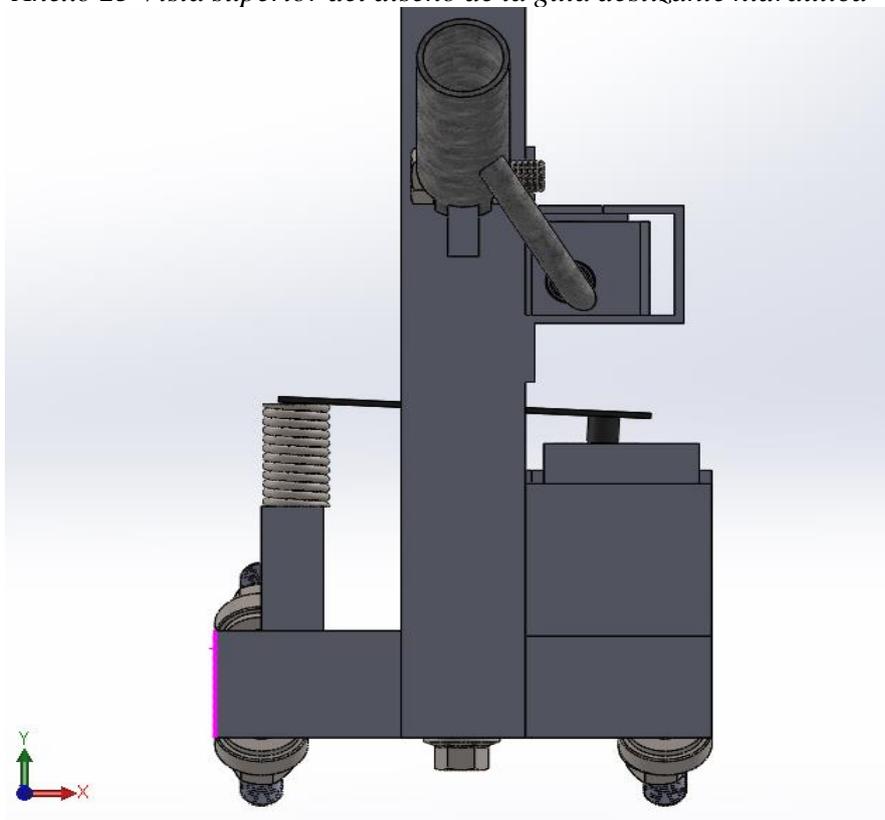
Anexo 22 Diseño de guía deslizante modelo hidráulico



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

Anexo 23 Vista superior del diseño de la guía deslizante hidráulica



FUENTE: SOLIDWORKS

ELABORADO: AUTOR

RESULTADOS DE LA COMPROBACIÓN CON LA APLICACIÓN OCRA
OCRACHECKINSHT_V1

Checklist OCRA	Fecha: Resultados	
Empresa: Terratécnica S.A.	Fecha: 10 de mayo del 2019	
Sección: Diurna	Puesto: Sierra 1	
Descripción: Evaluación del puesto de trabajo sobre la sierra 1		
Factores de riesgo por trabajo repetitivo		
	Dch.	Izd.
Tiempo de recuperación insuficiente:	2	2
Frecuencia de movimientos:	3	0
Aplicación de fuerza:	8	8
Hombro:	1	0
Codo:	2	0
Muñeca:	2	0
Mano-dedos:	2	0
Estereotipo:	1,5	0
Posturas forzadas:	3,5	0
Factores de riesgo complementarios:	1	0
Factor Duración:	0,65	0,65
Índice de riesgo y valoración		
	Dch.	Izd.
Índice de riesgo:	11,38	6,5
No aceptable. Nivel leve Aceptable		
Escala de valoración del riesgo:		
Checklist	Color	Nivel de riesgo
HASTA 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o Incierto
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
≥ 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto