



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DEL ECUADOR**

FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA ESCARIADORA
SEMIAUTOMÁTICA DE MANGUERAS HIDRÁULICAS
PARA LA EMPRESA DIMASA S.A.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA**

JOSÉ CARLOS LEÓN UTRERAS

DIRECTOR: ING. VERÓNICA GREFA MSC.

**D. M. Quito,
2020**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Tema	9
2. Objetivos.....	9
2.1. Objetivo general	9
2.2. Objetivos específicos.....	9
3. Problema	10
4. Hipótesis.....	10
5. Estudio teórico preliminar de componentes y proceso de escariado de mangueras hidráulicas	10
5.1. Manguera hidráulica	10
5.1.1 Partes de una manguera hidráulica.....	10
5.2. Acoples hidráulicos.....	12
5.3. Ensamblaje de mangueras hidráulicas	13
5.4. Proceso de escariado	13
5.5. Máquinas escariadoras comerciales.....	15
5.5.1 MidiSkive.....	17
5.5.2 Twinskive 5-50	17
5.5.3 USM 150	18
6. DISEÑO DE LA MÁQUINA ESCARIADORA	21
6.1. Bosquejo de la máquina	21
6.2. Dimensiones de la máquina.....	23
6.3. Sistemas de corte	25
6.3.1 Cuchilla escariadora.....	25
6.4. Selección del mandril.....	28
6.5. Selección de elementos del proceso de escariado	30
6.5.1 Selección del motor.....	30
6.5.2 Selección del motor.....	32
6.5.3 Selección de la caja reductora	35

6.6.	Dimensionamiento mecánico.....	36
6.6.1	Dimensionamiento de la estructura mecánica	36
6.6.1.1.	Diseño y cálculo de viga principal de la estructura.....	36
6.7.	DISEÑO ELECTRÓNICO	42
6.7.1	Protecciones del motor de escariado	46
6.7.1.1.	Guardamotor	46
6.7.1.2.	Contactor	47
6.7.1.3.	Relé térmico.....	48
6.7.1.4.	Fusibles	49
6.7.2	Módulo de control	50
6.7.2.1.	Control PLC	50
6.7.2.2.	HMI	51
6.7.2.3.	Driver del motor a pasos	52
6.7.2.4.	Puente H para el sentido de giro en motor a pasos.....	53
6.7.2.5.	Módulo de 12V DC.....	54
6.7.2.6.	Elementos Electrónicos.....	55
6.8.	Control y programación	56
6.8.1	Dispositivos de entrada y salida del PLC.....	56
	BIBLIOGRAFÍA.....	65

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una manguera hidráulica común	11
Figura 2. Refuerzos de las mangueras hidráulicas	12
Figura 3. Acoples hidráulicos comunes.....	13
Figura 4. Método común de escariado externo e interno (vista lateral).....	14
Figura 5. Método común de escariado externo (vista isométrica)	15
Figura 6. Diámetro de mangueras más escariadas en la empresa DIMASA S.A. en Julio del 2019	19
Figura 7. (A) Herramienta de escariado externo (B) Herramienta de escariado interno	20
Figura 8. Estructura general de la máquina escariadora	21
Figura 9. Rodamientos de bolas de contacto angular d12-55m SKG.....	22
Figura 10. Partes principales de la máquina escariadora.....	23
Figura 11. Vista frontal de la máquina.....	23
Figura 12. Vista posterior de la máquina escariadora	24
Figura 13. Vista Posterior del Sistema de Ajuste	25
Figura 14. Cuchilla Escariadora	25
Figura 15. Ángulos de Corte.....	26
Figura 16. Mandril de escariado externo	28
Figura 17. Motor NEMA 23.....	31
Figura 18. Representación gráfica de la alimentación de la manguera.....	32
Figura 19. Motor WEG W22	34
Figura 20. Curva de Desempeño en Carga del motor WEG	35
Figura 21. Caja reductora WEG para motores de 0,75kW	36
Figura 22. Diagrama de cuerpo libre de la viga principal	37
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre con valores de reacciones y momentos .	40
Figura 24. Diagrama de cortantes en el plano YZ	40
Figura 25. Diagrama de momentos en el plano YZ	40
Figura 26. Diagrama de deflexión plano YZ	41
Figura 27. Extracto del catálogo de tubería estructural cuadrada de DIPAC ...	42
Figura 28. Zonas de interacción de la Máquina Escariadora	43
Figura 29. Esquema unifilar del circuito del motor de escariado	45

Figura 30. Guardamotor Termo Magnético WEG	46
Figura 31. Contactor CWM9 WEG	48
Figura 32. Relé térmico	49
Figura 33. Fusible Tipo D NH clase gL/gG	49
Figura 34. Diagrama de bloques de la máquina escariadora	50
Figura 35. SIEMENS PLC LOGO! 8 Basic	51
Figura 36. Módulo DM16 230R	51
Figura 37. Siemens LOGO! TDE.....	52
Figura 38. Driver HY DIV268N 5A.....	52
Figura 39. Stubshaft TEFC W22	53
Figura 40. Aibeiken Magnetic Sensor.....	53
Figura 41. L298	54
Figura 42. Fuente Meanwell 12V 200W	55
Figura 43. Circuito lógico del motor escariador	57
Figura 44. Circuito lógico del motor NEMA	58
Figura 45. Algoritmo general	61
Figura 43. Algoritmo del paro de emergencia.....	62
Figura 44. Algoritmo del proceso de escariado	63
Figura 45. Algoritmo del proceso de selección del HMI	64
Figura 46. Algoritmo del proceso de preparación de la manguera	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Máquinas escariadoras comunes en el mercado	16
Tabla 2. Diámetros de mangueras hidráulicas comerciales para escariado externo	20
Tabla 3. Diámetros de mangueras hidráulicas comerciales para escariado interno	21
Tabla 4. Ángulos de corte para distintos materiales	26
Tabla 5. Longitud del mandril de escariado externo	29
Tabla 6. Propiedades del motor NEMA 23	31
Tabla 7. Características del motor.....	34
Tabla 8. Cargas aproximadas de los elementos sobre la estructura.....	36
Tabla 9. Elementos electrónicos con 12V de alimentación	54
Tabla 10. Elementos electrónicos de la máquina escariadora	55
Tabla 11. Tabla de entradas PLC.....	56
Tabla 12. Tabla de salidas PLC	57
Tabla 13. Estados posibles de la máquina escariadora	59
Tabla 14. Análisis de entradas mediante álgebra de Boole	60

DECLARACIÓN

Yo, JOSÉ CARLOS LEÓN UTRERAS, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha investigado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Internacional del Ecuador, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

.....

José Carlos León Utreras

C.C: 1310385735

CERTIFICACIÓN

La docente de la Facultad de Ciencias Técnicas Ingeniera Verónica Grefa encargada de la revisión del documento escrito final,

CERTIFICA QUE:

El proyecto de investigación denominado “Diseño de una máquina escariadora semiautomática de mangueras hidráulicas para la empresa DIMASA S.A.”, fue desarrollado por el Sr. José Carlos León Utreras y ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la Facultad de Ciencias Técnicas, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo.

Ing. Verónica Grefa
DIRECTOR DE PROYECTO

MÁQUINA ESCARIADORA SEMIAUTOMÁTICA DE MANGUERAS HIDRÁULICAS

1. TEMA

“Diseño de una máquina escariadora semiautomática de mangueras hidráulicas para la empresa DIMASA S.A.”

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Diseñar una máquina escariadora semiautomática de mangueras hidráulicas para la empresa DIMASA S.A.

2.2. Objetivos específicos

- Investigar y documentar el funcionamiento de una máquina escariadora de mangueras hidráulicas.
- Diseñar la estructura e implementar el mecanismo de escariado de mangueras hidráulicas.
- Dimensionar y seleccionar los componentes y mecanismos de una máquina escariadora semiautomática.
- Implementar una HMI que permita seleccionar el tipo de escariado y tipo manguera.
- Implementar un sistema de seguridad que evite que el usuario entre en contacto con el sistema de corte.

3. PROBLEMA

Dentro de la empresa DIMASA S.A. los empleados realizan un pelado o escariado manual de las capas externas e internas de una manguera hidráulica con una herramienta sencilla de corte, lo cual no garantiza un buen acabado ni una buena práctica de ensamblaje.

Se plantea la solución mediante la construcción e implementación de una máquina que realice la operación de escariado de mangueras hidráulicas semiautomáticamente.

4. HIPÓTESIS

Se diseña una máquina semiautomática que posee un sistema de escariado externo e interno (corte superficial) de mangueras hidráulicas con diámetro de 3/16 a 2 pulgadas, que logra un acabado y una precisión de corte que cumpla con las normativas o indicaciones del fabricante de las mangueras.

La máquina posee un sistema de protección que impide que el operador esté en contacto con el sistema de escariado para evitar cualquier tipo de accidente.

5. ESTUDIO TEÓRICO PRELIMINAR DE COMPONENTES Y PROCESO DE ESCARIADO DE MANGUERAS HIDRÁULICAS

En esta sección se analizan los componentes principales de aspectos relacionados con el proceso de escariado de mangueras.

5.1. Manguera hidráulica

Una manguera es un tubo hueco diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro, éstas generalmente son cilíndricas y para unirlos se utilizan distintos tipos de racores o acoples. Las mangueras hidráulicas están diseñadas y construidas bajo normas de seguridad y cumpliendo ciertos requisitos como seguridad, flexibilidad, desempeño y resistencia [1].

5.1.1 Partes de una manguera hidráulica

Una manguera hidráulica está compuesta por el tubo, su refuerzo, las capas de separación y la cubierta externa. En la Figura 1 se pueden observar las siguientes partes de una manguera hidráulica común.

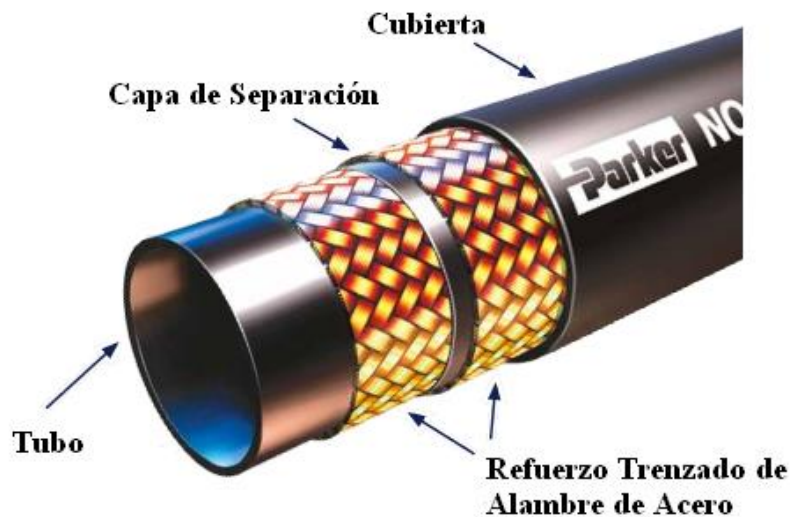


Figura 1. Partes de una manguera hidráulica común

Fuente: Catálogo Parker UK4400 [2]

El tubo es la capa interna y su material es un compuesto de caucho con propiedades físicas y químicas para ser resistente a largo plazo al fluido y a las condiciones de trabajo que lo rodean. El refuerzo generalmente es de una a tres capas de fibra textil trenzada o de alambre de acero de alta resistencia a la tracción. La cubierta es la capa que recubre el compuesto de caucho y funciona como una protección ante las condiciones ambientales y los daños mecánicos.

Dependiendo del nivel de presión las mangueras hidráulicas pueden ser clasificadas en 3 grupos:

- **Presión Baja o Transporte:** Usualmente tienen entre 1 y 2 capas de hilos textiles trenzados y una capa de refuerzo de alambre de acero.
- **Presión Media:** Son mangueras que comprenden entre 1 y 2 capas de refuerzo de alambre de acero.
- **Presión Alta:** Mangueras de 3 capas de trenzado de alambre de acero o mangueras con 4 o 6 capas de alambre de acero en espiral [2].

En la Figura 2 se pueden observar los distintos refuerzos que poseen las mangueras hidráulicas, donde se encuentran en el orden en que se nombran:

mangueras de presión baja (refuerzo trenzado), media (refuerzo espiral) y alta (refuerzo helicoidal).

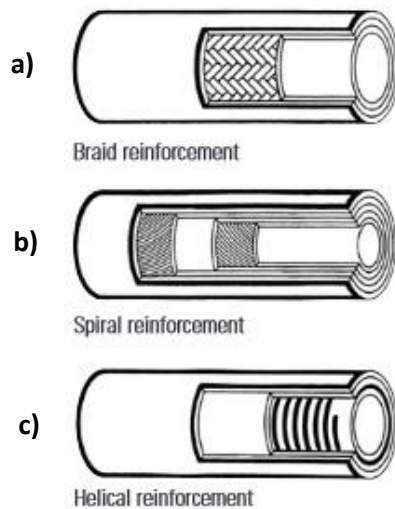


Figura 2. Refuerzos de las mangueras hidráulicas

a) Refuerzo trenzado, b) Refuerzo en espiral, c) Refuerzo helicoidal

Fuente: Industrial Hose Catalog [3]

5.2. Acoples hidráulicos

Los acoples hidráulicos son accesorios que permiten la conexión de una manguera hidráulica con otro acople. Generalmente están conformados por un cuerpo y una carcasa.

- El cuerpo del elemento del cual un extremo está acoplado a la contraparte de un componente hidráulico (extremo de terminación), mientras que el otro extremo se inserta en la manguera (denominado extremo de cola).
- La carcasa es la parte exterior del acople y proporciona una conexión mecánica del accesorio con la manguera. Para asegurar una fuerte sujeción del refuerzo de la manguera, las carcasas generalmente se engarzan en la manguera durante el montaje. [3]

Para asegurar la compatibilidad del acople con la contraparte, los diseños de los extremos están especificados por estándares internacionales UNE-EN ISO 4413:2011 [4]. En la Figura 3 se visualizan los distintos tipos de acoples hidráulicos comerciales, donde el cuerpo está representado por “A” y la carcasa por “B”.

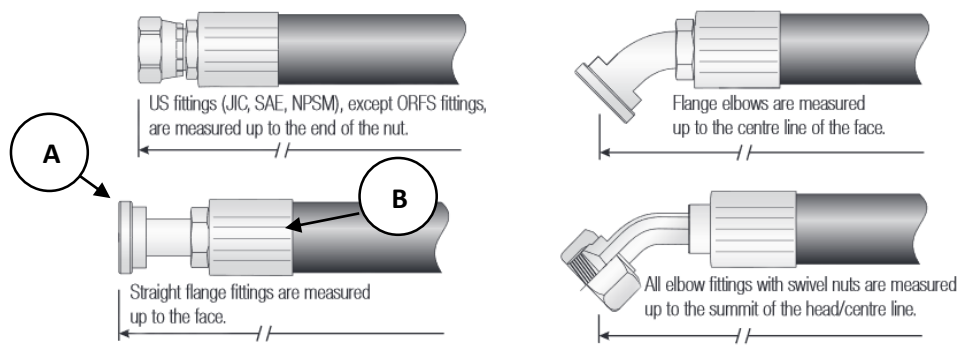


Figura 3. Acoples hidráulicos comunes

Fuente: Hydraulic Hoses Fittings and Equipment Catalogue UK4400 [5]

5.3. Ensamblaje de mangueras hidráulicas

Para ensamblar una manguera con un acople, se debe primero escariar un extremo de la manguera, y luego prensar el acople. Existen varias mangueras hidráulicas con tecnología que evita el escariado previo a la prensa. Las reglas generales, requerimientos, dimensiones y las buenas prácticas de ensamblaje de mangueras hidráulicas para sistemas y componentes de potencia hidráulica de fluidos están dados por la norma DIN 20066.

5.4. Proceso de escariado

El proceso de escariado se realiza con una herramienta denominada escariador o cuchilla, al que se le comunican dos movimientos, uno rotativo sobre su propio eje, y otro de desplazamiento rectilíneo a lo largo de dicho eje para el avance de la cuchilla a lo largo de la manguera.

Una máquina escariadora tiene un aparato de escariado para esquivar simultáneamente las superficies externas e internas de un extremo de una manguera reforzada. El aparato comprende una herramienta de corte de diámetro exterior, un mandril de separación interna y un soporte para sujetar la herramienta de corte de diámetro exterior y el mandril de separación interna en una relación sustancialmente perpendicular [2].

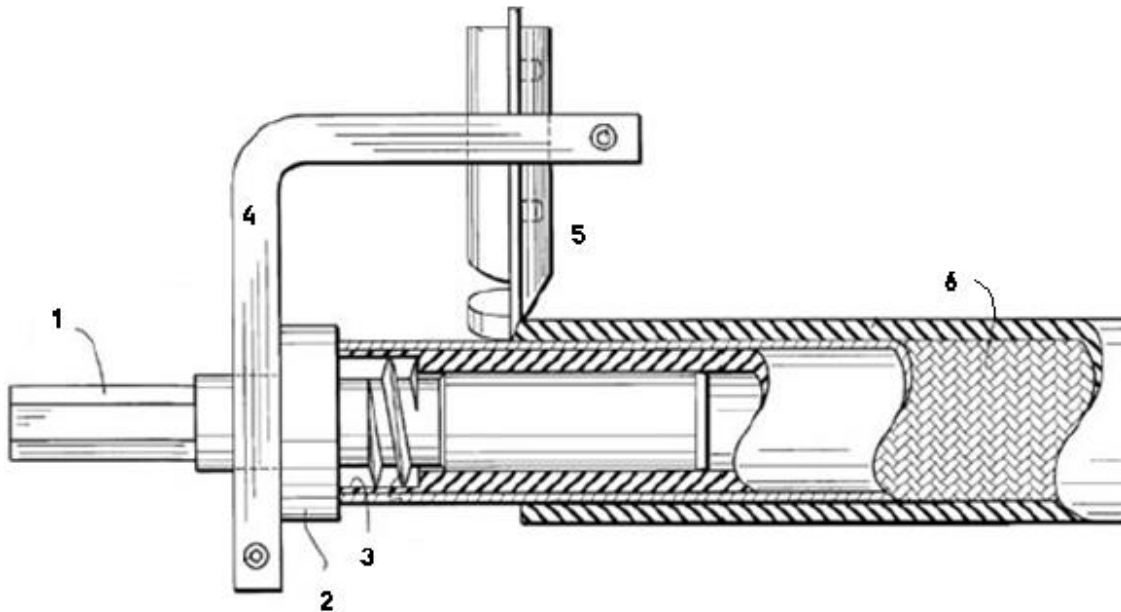


Figura 4. Método común de escariado externo e interno (vista lateral).

Fuente: Métodos de pelado de mangueras [2]

Donde

- 1 acople de conexión con eje del motor.
- 2 acople de conexión con mandril.
- 3 cuchilla escariado interno.
- 4 soporte de cuchilla escariado externo.
- 5 cuchilla de escariado externo.
- 6 manguera hidráulica.

El mandril interno tiene un eje roscado para recibir coaxialmente un extremo de la manguera, roscas de corte en espiral y un collar de tope. Para lograr el efecto de desvío simultáneo deseado, el mandril interno y la herramienta de corte de diámetro exterior tienen una dirección de corte coincidente. De este modo, cuando la manguera se alimenta sobre el mandril y se gira el aparato, se realiza el encofrado simultáneo de las superficies interior y exterior de la manguera [2].

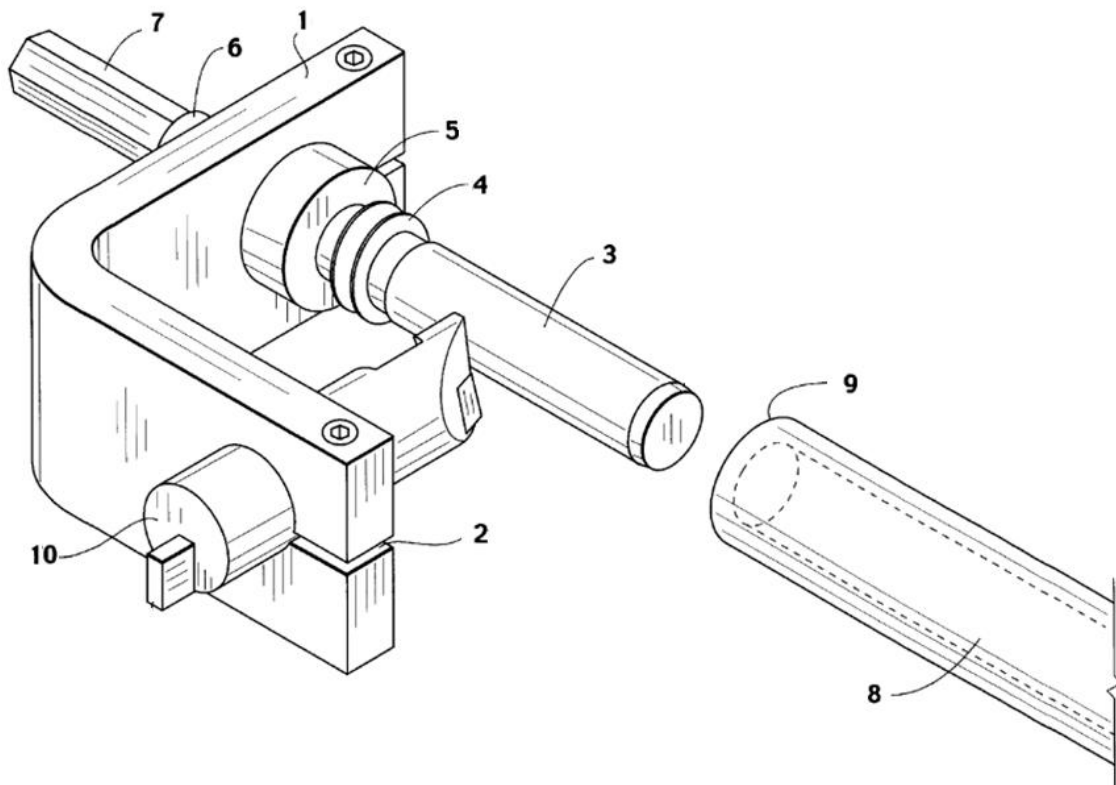


Figura 5. Método común de escariado externo (vista isométrica)

Fuente: Métodos de Pelado de Mangueras [2]

Donde

- 1 soporte de cuchilla escariado externo.
- 2 sujeción de la cuchilla de escariado.
- 3 mandril.
- 4 cuchilla escariado interno.
- 5 acople de conexión con mandril.
- 6 acople de conexión con eje.
- 7 eje hexagonal.
- 8 manguera hidráulica.
- 9 zona de trenzado.
- 10 cuchilla de escariado externo.

5.5. Máquinas escariadoras comerciales

Se analizan en la Tabla 1 los tipos de máquinas escariadoras industriales que existen en el mercado, con el fin de recopilar la información principal: como

las capacidades de escariado interno, externo, diámetros admitidos, tipo de manguera y características especiales que se ajusten a las necesidades de la empresa.

Tabla 1. Máquinas Escariadoras comunes en el mercado

TIPO DE MÁQUINA	MARCA	CAPACIDAD RANGO DE DIÁMETRO	PESO	POTENCIA TAMAÑO	IMAGEN
Escariadora sencilla de pedal [6]	MidiSkive 5-50B	EXTERNO: 3/16" a 2" INTERNO: 3/8" a 2" 125 rpm	35 kg	0,37 kW	
Escariadora semiautomática [7]	TwinSkive 5-50	EXTERNO: 3/16" a 2" INTERNO: 3/16" a 2" 400 rpm 315 rpm	150 kg	0,75 kW	
Máquina escariadora por rodillos [8]	UNIFLEX USM150	EXTERNO: 2" a 5" INTERNO: 2" a 5" 392 rpm	650 kg	4,5 kW	

Fuente: Hydroscand [6] [7], Uniflex [8]

La capacidad de la máquina escariadora se define analizando las necesidades de la empresa y las capacidades de corte interno y externo de las máquinas del mercado. Se ponen en comparación el funcionamiento y características de las escariadoras comerciales.

5.5.1 MidiSkive

MidiSkive 5-50B es una escariadora que es capaz de admitir mangueras de hasta 2 pulgadas, tiene un peso de 35 kg y funciona a 125 rpm, es muy ligera y su motor es de 0,37 kW. El accionamiento de la máquina se lo realiza a través de un pedal activado por el usuario. Posee una bandeja donde se recoge todo el desperdicio del caucho durante el corte y la caja reductora permite que la salida del motor sea de bajas revoluciones. El usuario de esta máquina debe realizar los siguientes pasos para escariar la manguera:

- Medir previamente la manguera hidráulica y señalar sobre el caucho hasta dónde se desea realizar el corte.
- Abrir la tapa de cubierta transparente.
- Cambiar el acople de escariado y cambiar el mandril.
- Cerrar la tapa e insertar la manguera hidráulica.
- Sujetar la manguera con ambas manos y accionar mediante el pedal para que el motor inicie.

El usuario debe empujar la manguera hasta que el escariado sea completado, guiándose en la marca realizada [6].

5.5.2 Twinskive 5-50

Esta máquina es semiautomática y controlada por PLC, tiene un peso de 150 kg. Posee un sistema de ajuste de la manguera mediante una serie de accesorios que aprehenden el caucho de la manguera ligeramente, de tal manera que este soporte funcione como guía. El usuario debe realizar los siguientes pasos para escariar:

- Medir previamente y realizar una marca sobre el caucho de la manguera hidráulica.
- Abrir la cubierta transparente.
- Cambiar el acople de escariado y cambiar el mandril.
- Cerrar la tapa e insertar la manguera hidráulica.
- Manualmente centrar la manguera con el sistema de ajuste que posee la máquina.

- Accionar el pedal y empujar la manguera hasta que esté escariada [7].

5.5.3 USM 150

Esta máquina en comparación a las demás es la más grande, y, por ende, aquella con capacidad de escariar mangueras de hasta 5 pulgadas. Pesa 650 kg y posee un soporte aparte para las herramientas de escariado. También dispone un sistema de ajuste mediante rodillos y a diferencia de las máquinas tradicionales en las que el usuario empuja manualmente la manguera, el avance se lo realiza mediante una manilla giratoria. Los pasos para escariar mangueras son los siguientes:

- El usuario mide la manguera y realiza una señalización, o incluso tiene en su disposición una regla a lo largo de la máquina.
- Abrir la puerta metálica.
- Cambiar el acople de escariado y cambiar el mandril.
- Cerrar la tapa e ingresar la manguera en la bandeja de alimentación.
- Ajustar manualmente a los costados de la manguera.
- Accionar el pedal y accionar la manivela para permitir el avance de la manguera hasta que se finalice el proceso de escariado [8].

Una vez realizada la investigación de las máquinas comerciales, se definen las especificaciones que la escariadora tendrá:

- Velocidad de 400 rpm.
- Escariado externo de mangueras hidráulicas de 3/16 a 5 pulgadas.
- Escariado interno de mangueras hidráulicas de 3/4 a 2 pulgadas.
- Avance automático de la manguera a la zona de escariado.

5.6. Estudio de la manguera hidráulica

Las marcas de mangueras que fueron escariadas por la empresa DIMASA S.A. varían entre Parker, Eaton Aeroquip y Weatherhead. Se registraron los diámetros (en pulgadas) de las mangueras hidráulicas escariadas diariamente, los datos fueron colocados en una hoja de datos, donde se anotaba la moda de cada día en el mes de Julio del 2019.

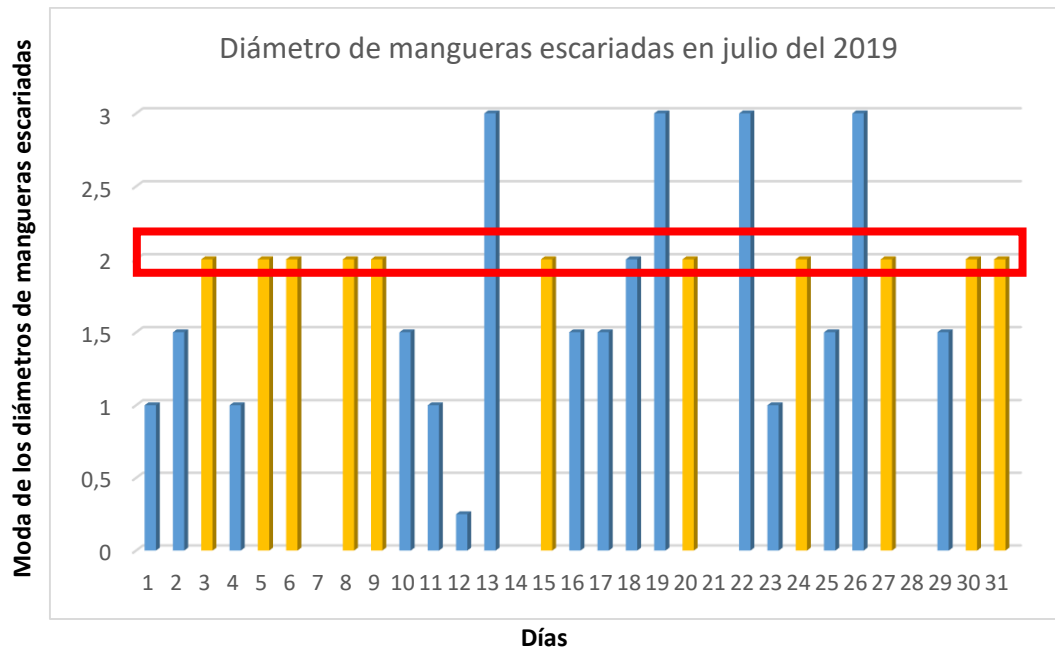


Figura 6. Diámetro de mangueras más escariadas en la empresa DIMASA S.A. en Julio del 2019

Fuente: DIMASA S.A.

Se puede visualizar en la Figura 6 que el diámetro de la manguera escariada más común es de 2 pulgadas. La capacidad máxima de escariado externo es de 5" mientras que el interno es de 2 pulgadas.

5.7. Herramientas de escariado

La máquina es capaz de escariar interna y externamente las mangueras hidráulicas según los requerimientos. Los distintos tipos de mangueras de la máquina escariadora se definen analizando las necesidades de la empresa y las capacidades de corte interno y externo de las máquinas del mercado. Las herramientas se adquieren de la empresa Hydrosand.

La herramienta consta de 4 partes principales como se observa en la Figura 7: El acople con el eje de la máquina, la porta cuchillas que es de acero SS 1914 con revestimiento de zinc, el mandril de ajuste para la manguera hidráulica que es de acero SS 1672 endurecido [6].

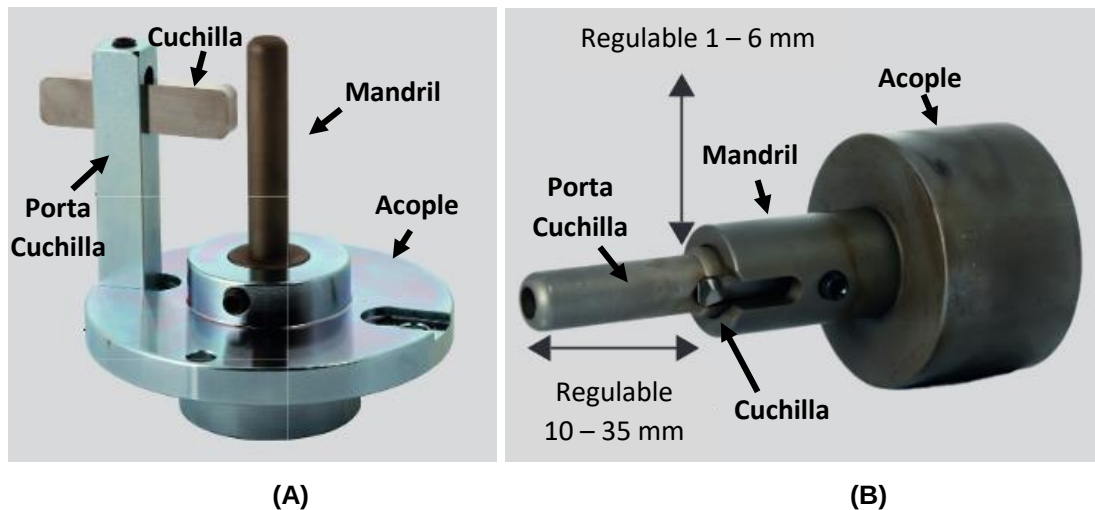


Figura 7. (A) Herramienta de escariado externo (B) Herramienta de escariado interno

Fuente: HYDROSCAND [4]

El conjunto de herramientas tiene un peso aproximado de 3 a 4,5 kg, dependiendo del mandril y el acople utilizado. En la Tabla 2 se observa las dimensiones de las mangueras hidráulicas comerciales que la máquina escariadora será capaz de escariar externamente.

Tabla 2. Diámetros de mangueras hidráulicas comerciales para escariado externo

ESCARIADO EXTERNO	
Pulgadas (in)	Milímetros (mm)
3/16"	4.7625 mm
1/4"	6.35 mm
5/16"	7.9375 mm
3/8"	9.525 mm
1/2"	12.7 mm
5/8"	15.875 mm
3/4"	19.05 mm
1"	25.4 mm
1 1/4"	31.75 mm
1 1/2"	38.1 mm
2"	50.8 mm
3"	76.2 mm
4"	101.6 mm
5"	127 mm

Fuente: Industrial Hose Catalog [3]

En la Tabla 3, se muestran las dimensiones de las mangueras hidráulicas comerciales que la máquina será capaz de escariar internamente.

Tabla 3. Diámetros de mangueras hidráulicas comerciales para escariado interno

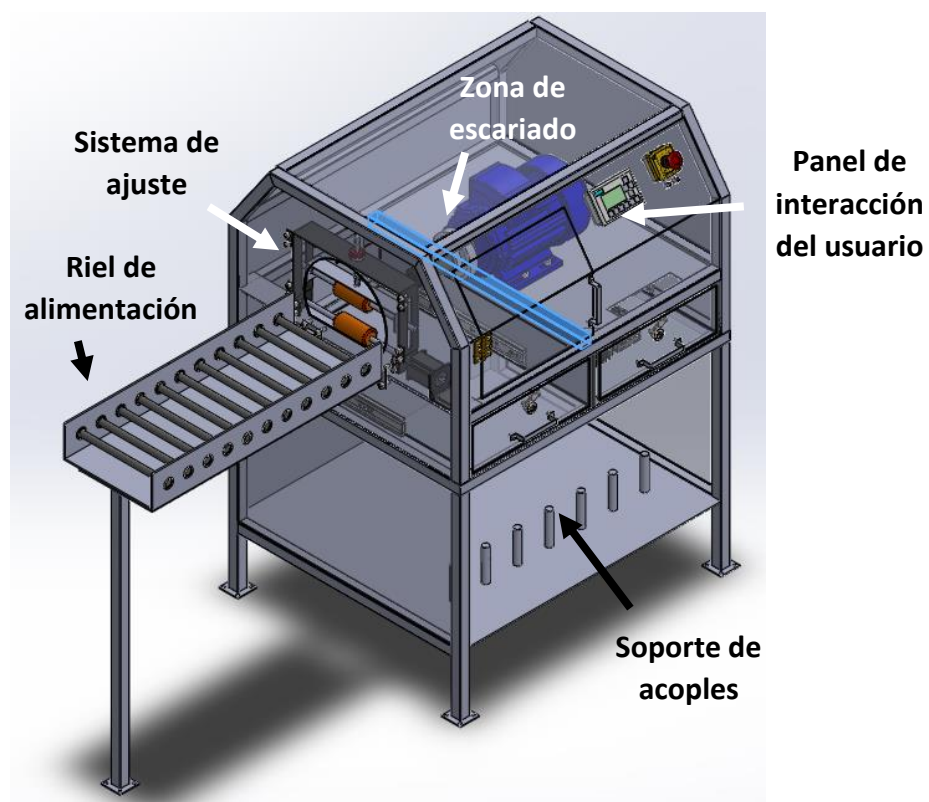
ESCARIADO INTERNO	
Pulgadas (in)	Milímetros (mm)
3/8"	9.525 mm
1/2"	12.7 mm
5/8"	15.875 mm
3/4"	19.05 mm
1"	25.4 mm
1 1/4"	31.75 mm
1 1/2"	38.1 mm
2"	50.8 mm

Fuente: Industrial Hose Catalog [3]

6. DISEÑO DE LA MÁQUINA ESCARIADORA

La máquina escariadora semiautomática tiene 4 partes principales, el riel de alimentación, el sistema de ajuste de la manguera hidráulica, la zona de escariado y el panel frontal de interacción con el usuario.

6.1. Bosquejo de la máquina

**Figura 8.** Estructura general de la máquina escariadora

Como se observa en la Figura 8, el riel de alimentación es la zona en la que se ingresa la manguera hidráulica, y mediante los rodillos y el motor de alimentación se permite el avance hacia la zona de escariado. Los rodillos están colocados a lo largo de una estructura en el eje horizontal con separación de 10 cm entre sí.

Consisten en tubos metálicos de 0,5 pulgadas con su respectivo par de rodamientos de bolas de contacto angular de la marca SKF modelo NKIB 5901 (12-24) que soportan cargas axiales en ambos sentidos [9]. El soporte del riel de la máquina escariadora fue adecuado para que coincida con las dimensiones de los rodamientos. Para una condición crítica de una manguera de 10 kg en la máquina, repartida uniformemente para el peso de los 12 rodillos, se obtiene una fuerza inferior a la capacidad de carga de los rodamientos seleccionados en (1). La capacidad de carga se puede observar en la Figura 9.

$$\frac{98 \text{ N}}{12 \text{ rodillos} * 2 \text{ rodamientos}} = 4,083 \text{ N} \quad (1)$$

Dimensiones principales				Capacidad de carga básica				Carga límite de fatiga		Velocidades nominales		Masa	Designación
d	D	B	C	radial dinámica C	estática C ₀	axial dinámica C	estática C ₀	radial P _u	axial P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm				kN				kN	kN	r. p. m.		kg	—
12	24	16	—	8,09	9,65	2,07	1,92	1,14	0,083	22 000	26 000	0,04	NKIA 5901
	24	17,5	16	8,09	9,65	2,07	1,92	1,14	0,083	22 000	26 000	0,043	NKIB 5901
15	28	18	—	11,2	15,3	2,27	2,37	1,83	0,099	19 000	22 000	0,05	NKIA 5902
	28	20	18	11,2	15,3	2,27	2,37	1,83	0,099	19 000	22 000	0,052	NKIB 5902
17	30	18	—	11,4	16,3	2,24	2,74	1,96	0,116	18 000	20 000	0,056	NKIA 5903
	30	20	18	11,4	16,3	2,24	2,74	1,96	0,116	18 000	20 000	0,058	NKIB 5903
20	37	23	—	21,6	28	3,79	4,21	3,35	0,176	15 000	17 000	0,1	NKIA 5904
	37	25	23	21,6	28	3,79	4,21	3,35	0,176	15 000	17 000	0,11	NKIB 5904

Figura 9. Rodamientos de bolas de contacto angular d12-55m SKG

Fuente: Catálogo SKG

La zona de escariado posee el motor para el proceso de escariado, la caja reductora, el acople del eje del motor, el mandril, el soporte de cuchillas y la cuchilla escariadora externa e interna.

El panel de interacción del usuario está compuesto por una interfaz humano-máquina, luces indicadoras, botón de paro de emergencia y una baliza. En esta sección se trata acerca de la estructura mecánica, el sistema de alimentación, el sistema de ajuste mediante rodillos, la selección de motores y de la caja reductora como se observa en la Figura 10.

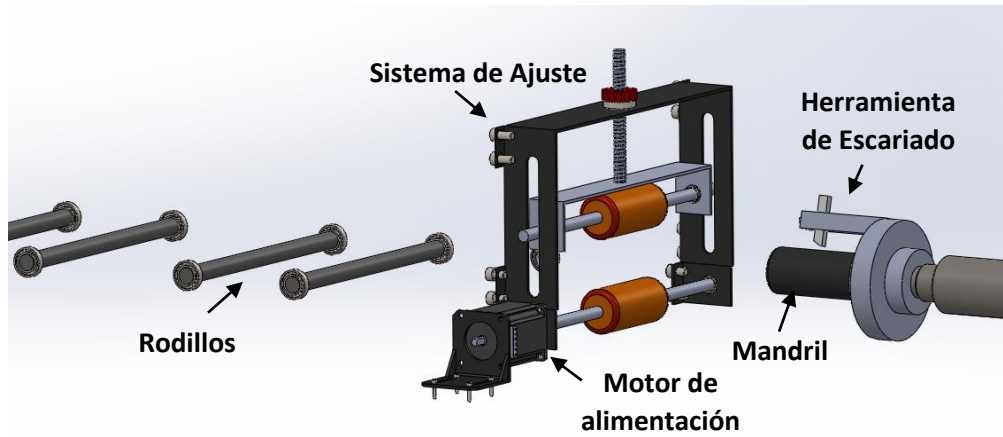


Figura 10. Partes principales de la máquina escariadora

A continuación, se presenta el dimensionamiento y selección de los componentes que intervienen en el proceso de escariado semiautomático.

6.2. Dimensiones de la máquina

Para el diseño de la estructura se analizó el área de trabajo y el lugar de instalación de la máquina. La máquina es diseñada para ser colocada en una base elevada del piso de la empresa, con una medida de 40 cm, por lo que se analizó la altura de la máquina escariadora con el fin de que el usuario tenga comodidad y pueda operar sin ninguna complicación. Por esta razón, el panel de control de la escariadora tiene un ángulo de inclinación con la horizontal de 145° . En la Figura 11 se observa cómo el operario accionaría la máquina escariadora a una altura de 1598 mm.

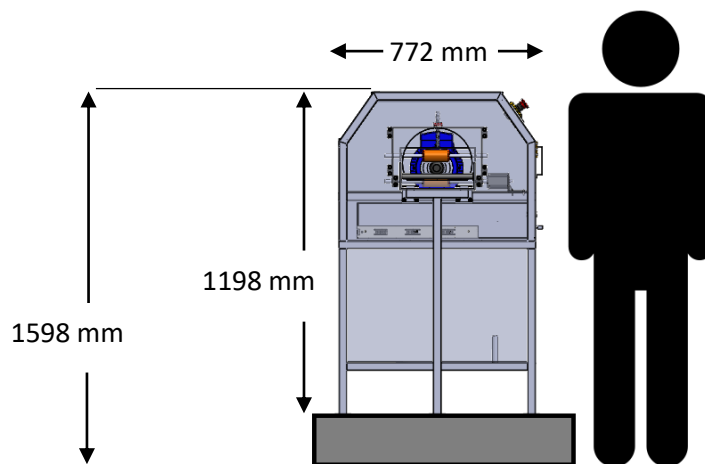


Figura 11. Vista frontal de la máquina

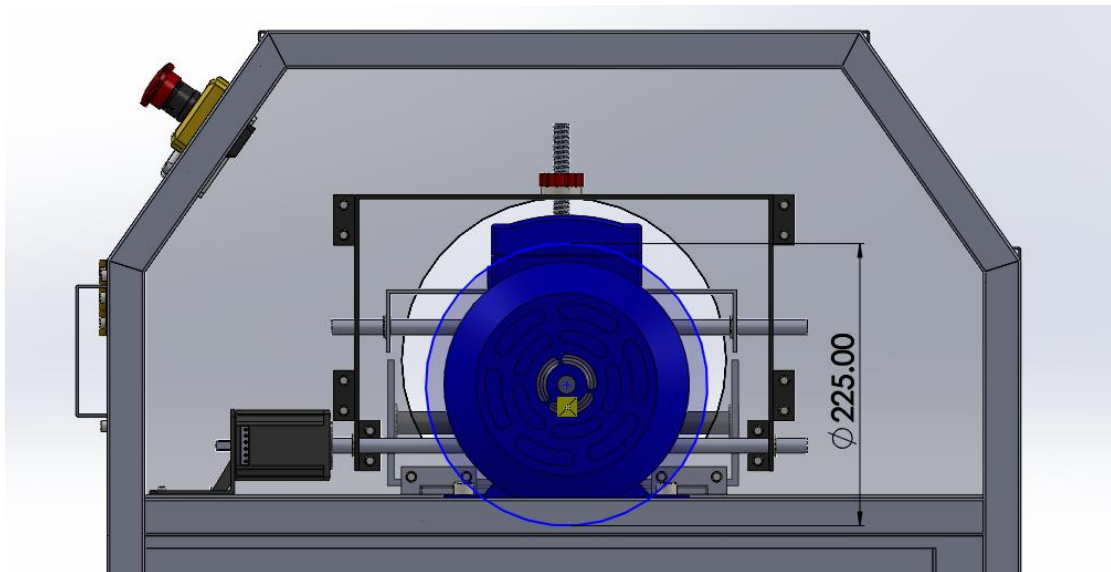


Figura 12. Vista posterior de la máquina escariadora

La manguera más grande que la máquina es capaz de escariar tiene la medida de 5 pulgadas, es decir, 127 mm. Considerando que la máquina pueda ser utilizada para otra función y que la herramienta de escariado externo por lo general es de un diámetro superior, para 7 pulgadas se designa un área de trabajo con un diámetro de 225 mm como se observa en la Figura 12.

Para que el motor de alimentación permita el transporte de la manguera hidráulica y, el ajuste del rodillo superior debe ser realizado manualmente, la apertura máxima del rodillo superior es de 127 mm, de acuerdo al diámetro máximo de manguera admitido por la máquina escariadora. En la Figura 13 se observa una vista posterior de la zona donde los rodillos hacen contacto con los extremos de la manguera.

La tuerca tipo “ala” está soldada a un rodamiento SKF modelo NKIA5904 (20-37) como se observa en la Figura 9, para evitar fricción entre la superficie del soporte. El mecanismo permite que el soporte del rodillo superior se desplace verticalmente hacia arriba o hacia abajo. Este proceso de ajuste es manual y es ejecutado por el usuario antes de iniciar el proceso de escariado.

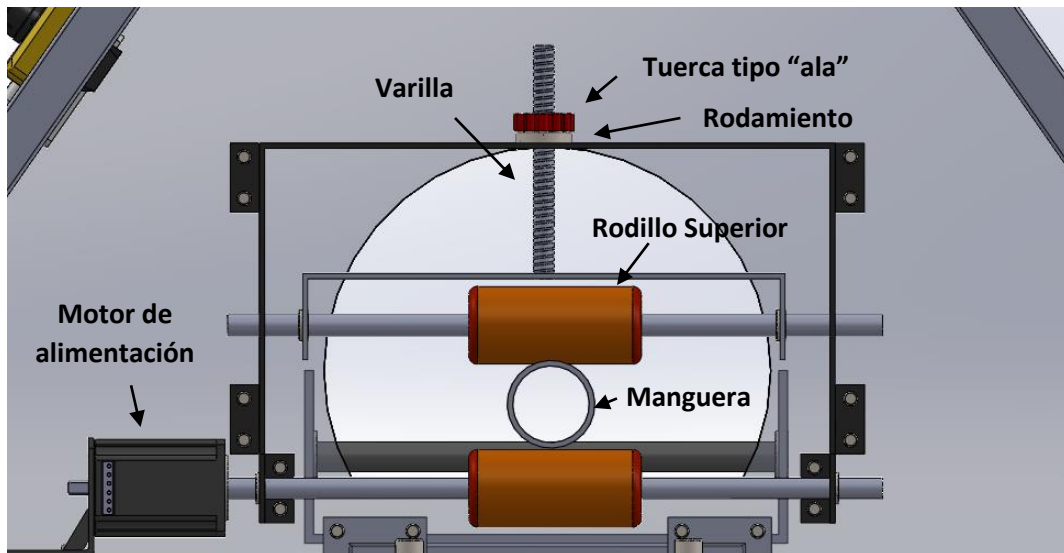


Figura 13. Vista Posterior del Sistema de Ajuste

6.3. Sistemas de corte

6.3.1 Cuchilla escariadora

Las cuchillas son herramientas de acero aleado con elementos ferrosos tales como tungsteno, cromo, vanadio, molibdeno y otros. Estos aceros adquieren alta dureza, resistencia al desgaste y una resistencia térmica hasta temperaturas de 650 °C. Durante el proceso de escariado la velocidad de corte es el factor que más significativamente afecta a la duración o vida de una herramienta. En la Figura 14 se observa a una cuchilla común.



Figura 14. Cuchilla Escariadora

Fuente: <http://adesferramentas.com.br>

Una relación empírica entre la duración de la herramienta y la velocidad de corte, es aquella dada por Taylor [10] como se observa en (2), obtenida como resultado de innumerables ensayos de desgaste realizados para una combinación dada de material a trabajar, material y geometría de la herramienta en una operación de mecanizado.

$$\frac{V_c}{V_r} = \left(\frac{t_r}{t} \right)^n \quad (2)$$

Donde

V_c	velocidad de corte, en m/s;
V_r	velocidad de referencia de corte, en m/s;
t_r	duración de la herramienta a velocidad de referencia, en s;
t	duración de la herramienta, en s;
n	constante;

Las herramientas de corte se montan de modo que el filo formado de la herramienta avance hacia la pieza de trabajo debajo del centro, cortando tangencialmente. La acción de corte está determinada por la combinación del ángulo de corte y el ángulo de avance como se observa en la Figura 15.

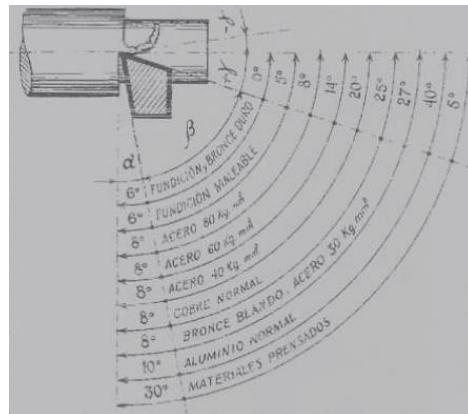


Figura 15. Ángulos de Corte

Fuente: El taller de torneado [11]

El ángulo de corte se puede variar hasta obtener la mejor acción de escariado posible. Un ángulo cercano a 90 grados tenderá a cortar con fuerza y desviar la pieza, causando errores dimensionales y malos acabados. Un ángulo demasiado pronunciado hace que el filo se desgaste prematuramente, afectando nuevamente los diámetros y el acabado, en la Tabla 4 se observa los ángulos de corte recomendados para el corte de distintos materiales.

Tabla 4. Ángulos de corte para distintos materiales

Herramienta de Corte (Acero Rápido)			Material
α	β	γ	
12	68	10	Caucho duro
12	48	30	Aluminio Puro

12	64	14	<i>Materiales Prensados Aislantes</i>
8	68	14	<i>Acero sin alear hasta 70 kg/mm</i>

Fuente: Alrededor de las máquinas herramientas [11]

Donde

α ángulo de incidencia;

β ángulo de corte;

γ ángulo de desprendimiento superior.

Aproximadamente un ángulo de corte de 20 grados y un ángulo de avance de 20 a 30 grados son puntos de partida típicos, pero gradualmente incrementando dicho ángulo puede producir resultados sorprendentemente diferentes en acabados, tolerancias, acción de corte y tiempos de ciclo [10].

Las herramientas de escariado reciben una fuerza de impacto al hacer contacto con el compuesto de caucho, por lo que se realiza el siguiente cálculo para verificar si las cuchillas están expuestas a un fuerte desgaste.

$$\alpha_c = \frac{W_f - W_o}{t} \quad (3)$$

$$\alpha_t = \alpha * r \quad (4)$$

$$F_{ct} = \alpha_t * m \quad (5)$$

Donde

α_c aceleración angular de la cuchilla de escariado, en rad/s²;

α_t aceleración tangencial de la cuchilla, en m/s²;

W_f velocidad angular final de la cuchilla, en rad/s;

W_o velocidad angular inicial de la cuchilla, en rad/s;

m masa giratoria de la cuchilla, en kg;

r radio de giro de la cuchilla, en m;

F_{ct} fuerza tangencial de la cuchilla, en N.

Se asumen los valores de una velocidad ideal del motor escariador de 400 rpm y el tiempo de aceleración que se demoraría la máquina en alcanzar la

velocidad final: 0,2 segundos. Existe una distancia de 17 cm entre el centro del acople escariador hasta el extremo. Se remplazan los datos en (3) y (4) y se obtiene la aceleración angular y tangencial de la herramienta de escariado, donde la velocidad angular final es de 41,888 rad/s.

$$\frac{400 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 41,888 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\alpha_c = \frac{41,888 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{0,2 \text{ s}} = 209,440 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$\alpha_t = 0,170 \text{ m} * 209,440 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} = 35,605 \text{ m/s}^2$$

Una vez obtenida la aceleración tangencial, se multiplica por los 200 gramos que corresponden a la masa giratoria de la cuchilla en (4) para encontrar la fuerza tangencial.

$$F_{Ct} = 35,605 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,2 \text{ kg}$$

$$F_{Ct} = 7,12 \text{ N}$$

Se concluye que la fuerza tangencial de la herramienta escariadora es mínima para una cuchilla HSS-Co de HR45-N según la norma DIN 4964, inclusive para las mangueras hidráulicas con compuestos de caucho reforzados para condiciones externas de abrasión.

6.4. Selección del mandril

El mandril es un accesorio en el que se insertan las mangueras hidráulicas y sirve como guía durante el proceso de escariado. Este elemento evita que el tubo se colapse o se doble. Se puede observar las distintas dimensiones de mandril para escariado externo en la Figura 16.



Figura 16. Mandril de escariado externo

Fuente: Hydros cand [7]

El accesorio del mandril seleccionado es la serie de mandriles externos e internos de Hydrosand, para que se acople a la herramienta recomendado por el fabricante. Después de que el proceso de escariado finaliza, se extrae la manguera del mandril automáticamente mediante un accionamiento inverso del motor NEMA. En la Tabla 5 y 6 se observan la longitud del mandril en mm, para los diámetros disponibles en pulgadas de las mangueras hidráulicas comerciales.

Tabla 5. Longitud del mandril de escariado externo

Pulgadas (in)	Milímetros (mm)
3/16"	23 – 37 mm
1/4"	23 – 37 mm
5/16"	23 – 40 mm
3/8"	23 – 46 mm
1/2"	23 – 46 mm
5/8"	23 – 65 mm
3/4"	23 – 65 mm
1"	40 – 75 mm
1 1/4"	45 – 85 mm
1 1/2"	45 – 85 mm
2"	45 – 85 mm
3"	45 – 85 mm
4"	90 – 130 mm
5"	90 – 130 mm

Fuente: Hydrosand External Skiving Tool [7]

Tabla 6. Longitud del mandril de escariado interno

ESCARIADO INTERNO	
Pulgadas (in)	Milímetros (mm)
3/8"	5 mm
1/2"	6 mm
5/8"	8 mm
3/4"	8 mm
1"	10 mm
1 1/4"	10 mm
1 1/2"	10 - 35 mm
2"	10 - 35 mm

Fuente: Hydrosand Internal Skiving Tool [7]

Previo al proceso de escariado, es necesario cambiar el accesorio del mandril a aquel que corresponda para el diámetro de la manguera.

6.5. Selección de elementos del proceso de escariado

Para realizar el sistema de ajuste se debe seleccionar un motor para la alimentación del producto, un motor para el proceso de escariado y una caja reductora.

6.5.1 Selección del motor

Para la selección del motor, el factor crucial a tomar en consideración es el torque, el cual debe ser superior a la fuerza de fricción entre el rodillo y el peso de la manguera. Tomando en cuenta como caso crítico a un aproximado de 10 kg como la manguera más pesada.

$$\tau = Fr * d \quad (6)$$

$$Fr = N * \mu \quad (7)$$

Donde

Fr	fuerza de fricción, en N;
N	fuerza normal, en N;
d	distancia de recorrido del rodillo, en m;
τ	torque del motor, en Nm;
μ	coeficiente de fricción.

Se remplaza con el peso de la condición crítica en la máquina escariadora; una manguera de 10 kg.

$$N = 10 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2 = 98 \text{ N}$$

Como la manguera se encuentra en una superficie con rodillos, el peso se distribuye uniformemente entre los 12 rodillos, es decir, que el peso que soporta el rodillo inferior es de 8,167 N.

$$\frac{98 \text{ N}}{12} = 8,167 \text{ N}$$

Se remplazan con los datos calculados, tomando en consideración que el coeficiente de fricción de los plásticos es de 0,6 mientras que la distancia de recorrido del rodillo es de 10 cm. Se sustituye la fuerza de rozamiento de (7) en (6) y se remplaza con los valores:

$$\tau = (8,167 \text{ N} * 0,6) * 0,1 \text{ m}$$

$$\tau = 0,49 \text{ Nm} < 1,85 \text{ Nm}$$

Se considera adecuado debido a que el torque requerido es inferior al torque que el NEMA 23 posee. En la Figura 17 se observa al motor y en la Tabla 6, se presentan sus especificaciones técnicas:

Tabla 7. Propiedades del motor NEMA 23

Tipo	NEMA 23
Ángulo de Paso	1,8 grados
Corriente	2,8 A
Voltaje	12 V
Dimensiones	56 x 56 x 100 mm
Peso	2 Kg
Torque	1,85 Nm

Fuente: Características del motor NEMA 23 [12]

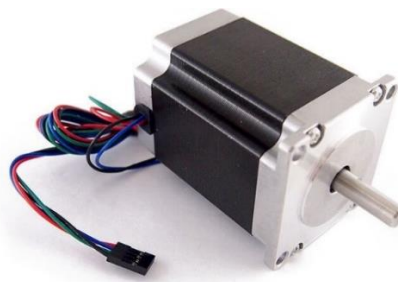


Figura 17. Motor NEMA 23

Fuente: Continental Electronics [12]

El motor NEMA 23 se encuentra acoplado a un eje de 12,5 mm. Se calcula el avance en mm por paso en (8).

$$\left(\frac{D}{Pasos} \right) = A \quad (8)$$

Donde

D distancia total en una revolución del eje, en mm;

Pasos pasos por vuelta del motor;
A avance lineal por paso, en mm.

$$D = 12,5 \text{ mm}$$

$$\frac{360 \text{ grados}}{1,8 \text{ grado/paso}} = 200 \text{ pasos}$$

$$\frac{12,5 \text{ mm}}{200 \text{ pasos}} = 0,0625 \text{ mm/paso}$$

Si cada paso del motor el avance lineal de la manguera hidráulica es de 0,0625 mm por paso, entonces se calcula cuántos pasos debe realizar el motor para que la manguera avance 1 mm.

$$\frac{1 \text{ mm}}{0,0625 \text{ mm/paso}} = 16 \text{ pasos}$$

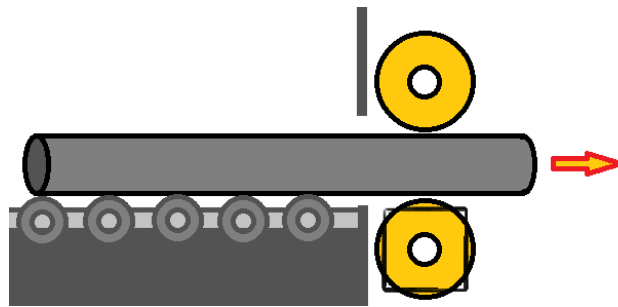


Figura 18. Representación gráfica de la alimentación de la manguera

6.5.2 Selección del motor para el proceso de escariado

Se observa en la investigación previa de las máquinas comerciales que las velocidades de trabajo se encuentran desde 100 hasta 600 rpm, por tal motivo, se considera la velocidad más alta como condición crítica.

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (9)$$

Donde

ω velocidad angular de la herramienta de escariado, en rad/s;
 θ aceleración angular de la herramienta de escariado, en rad/s²;
 t tiempo de estabilización, en s.

Despejando la velocidad angular, asumiendo una velocidad de 600 rpm y asignando un tiempo de estabilización de 1 segundo en (9), se obtiene:

$$\frac{600 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\theta = \frac{62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

El torque de la herramienta está dado por (10)

$$\tau_H = \alpha * I_T \quad (10)$$

Donde

τ_H torque, en Nm;

α aceleración angular, en rad/s²;

I_T inercia total, en kgm².

Remplazando con los datos en (11), y con el valor de la inercia total del acople escariador mediante el software SolidWorks, se obtiene:

$$\tau_H = 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} * 0,0715 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 = 4,49 \text{ Nm}$$

$$P_H = w * \tau \quad (11)$$

Donde

P_H Potencia requerida para mover la herramienta, en W;

$$P_H = 4,49 \text{ Nm} * 62,832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_H = 282,116 \text{ W}$$

Para seleccionar el motor se toma en consideración los siguientes parámetros de escariado, donde la velocidad seleccionada se encuentra en un punto medio de los rangos de máquinas de escariado comerciales de acuerdo a la Tabla 1, mientras que la potencia del motor de 0,75 kW cubre el doble de la potencia requerida:

- Velocidad de corte de 400 rpm.

- Motor de 0,75 kW.

Para las bajas revoluciones se requiere seleccionar una caja reductora de la misma marca mientras que un motor de 0,75 kW con torque nominal de 5,03 Nm cumple los requerimientos. Se puede observar al motor en la Figura 19.



Figura 19. Motor WEG W22

Fuente: WEG [14]

El motor eléctrico seleccionado es el Motor WEG W22 IE1 de 1435 rpm y 0,75 kW con alimentación 220/380 V, es decir, que la tensión nominal de las bobinas es de 220 V. Se debe conectar el motor en arranque normal, puesto que la carga de la herramienta es baja y el motor tiene una potencia de 0,75 kW. En la Tabla 7 se pueden visualizar las principales características del motor WEG y en el Anexo A.3 se encuentra la hoja de datos.

Tabla 8. Características del Motor

Características Motor WEG W22	
Potencia	0,75 kW
Numero de polos	4
Frecuencia	60 Hz
Rotación nominal	1435 rpm
Tensión nominal	220/380 V
Corriente de arranque	16,3/9,46 A
I_p/I_n	4,9
Corriente en vacío	2,33/1,35 A
Torque nominal	0,513 kgfm

Fuente: Catálogo WEG [14]

En la Figura 20 se visualiza la curva de desempeño en carga del motor [13].

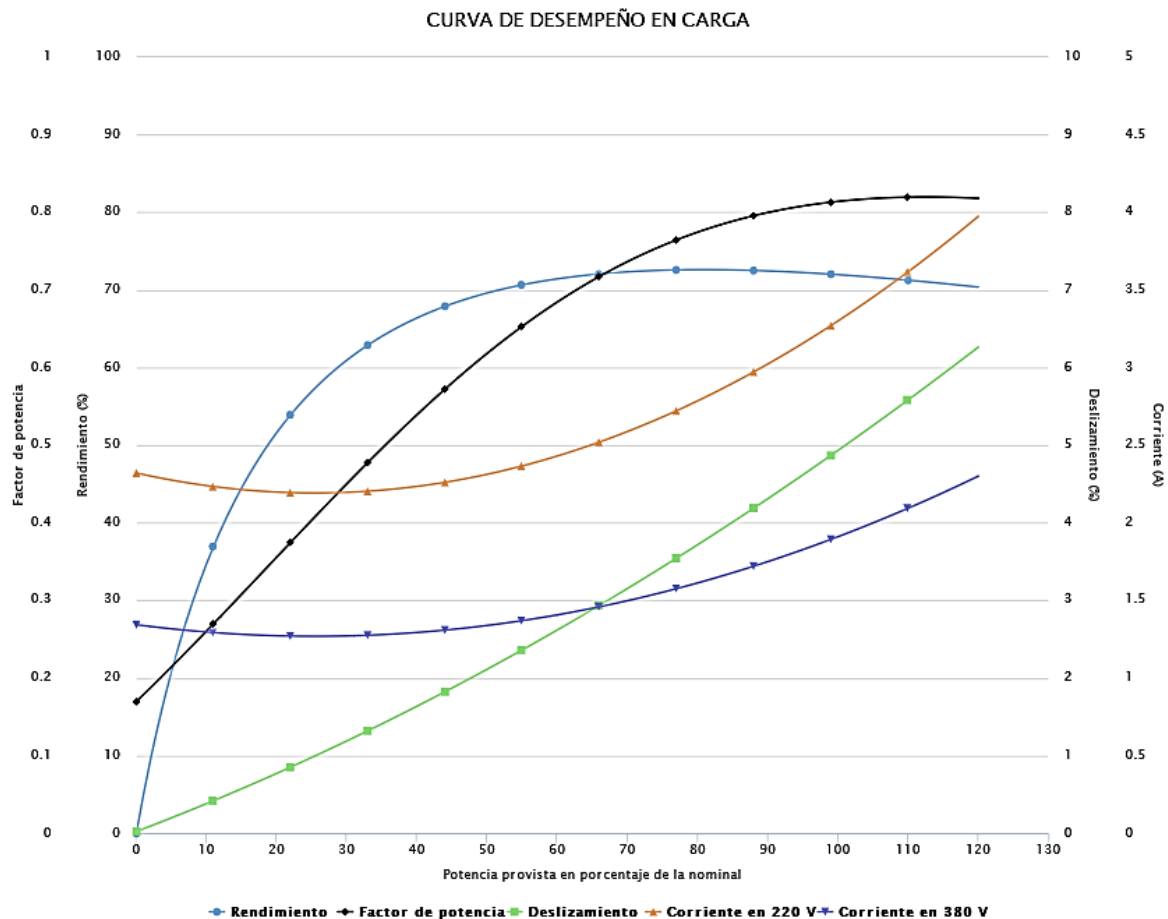


Figura 20. Curva de Desempeño en Carga del motor WEG

Fuente: WEG MOTOR W22 [14]

6.5.3 Selección de la caja reductora

Se selecciona una caja reductora para motores con potencia nominal de 0,75 Kw de la marca WEG que se presenta en la Figura 21, debido a la compatibilidad entre el eje de la caja con el motor del fabricante.

$$P_N = 0,75 \text{ kW}$$

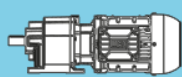
60 Hz n_2	M_2	$n_1 = 1450$ fs	Fr	i_{ex}			
rpm	Nm		kN			kg	Página com dimensões
414,87	17	3,82	2,1	4,22	C01213	14,8	C 58
312,37	23	2,87	2,1	5,60	C01215	14,8	
237,65	30	2,82	2,3	7,36	C01217	14,8	
212,96	34	2,53	2,4	8,22	C01218	14,8	
182,22	39	1,68	2,5	9,60	C01219	14,8	
174,37	41	2,07	2,5	10,04	C01220	14,8	
156,25	46	1,85	2,6	11,20	C01221	14,8	

Figura 21. Caja reductora WEG para motores de 0,75kW

Fuente: Catálogo WEG [15]

Las especificaciones de la caja reductora marca WEG modelo C1213 se detallan en el Anexo A.4. La caja reductora entrega en la salida 415 rpm, un torque efectivo de 17 Nm de salida, un factor de servicio de 2 y una fuerza radial admisible de 2,1 kN [14].

6.6. Dimensionamiento mecánico

6.6.1 Dimensionamiento de la estructura mecánica

Se realiza un análisis en la Tabla 8 del peso aproximado que la máquina escariadora debe soportar.

Tabla 9. Cargas aproximadas de los elementos sobre la estructura

Cargas en la Estructura		
Elemento	Masa (kg)	Peso (N)
Motor 0,75 kW	20	196,20
Caja Reductora	14	137,34
Nema 23	2	19,62
Acople (Máximo)	4	39,24
Manguera	10	98,10
Persona	70	686,10
Elementos Electrónicos	5	49,05
Total	125	1226,25

6.6.1.1. Diseño y cálculo de la viga principal de la estructura

En esta sección se selecciona el tipo de perfil adecuado para la bancada que soporta el peso de los elementos de la máquina escariadora. Se determina la fuerza total aproximada en (12), descartando a aquellos elementos que la viga principal no soporta.

$$F_T = W_M + W_{GB} + W_T \quad (12)$$

Donde

F_T fuerza total sobre la viga principal, en N;

W_M peso del motor de escariado, en N;

W_{GB} peso de la caja reductora, en N;

W_T peso de las herramientas (acople, mandril y cuchilla), en N.

Remplazando los valores en (12):

$$F_T = (196,2 \text{ N} + 137,34 \text{ N} + 39,24 \text{ N})$$

$$F_T = 372,44 \text{ N}$$

Se aproxima una carga distribuida de 0,372 kN en la viga principal de la máquina que tiene una longitud de 670 mm, en la Figura 22 se observa el diagrama de cuerpo libre de la viga con una carga distribuida a lo largo de la misma.

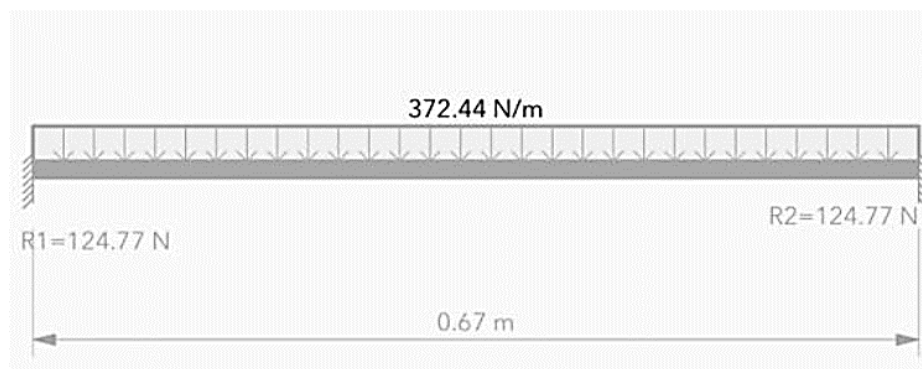


Figura 22. Diagrama de cuerpo libre de la viga principal

Para validar la rigidez del perfil estructural para la máquina, se realiza una comparación entre la inercia proporcionada por el fabricante con la calculada mediante el método de la doble integración, para el análisis de la rigidez de la viga [16].

$$E * I * Y = \int (\int M(x)) \quad (13)$$

Donde

E módulo de elasticidad, en GPa;

I inercia del perfil, en cm^4 ;

Y deflexión máxima, en Nm;

$M(x)$ sumatoria de momentos, en N/m.

Con la sumatoria de momentos se obtiene (14):

$$M(x) = (R_A * x) - \left(\frac{W * x^2}{2} \right) - (M_A * x^0)$$

$$E * I * \frac{d^2y}{dx} = -M_A + R_A * x - \frac{W(x-l)^2}{2} \quad (14)$$

Se integra en (15).

$$\int E * I * \frac{d^2y}{dx} = \int -M_A + R_A * x - \frac{W(x-l)^2}{2} \quad (15)$$

Se encuentra la ecuación de la pendiente en (16):

$$E * I * \frac{dy}{dx} = -M_A * x + \frac{R_A * x^2}{2} - \frac{W(x-l)^3}{6} + C_1 \quad (16)$$

Donde

W carga distribuida total, en N/m;

R_A reacción en el punto A, en N;

M_A momento en el punto A, en Nm;

x longitud de la viga, en m;

C_1 constante.

Se integra nuevamente para obtener la ecuación que permite el cálculo de la deflexión máxima, denominada también como la ecuación de la elástica en (17).

$$\int E * I * \frac{dy}{dx} = \int -M_A * x + \frac{R_A * x^2}{2} - \frac{W(x-l)^3}{6} + C_1$$

$$E * I * Y = -\frac{M_A * x^2}{2} + \frac{R_A * x^3}{6} - \frac{W(x-l)^4}{24} + C_1 * x + C_2 \quad (17)$$

Se utiliza la ecuación de la pendiente (14) para determinar el momento en el punto medio de la viga, donde se produce el momento máximo. Para solucionar el sistema, se resuelve utilizando la segunda condición de frontera, donde:

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = 0$$

$$Y = 0$$

$$l = \frac{x}{2}$$

Para obtener R_A se rempazan los valores en (18).

$$0 = R_A * \frac{l^2}{2} - \frac{W * l^3}{3} - M_A * l + C_1$$

$$R_A = \frac{W * l^2 + 6 * M_A}{3 * l} \quad (18)$$

Para conocer el valor de la reacción en el punto A, se utiliza la fórmula para la viga simétrica empotrada en sus dos extremos (A y B) [17].

$$R_A = \frac{F_T * x}{2} \quad (19)$$

Remplazando los valores se obtiene:

$$R_A = \frac{372,44 \text{ N/m} * 0,67 \text{ m}}{2}$$

$$R_A = 124,77 \text{ N}$$

Se rempaza en la ecuación de la pendiente, donde l representa la distancia entre el punto medio de la viga a cualquier extremo y se obtiene:

$$M_A * x = +M_A * x^2 - \frac{F_T(x - l)^3}{6}$$

Igualando (18) con (17) se obtiene la fórmula del momento en el punto A:

$$M_A = \frac{(R_A * x)}{2} - \frac{(F_T * x)}{8} \quad (20)$$

Remplazando los valores en (18) se obtiene el momento en el punto A:

$$M_A = \frac{(124,77 \text{ N} * 0,67 \text{ m})}{2} - \frac{(372,44 \text{ N} * 0,67 \text{ m})}{8}$$

$$M_A = 10,6 \text{ Nm}$$

En la Figura 23 se observa el diagrama de cuerpo libre de la viga principal con sus reacciones y momentos. Las gráficas fueron realizadas mediante la aplicación de análisis de vigas A-BEAM [18].

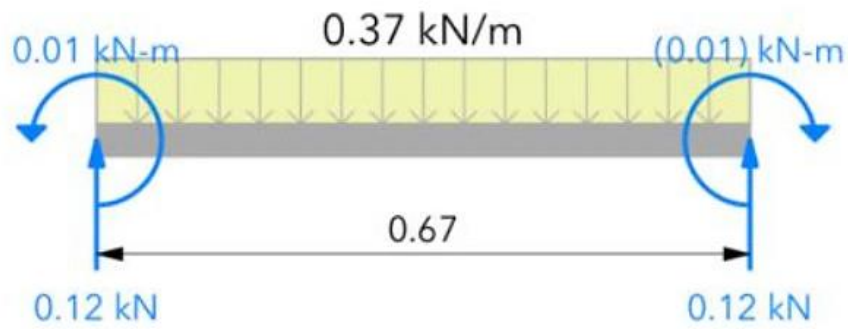


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre con valores de reacciones y momentos

Se obtiene el diagrama de cortantes y el diagrama de momentos en la Figura 24 y en la Figura 25.

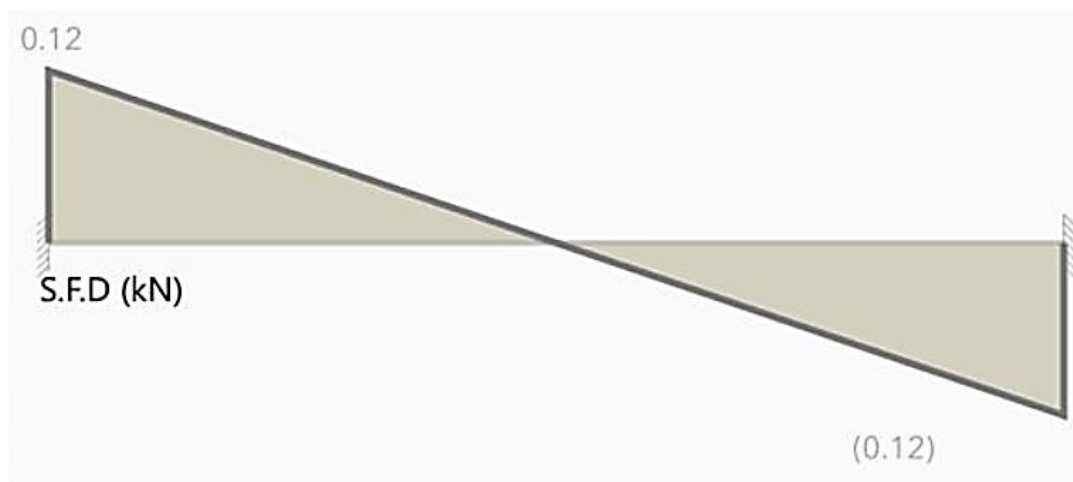


Figura 24. Diagrama de cortantes en el plano YZ

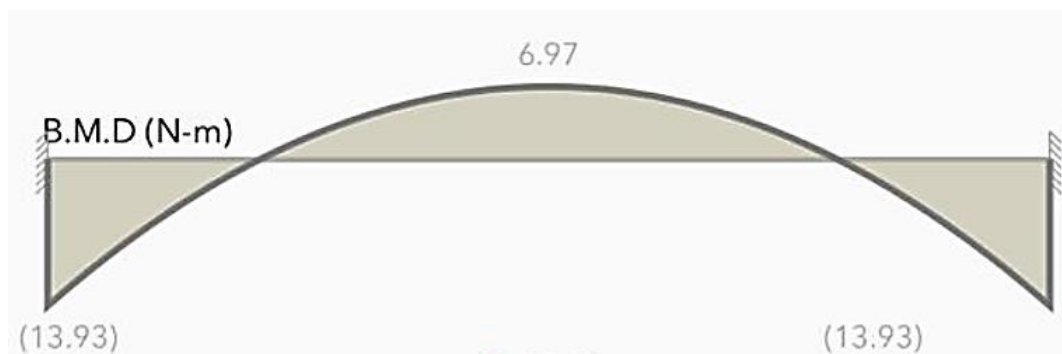


Figura 25. Diagrama de momentos en el plano YZ

En la Figura 26 se visualiza el diagrama de deflexión.

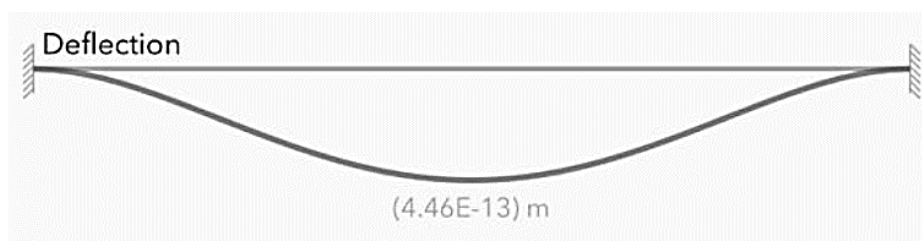


Figura 26. Diagrama de deflexión plano YZ

Finalmente, se rempazan los valores de las reacciones en (21) y se obtiene:

$$E * I * Y = -\frac{10,605 \text{ N} * (0,335 \text{ m})^2}{2} + \frac{124,77 \text{ Nm} * (0,335 \text{ m})^3}{6}$$

$$I = \frac{0,1867 \text{ Nm}^3}{E * Y} \quad (21)$$

Según R. Mott [15], la rigidez de una máquina es crucial para garantizar un desempeño óptimo de los elementos en la bancada. Por esto, se recomiendan los siguientes valores dependiendo de la precisión.

$$\begin{aligned} \text{Parte General} \quad \frac{Y_{MAX}}{x} &= 0,0005 \text{ hasta } 0,003 \text{ pulgadas} \\ \text{Precisión Moderada} \quad \frac{Y_{MAX}}{x} &= 0,00001 \text{ hasta } 0,0005 \text{ pulgadas} \\ \text{Precisión Alta} \quad \frac{Y_{MAX}}{x} &= 0,000001 \text{ hasta } 0,00001 \text{ pulgadas} \end{aligned}$$

La deflexión máxima Y_{MAX} se obtiene de los valores numéricos recomendados para máquinas en (22):

$$\frac{x}{300} > Y > \frac{x}{2000} \quad (22)$$

Donde x representa la longitud de la viga, que es 670 mm.

$$2,23 \text{ mm} > Y > 0,335 \text{ mm}$$

Considerando un factor de carga de 2 se calculan nuevamente las reacciones, los momentos y las inercias del sistema:

$$\begin{aligned} R_A &= 249,54 \text{ N} \\ M_A &= 21,21 \text{ Nm} \\ I &= -\frac{0,3734 \text{ Nm}^3}{E * Y} \end{aligned}$$

Se reemplaza en (19) la deflexión máxima y el módulo de Young para acero negro (200 GPa) según la norma ASTM A-500 [18], y se obtiene la siguiente inercia calculada.

$$I = \frac{-0,3734 \text{ Nm}^3}{200 \text{ GPa} * (-0,335 \text{ m})}$$

$$I = 5,57 * 10^{-9} \text{ m}^4 = 0,557 \text{ cm}^4$$

De acuerdo a la Figura 27 se observa la inercia del fabricante detallada en el Anexo A.8 y se compara con la previamente calculada.

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,08	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97

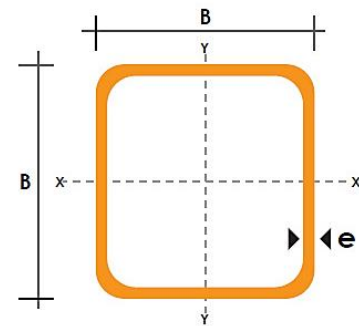


Figura 27. Extracto del catálogo de tubería estructural cuadrada de DIPAC

Fuente: DIPAC Catálogo de Acero [19]

Se elige un perfil de tubo estructural cuadrado con dimensiones de 30 x 30 mm con 1,5 mm de espesor, puesto que la inercia del fabricante es superior a la inercia calculada.

$$I_{FABRICANTE} > I_{CALCULADA}$$

$$2,19 \text{ cm}^4 > 0,557 \text{ cm}^4$$

6.7. DISEÑO ELECTRÓNICO

Previo al diseño electrónico se debe considerar los pasos necesarios para que el usuario utilice la máquina semiautomática adecuadamente.

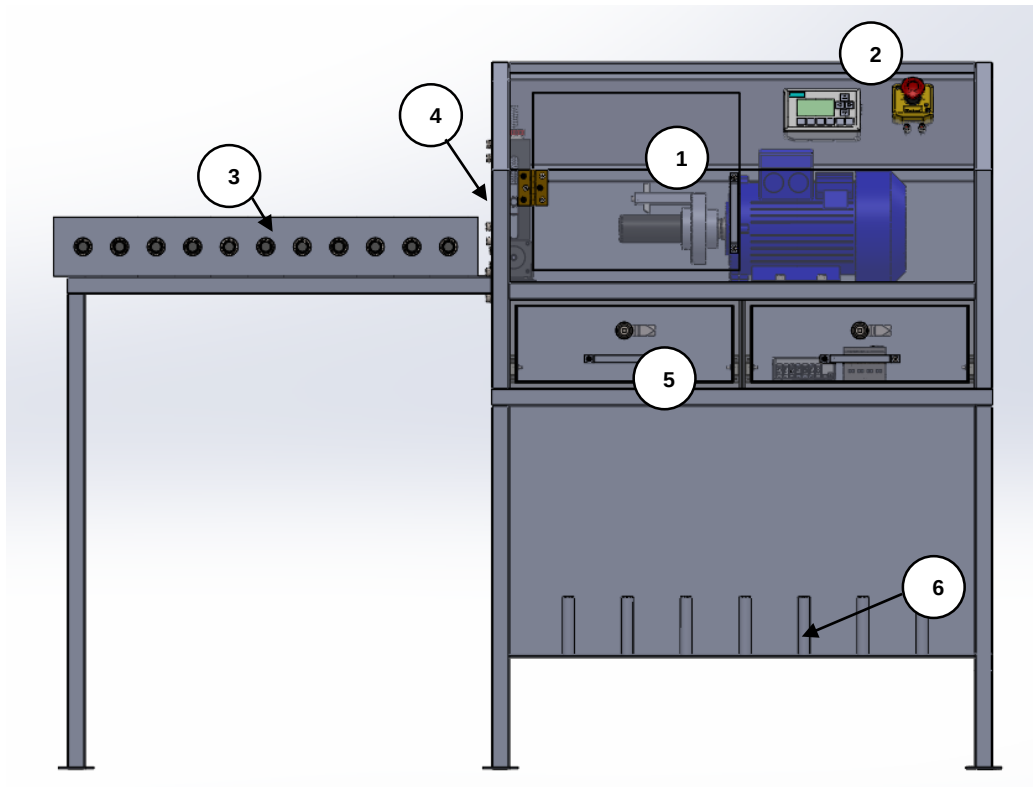


Figura 28. Zonas de interacción de la Máquina Escariadora

El usuario de la máquina escariadora debe seguir los siguientes pasos, como se puede observar en la Figura 28, donde se encuentran las zonas de interacción:

- Debe encender la máquina y abrir la puerta para acceder a las herramientas de escariado (1).
- Si es necesario, debe cambiar en la zona (6) las herramientas de corte con su respectivo mandril, dependiendo de la manguera a escariar.
- El usuario debe sujetar la manguera e ingresarla por la base de rodillos en la zona (3) donde será empujada la manguera hasta que sobrepase el último rodillo del sistema de ajuste.
- El usuario debe ajustar manualmente el rodillo superior a través de una tuerca tipo “ala” que permite que una varilla desplace verticalmente al rodillo y ajuste la manguera en la zona (4).
- Una vez ajustado, el usuario debe colocar el extremo de la manguera al mandril manualmente y cerrar la puerta de la máquina.
- El usuario debe seleccionar el avance del escariado de la manguera en el HMI y revisar que todo esté correcto en la zona (2).

- Una vez que la máquina enciende el motor de escariado, inicia el proceso de escariado y acaba cuando se hayan completado los parámetros.
- Para finalizar, el usuario debe abrir la tapa de la máquina en la zona (1), desajustar manualmente el rodillo superior y desajustar la manguera del mandril en la zona (4).
- La manguera escariada puede ser retirada del sistema de alimentación en la zona (2).
- En la zona (5) se abre el cajón y donde se encuentran los residuos de caucho escariado.

Se añaden protecciones necesarias para el motor de escariado, como se observa en el esquema unifilar de la Figura 29. La selección de los elementos de protección se detalla en esta sección.

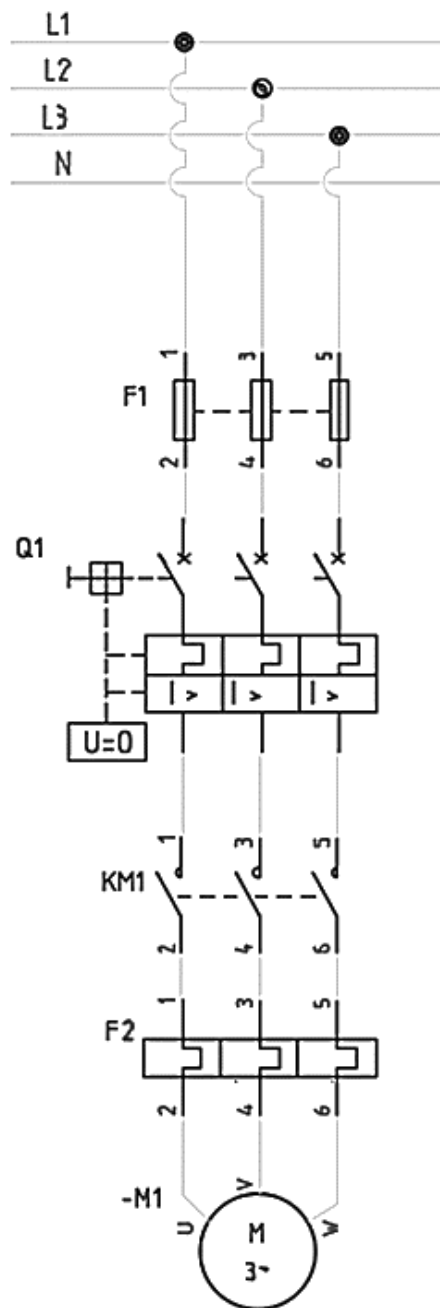


Figura 29. Esquema unifilar del circuito del motor de escariado

Donde

L1, L2, L3	líneas de alimentación;
N	línea de neutro;
F1	portafusibles;
F2	relé térmico;
Q1	guardamotor;

KM1	contactor;
M1	motor trifásico.

6.7.1 Protecciones del motor de escariado

6.7.1.1. Guardamotor

El guardamotor es un tipo de disyuntor que sirve de protección de motores y bombas monofásicas o trifásicas y se lo puede observar en la Figura 30.



Figura 30. Guardamotor Termo Magnético WEG

Fuente: Catálogo WEG Protecciones de Motor

Para seleccionar el guardamotor adecuado para el motor eléctrico de la máquina escariadora se realizan los siguientes cálculos:

$$P_{IN} = \frac{P_M}{\eta} \quad (23)$$

$$I_N = \frac{P_{IN}}{\sqrt{3} * V * fp} \quad (24)$$

$$I_{OUT} = I_N * F_S \quad (25)$$

Donde

P_{IN} potencia de entrada, en W;

P_M potencia del motor, en W;

η eficiencia del motor;

V voltaje del motor;

I_N corriente nominal, en A;

I_{OUT} corriente de salida, en A;

f_p factor de potencia;

F_s factor de servicio;

Remplazando en (21) y (22) se obtienen los valores de potencia de entrada y la corriente nominal del motor.

$$P_{IN} = \frac{750 \text{ W}}{0,723} = 1037,34 \text{ W}$$

$$I_N = \frac{1037,34 \text{ W}}{\sqrt{3} * 380 \text{ V} * 0,75} = 1,92 \text{ A}$$

Se considera el factor de servicio en (23) que en este caso no presenta alteración entre el valor de la corriente nominal y la corriente de salida.

$$I_{OUT} = 1,92 \text{ A} * 1 = 1,92 \text{ A}$$

Se utilizará un guardamotor termo magnético de la marca WEG (como el motor y caja reductora) que soporte 2 A. El guardamotor modelo MPW12 cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo A.6 tiene las siguientes características:

- Protección contra sobrecarga y cortocircuito
- Liberación fija de cortocircuito hasta 13 veces la corriente nominal máxima del interruptor automático.
- Sensibilidad de falla de fase de acuerdo con IEC 60947-4-1.
- Compensación de temperatura.
- Guardamotor regulable con protección de 12 A, y 600 V [13].

6.7.1.2. Contactor

Un contactor es un dispositivo con capacidad para cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia. Tiene dos posiciones de funcionamiento: una de encendido y otra de apagado. La función de un contactor es activar un circuito de potencia, es decir, que al recibir una señal del PLC, este dispositivo cambia de posición y permite el arranque del motor trifásico.



Figura 31. Contactor CWM9 WEG

Fuente: Catálogo WEG Protecciones de Motores

Para seleccionar el contactor adecuado, se toma en cuenta la potencia eléctrica, o potencia de entrada:

$$P_{IN} = 1037,34 \text{ W} = 1,39 \text{ HP}$$

El contactor de la marca WEG modelo CWM9-10-30 para una configuración de 400 V con 3 HP es el contactor tripolar seleccionado para la máquina. En la Tabla 9 se observan las características principales:

Tabla 10. Características del contactor CWM9

Corriente nominal I_n - AC-3 ($U_e \leq 440 \text{ V}$)	9 A
Corriente nominal I_n - AC-4	5 A
Corriente nominal de empleo I_e - AC-1 ($q = 55 \text{ °C}$)	25 A
Tensión nominal de empleo U_e - IEC 60947-4-1	690 V
Tensión nominal de empleo U_e - UL, CSA	600 V
Tensión nominal de aislamiento U_i (Grado de polución 3) - IEC 60974-4-1	1000 V
Tensión nominal de aislamiento U_i (Grado de polución 3) - UL, CSA	600 V
Peso bruto	300 g

6.7.1.3. Relé térmico

Para seleccionar el relé térmico se calcula en (24):

$$I_R = I_{IN} * 1,25 \quad (26)$$

Donde

I_N corriente nominal de entrada, en A;

I_R corriente del relé térmico, en A.

Se reemplazan los valores y se obtiene:

$$I_R = 1,895 A * 1,25 = 2,369 A$$

Se selecciona el relé térmico modelo AZ RW17-1D2-U004 de la marca WEG con montaje directo a los contactores, con rango de corriente de 2,8 hasta 4 A, configuración de montaje 1D y una clase de disparo tipo 10. Se puede observar el modelo seleccionado en la Figura 32.



Figura 32. Relé térmico

Fuente: Catálogo WEG Protecciones de Motor

6.7.1.4. Fusibles

Un fusible funciona como un protector de un circuito al crear una condición de un circuito abierto cuando se presenta un exceso de corriente eléctrica. El fusible realiza esta función al interrumpir la corriente eléctrica mediante la fundición de uno de sus componentes específicos. Estos componentes se funden por el calor generado como resultado de un exceso de corriente. Esto hace que el exceso de voltaje no haga contacto con el circuito y que no cause un daño mayor al sistema. El fusible se puede observar en la Figura 33.



Figura 33. Fusible Tipo D NH clase gL/gG

Fuente: Catálogo WEG Protecciones de Motor

El fusible seleccionado es un fusible tipo D NH de la clase gL/gG de la marca WEG modelo FNH00-4U. La capacidad de interrupción del fusible es 120 kA en 500 VCA, disipa 12 W y funciona para una corriente nominal de 4 A.

6.7.2 Módulo de control

En esta sección se analiza los componentes y el software en donde se realiza el control de todo el sistema de escariado, además del interfaz humano máquina para el manejo del operario. El diagrama de bloques en la Figura 34 presenta los principales elementos electrónicos necesarios para el proceso semiautomático de escariado de mangueras hidráulicas.

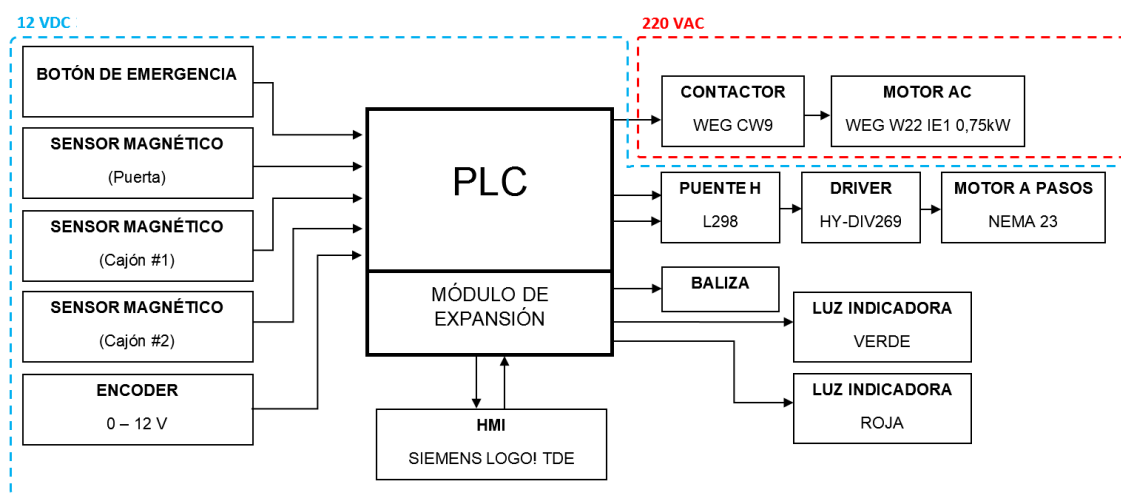


Figura 34. Diagrama de bloques de la máquina escariadora

Se detallan los elementos de entrada y salida que deben conectarse al PLC. En esta sección se seleccionan los componentes de acuerdo a sus características y a los requerimientos de la máquina escariadora.

6.7.2.1. Control PLC

El PLC que se utiliza para la máquina escariadora es un SIEMENS PLC LOGO! 8 Basic disponible en la empresa. Como se observa en la Figura 35, el PLC se alimenta de 12 a 24 VDC y consta con 8 entradas, 4 salidas y comunicación por Profibus. En el Anexo A.9 se detallan las características y las funcionalidades del PLC.



Figura 35. SIEMENS PLC LOGO! 8 Basic

Fuente: Siemens

Se conectan las diferentes salidas en los 4 bornes de salida disponibles Q1, Q2, Q3 y Q4. El PLC LOGO! Basic presenta 4 entradas analógicas y debido a la cantidad de salidas necesarias, se decide adicionar un módulo de expansión [20]. El modelo utilizado en la máquina escariadora es el DM16 230R que se muestra en la Figura 36. Posee 4 entradas y 4 salidas.



Figura 36. Módulo DM16 230R

Fuente: Siemens

6.7.2.2. HMI

Para la interfaz humano-máquina se utilizará la HMI SIEMENS LOGO! TDE Basic que se observa en la Figura 37. Tiene 4 teclas de función destinadas a tareas de rendimiento bajo/medio. Permite visualizar hasta 50 mensajes en la pantalla LCD. Se configura fácilmente con el mismo bloque de función de texto de mensaje que en el código del programa. La luz de fondo y el contraste son controlables y es capaz de realizar un cambio automático entre 2 pantallas o desplazamiento hasta 40 caracteres en cualquiera o todas las

líneas para cada mensaje (texto de teletipo). Posee 6 botones de entrada táctil y tiene una función de reconocimiento de mensajes de alarma [22].



Figura 37. Siemens LOGO! TDE

Fuente: Siemens [22]

6.7.2.3. Driver del motor a pasos

Se selecciona el Microstep Driver modelo HY-DIV268N-5A que se observa en la Figura 38. El driver tiene un amplio rango de entrada de 9~42VDC y puede manejar una corriente pico de hasta 4 A suficiente para la mayoría de las referencias. Los microswitch presentes en la bornera permiten configurar la resolución de los pasos y la corriente de salida del motor. Tiene las siguientes características:

- Inmunidad a ruido por alta frecuencia.
- Protección contra polarización inversa.
- Circuito de protección contra sobrecarga y temperatura.
- Corriente de entrada 0~5 A.
- Corriente de salida 0,5~4 A.
- Dimensiones 105 X 86 X 34 mm.

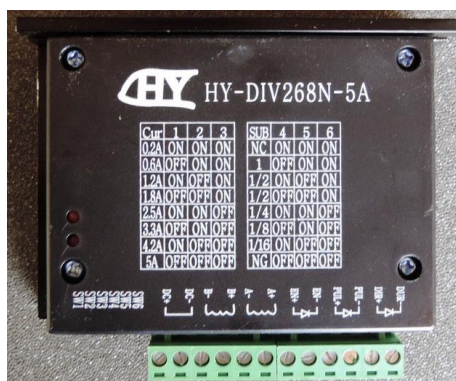


Figura 38. Driver HY DIV268N 5A

Fuente: Catálogo WEG Protecciones de Motor

6.7.2.4. Encoder

El encoder seleccionado para realizar el control del sistema de escariado es un sensor óptico Stubshaft 180 TO 320 TEFC W22 de la línea WEG como se observa en la Figura 39. El disco está montado sobre un eje giratorio y la luz emitida por la fuente es recibida por el foto-detector de forma interrumpida como resultado señales de pulso que son leídas por el dispositivo controlador.



Figura 39. Stubshaft TEFC W22

Fuente: Catálogo Kit de Encoders WEG

6.7.2.1. Sensor magnético

El sensor magnético SM12-31010NA de la Figura 40, es un transductor tipo switch de efecto Hall de la marca Aibeiken con una distancia de detección de 10mm, con un diámetro M12 y con un voltaje de funcionamiento de 12 V [23].



Figura 40. Aibeiken Magnetic Sensor

Fuente: Alibaba [23]

6.7.2.2. Puente H para el sentido de giro en motor a pasos

El módulo controlador L298 de la Figura 41 puede controlar dos motores de 3-30 VDC, y controlar fácilmente la velocidad y dirección del motor DC. El módulo presenta las siguientes características:

- Voltaje Alimentación de motor: + 5 V ~ + 35 V
- Corriente Máxima: 2A / puente

- Parte lógica - Rango de alimentación de terminal VSS: 4,5 – 5,5 V
- Parte lógica - Corriente de funcionamiento: 0 ~ 36 mA
- Consumo: 20 W
- Tamaño: 55mm * 60mm * 30mm



Figura 41. L298

Fuente: Módulo Puente H L298 Datasheet

6.7.2.3. Módulo de 12V DC

Este módulo suministra energía a los elementos electrónicos de la máquina escariadora tales como se observa en la Tabla 11:

Tabla 11. Elementos electrónicos con 12V de alimentación

Elemento	Voltaje (VDC)	Corriente (A)
Sensor Magnético	12	0,25
Motor NEMA 23	12	4,00
Driver Motor NEMA	12	4,00
Puente H	12	2,50
Baliza	12	0,50
PLC	12	2,00
HMI	12	1,00

Se selecciona una fuente de alimentación de la marca Meanwell de 12 V y de 200 W modelo LRS-200 [24] como se observa en la Figura 42. Esta fuente de alimentación cubre las necesidades energéticas. La fuente tiene las siguientes características:

- Soporta entrada de sobretensión de 300 VCA durante 5 segundos.
- Protecciones: Cortocircuito / Sobrecarga / Sobretensión.

- Funcionamiento hasta 70 grados centígrados.



Figura 42. Fuente Meanwell 12V 200W

Fuente: MeanWell Datasheet [22]

6.7.2.4. Elementos Electrónicos

En la Tabla 10 se pueden observar los elementos electrónicos que componen esta máquina escariadora con sus respectivas características.

Tabla 12. Elementos electrónicos de la máquina escariadora

#	Elemento	Marca/ Modelo	Características
1	PLC LOGO!	Siemens, 8	12/24 VDC
2	HMI TDE	Siemens	12/24 VDC
3	Módulo de expansión	Siemens DM812/24R	12/24 VDC
4	Botón de emergencia	BALLUF, Seta	12/24 VDC
5	Portafusible	WEG, FNH00-4U	4 A
6	Contactor	WEG, CMW9	600 VAC – 5 A
7	Guardamotor	WEG	600 VAC – 2 A
8	Relé Térmico	WEG	400 VAC – 2,9 ~ 4 A
9	Luz piloto	Camsco	12 VDC
10	Puente H	L298	5-35 VDC
11	Driver Motor DC	HY-DIV269N	12 VDC - 5 A
12	Baliza	Camsco	12/24 VDC
13	Encoder	Stubshaft	12/24 VDC
14	Sensor Magnético	Aibeiken	12/24 VDC

6.8. Control y programación

En esta sección se realiza un análisis del control del proceso semiautomático de escariado de mangueras hidráulicas. En la Tabla 11 y 12 se describen las funciones de los estados lógicos y los estados de cada uno de los sensores. Por ser un sistema semiautomático, el operario tendrá que realizar ciertas funciones por su cuenta mientras que las demás serán efectuadas automáticamente por la máquina.

En esta sección se analizan los casos posibles y los estados de la máquina escariadora.

- Control de los contactores de la máquina escariadora.
- Control del driver del motor NEMA que permite la alimentación de la manguera.
- Control de las alarmas y avisos del sistema en el HMI.

6.8.1 Dispositivos de entrada y salida del PLC

Se describen los elementos de entrada que influyen en el sistema de control durante el proceso de escariado semiautomático. Debido a que algunos de los elementos son normalmente cerrados, se considera su estado inicial como 1 lógico.

Tabla 13. Tabla de entradas PLC

	ENTRADAS				
	FUNCIÓN DEL ESTADO LÓGICO		ELEMENTO	ESTADO DEL SENSOR	PIN PLC
	0	1			
PARO EMERGENCIA	Activado	Desactivado	Botón de emergencia	Normalmente cerrado. Estado Inicial (1)	I1
SENSOR PUERTA	Sin presencia de Imán	Presencia de Imán	Sensor magnético	Normalmente abierto. Estado Inicial (0)	I2
SENSOR CAJÓN 1 y 2	Sin presencia de Imán	Presencia de Imán	Sensor magnético	Normalmente abierto. Estado Inicial (0)	I3, I4
SEÑAL ENCODER	Cuando el motor funciona a 390 rpm	Cuando el motor funciona a menos de 390 rpm	Encoder	Comparador analógico que verifica si el motor está funcionando a 390 rpm (0) sino arroja un valor (1)	I5

Tabla 14. Tabla de salidas PLC

	SALIDAS			
	SALIDAS RELÉ	ELEMENTO	FUNCIÓN	PLC
Motor NEMA	Q2, Q3	Puente H L298	Avance o retroceso del Motor NEMA 23 que permite el avance de la manguera a la zona de escariado	Principal
Motor AC	Q1	Motor AC WEG 0,75 kW con reductor a 415 rpm	Acción rotativa de corte de la herramienta escariadora	Principal
Baliza	Q4	BALIZA 12V	Sirena de aviso de emergencia	Principal
Luz Indicadora Roja	Q5	CAMSCO Luz Piloto (Rojo)	Led indicador de que la máquina no está lista para funcionar	Módulo de Extensión
Luz Indicadora Verde	Q6	CAMSCO Luz Piloto (Verde)	Led indicador de que la máquina está lista para funcionar	Módulo de Extensión

Mediante el software Boole Deusto se procesan y se entregan como resultado el diagrama lógico de cada una de las salidas en lenguaje de algebra de Boole. Este resultado es la base del programa que será realizado en el software LogoSoft que utiliza el PLC y se tiene la programación deseada para cada condición y cualquier estado de las entradas. En la Figura 43 y 44, se revisan los circuitos lógicos para el accionamiento del motor AC, y del motor NEMA.

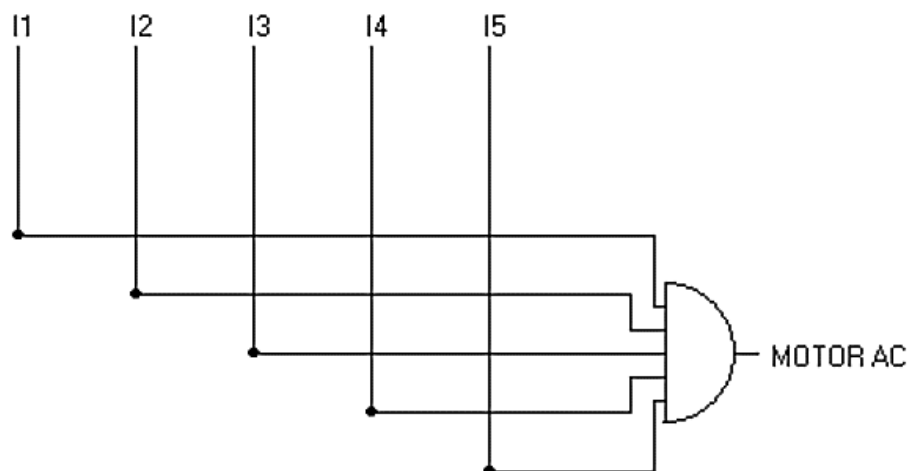


Figura 43. Circuito lógico del motor escariador

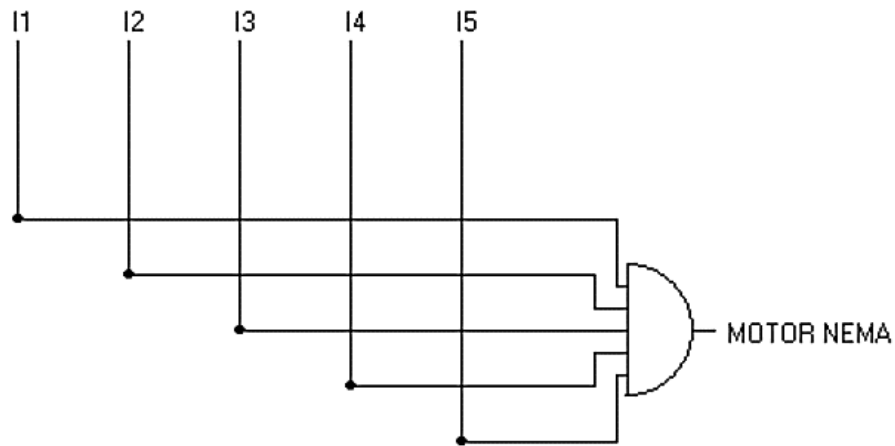


Figura 44. Circuito lógico del motor NEMA

Para las combinaciones posibles del circuito de entrada, existen 4 subgrupos de la máquina, como se observan en la Tabla 14, donde se detallan los procesos principales.

Máquina Activada

La máquina se encuentra en este estado cuando todas las señales de entrada se encuentran en 1 lógico, es decir:

- Puerta cerrada. Sensor magnético en 1 lógico.
- Cajón 1 cerrado. Sensor magnético en 1 lógico.
- Cajón 2 cerrado. Sensor magnético en 1 lógico.
- Botón de emergencia no accionado, 1 lógico.
- Señal encoder al PLC, comparador del PLC en 1 lógico.
- Parámetros seleccionados en el HMI.

Aviso Sensor

La máquina no puede iniciar el proceso de escariado mientras alguno de los cajones o la puerta se encuentre abierta.

- Puerta abierta. Sensor magnético en 0 lógico.
- Cajón 1 abierto. Sensor magnético en 0 lógico.
- Cajón 2 abierto. Sensor magnético en 0 lógico.
- Botón de emergencia accionado, 0 lógico.

Freno de emergencia

El freno de emergencia se activa cuando los motores están funcionando y se abre la puerta o alguno de los cajones. Incluso el sistema activa el freno cuando se acciona el botón de emergencia.

- Puerta abierta. Sensor magnético en 0 lógico.
- Cajón 1 abierto. Sensor magnético en 0 lógico.
- Cajón 2 abierto. Sensor magnético en 0 lógico.
- Botón de emergencia accionado, 0 lógico.

Motor Trabado

Si el motor está trabado, la señal del encoder es interpretada por el PLC, y se activa el proceso de freno de emergencia. Este proceso se ejecuta únicamente cuando el comparador de la señal del encoder se encuentra en 1.

Tabla 15. Estados posibles de la máquina escariadora

Proceso		Estado
Verde	Máquina Activada	Máquina preparada para ejecutar el proceso de escariado.
Amarillo	Aviso Sensor	Máquina no preparada para ejecutar el proceso de escariado.
Naranja	Freno de Emergencia	Máquina frena al activarse uno de los sensores o si el botón de emergencia es accionado.
Rojo	Motor Trabado	Motor trabado.

En la Tabla 14 se analizan todas las posibles combinaciones de entradas y salidas con sus respectivos estados y procesos.

Tabla 16. Análisis de entradas mediante álgebra de Boole

	ENTRADAS						SALIDAS				
	PARO DE EMERGENCIA	SEÑAL ENCODER	SENSOR PUERTA	SENSOR CAJÓN 1	SENSOR CAJÓN 2		MOTOR NEMA	MOTOR AC	BALIZA	LED ROJO	LED VERDE
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
31	1	1	1	1	1	MÁQUINA ACTIVADA	1	1	0	0	1
30	1	1	1	1	0	AVISO SENSOR	0	0	0	1	0
29	1	1	1	0	1		0	0	0	1	0
28	1	1	1	0	0		0	0	0	1	0
27	1	1	0	1	1	PARO DE EMERGENCIA	0	0	1	1	0
26	1	1	0	1	0		0	0	1	1	0
25	1	1	0	0	1		0	0	1	1	0
24	1	1	0	0	0		0	0	1	1	0
23	1	0	1	1	1	MOTOR TRABADO	0	0	1	1	0
22	1	0	1	1	0		0	0	1	1	0
21	1	0	1	0	1		0	0	1	1	0
20	1	0	1	0	0		0	0	1	1	0
19	1	0	0	1	1		0	0	1	1	0
18	1	0	0	1	0		0	0	1	1	0
17	1	0	0	0	1		0	0	1	1	0
16	1	0	0	0	0		0	0	1	1	0
15	0	1	1	1	1	PARO DE EMERGENCIA	0	0	1	1	0
14	0	1	1	1	0		0	0	1	1	0
13	0	1	1	0	1		0	0	1	1	0
12	0	1	1	0	0		0	0	1	1	0
11	0	1	0	1	1		0	0	1	1	0
10	0	1	0	1	0		0	0	1	1	0
9	0	1	0	0	1		0	0	1	1	0
8	0	1	0	0	0		0	0	1	1	0
7	0	0	1	1	1		0	0	1	1	0
6	0	0	1	0	1		0	0	1	1	0
5	0	0	1	0	0		0	0	1	1	0
4	0	0	0	1	1		0	0	1	1	0
3	0	0	0	1	0		0	0	1	1	0
2	0	0	0	0	1		0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0		0	0	1	1	0

6.8.2 Algoritmo General

En la Figura 45 se observa el diagrama de flujo de la máquina de escariado semiautomático. El inicio del proceso es manual, en donde el usuario debe realizar el cambio del acople y del mandril, luego procede a seleccionar el avance de escariado según las dimensiones de la manguera hidráulica que va a colocar. El diagrama de flujo completo se lo puede observar en el Anexo B.1.

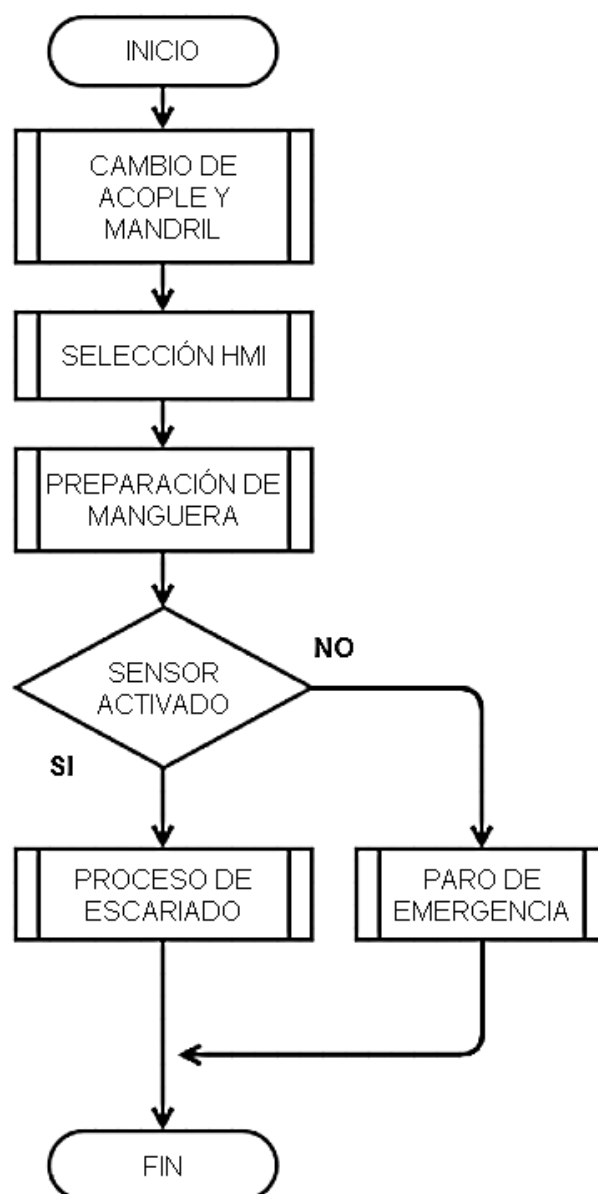


Figura 45. Algoritmo general

En la preparación de la manguera el usuario inserta la manguera y la ajusta, posterior a esto, ejecuta el proceso de escariado y si no se activa ningún sensor de emergencia, o si se activa el botón de paro, el proceso continúa normalmente hasta que el motor de alimentación (motor NEMA 23) haya finalizado el avance de la manguera.

El diagrama del paro de emergencia de la Figura 43 indica que cuando el botón es accionado, el motor de escariado y el motor NEMA se apagan. Mediante la interfaz humano-máquina se avisa al usuario, también mediante la luz indicadora roja y la baliza de la máquina.

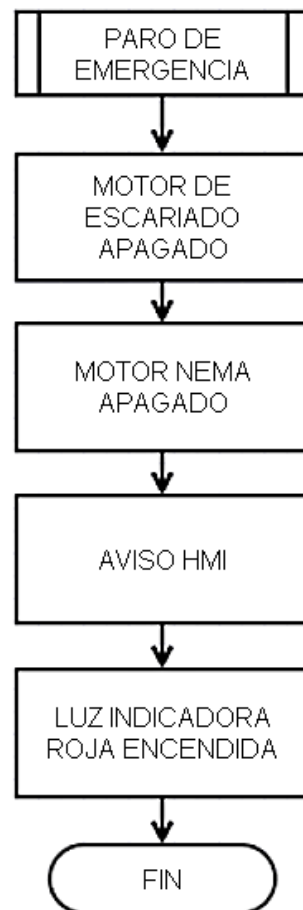


Figura 46. Algoritmo del paro de emergencia

El proceso de escariado inicia con el motor de escariado que rota las herramientas (mandril, acople, cuchilla) necesarias para realizar el corte superficial de la manguera hidráulica. Se enciende la luz indicadora verde y el

motor NEMA se acciona hacia adelante, empujando la manguera hacia la zona de escariado. Si no se activa ningún sensor el proceso se ejecuta normalmente hasta finalizar el avance seleccionado por el usuario en el HMI. Finalmente, el puente H permite que el motor Nema se acciona en dirección inversa y la manguera escariada está libre para ser retirada por el usuario.

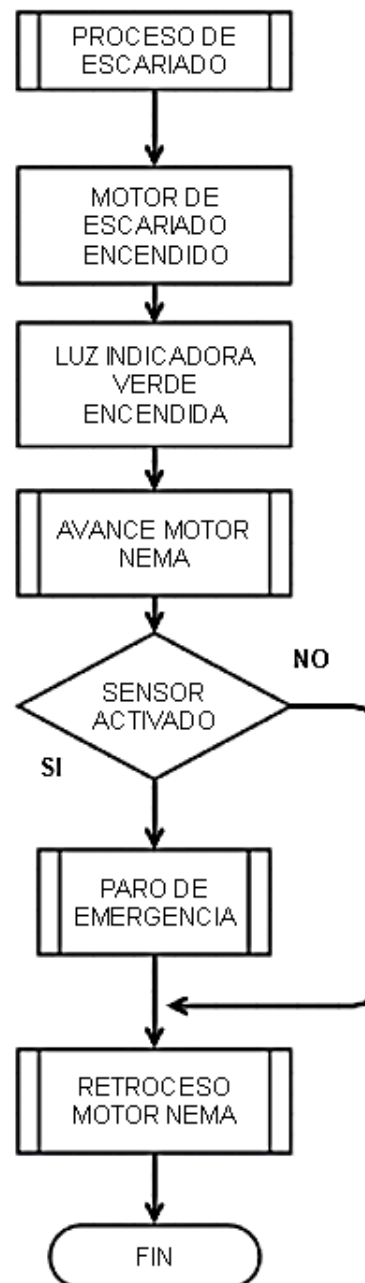


Figura 47. Algoritmo del proceso de escariado

En la Figura 45 y 46, se definen los procesos de selección de HMI, donde el usuario define los parámetros del escariado, dependiendo del diámetro de la

manguera hidráulica. Una vez definidos, el usuario inicia el proceso mediante las teclas de función del HMI SIEMENS LOGO TDE.

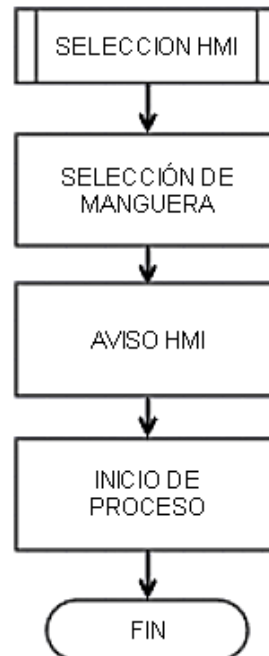


Figura 48. Algoritmo del proceso de selección del HMI

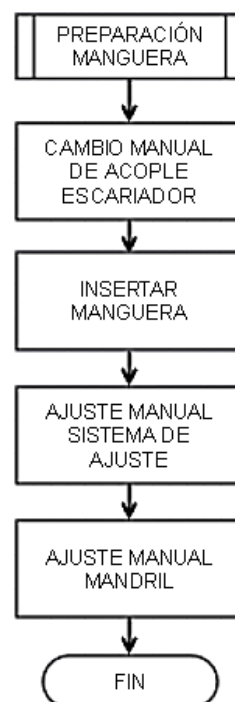


Figura 49. Algoritmo del proceso de preparación de la manguera

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. 20066:2018-03, *Hydraulic fluid power, Hose assemblies, Dimensions, requirements*.
- [2] PARKER, "Hydraulic Hoses Fittings and Equipment Catalogue UK4400," May 2019. [Online]. Available: https://www.parker.com/Literature/Polymer%20Hose%20Division%20Europe/Catalogs/4400_Rubber%20Hydraulic/Hydraulic_Hoses_Fittings_and%20Equipment_CAT_4400_UK.pdf.
- [3] S. Blais and R. Cummings, "Métodos de Pelado de Mangueras". EEUU Patent US09024175, 17 Febrero 1998.
- [4] Eaton, "Industrial Hose Master Catalog," 2013. [Online]. Available: http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pct_931022.pdf.
- [5] U.-E. I. 4413:2011, *Transmisiones hidráulicas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes*.
- [6] Hydroscand, "MidiSkive 5-50B Hose Skiving Machine," 2018. [Online]. Available: https://www.hydroscand-machine.com/products_1/skiving-machines/midiskive.
- [7] Hydroscand, "TwinSkive 5-50," H, 2019. [Online]. Available: https://www.hydroscand-machine.com/products_1/skiving-machines/twinskive.
- [8] UNIFLEX, "Uniflex USM150," 2019. [Online]. Available: <https://www.uniflex-hydraulics.com/products/hose-skiving-machines/usm-150/>.
- [9] SKF, "Catálogo de rodamientos SKF," Octubre 2015. [Online]. Available: https://www.skf.com/binary/87-121486/0901d19680416953-10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf.
- [10] C. Erazo, "Dimensionamiento y Construcción de una Máquina Afiladora de Herramientas para Torno," *Escuela Politécnica Nacional*, 2015.
- [11] Francisco Berra, *El taller del Torneado*, Buenos Aires, 1968.
- [12] H. Gerling, *Alrededor de las máquinas-herramienta*, Barcelona: Reverté, 2006.

- [13] Continental Electronics, "Stepper Motor NEMA23 12V 20kg," [Online]. Available: <https://www.continental.sg/motor/products/stepper-motor-nema23-12v-20kg>.
- [14] WEG, "Motores Eléctricos W22 IE1," [Online]. Available: <https://www.weg.net/catalog/weg/AM/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motores-IEC-de-Baja-Tensi%C3%B3n/Uso-General-ODP-TEFC/Uso-General-TEFC-%28Hierro-Gris%29/W22---Uso-General-TEFC-%28Hierro-Gris%29/W22-IE1/W22-IE1-0-75-kW-4P-80-3F-220-240-380-415-460-V-50-Hz-IC>.
- [15] WEG, "Catálogo Motorreductor," Marzo 2019. [Online]. Available: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/ha6/h38/WEG-cestari-motorreductor-WCG20-coaxial-03-2019-700-portugues-br.pdf>.
- [16] R. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, México D.F.: PrenticeHall, 1995.
- [17] R. Budynas and N. Keith, *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*, México: McGraw-Hill, 2008.
- [18] A. Ratanasethakul, ""Software Application for Beam Calculations"," A-Beam (Lite).
- [19] ASTM-A500, *Especificación Normalizada para Tubos Estructurales de Acero al Carbono Conformados en Frío, Electrosoldados y sin Costura, de forma Circular y no Circular*.
- [20] DIPAC, "Catálogo de Acero," [Online]. Available: <http://www.dipacmanta.com>
- [21] SIEMENS, "SIEMENS HMI LOGO! BASIC," [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-basic-modules.html>.
- [22] SIEMENS, "HMI LOGO! TDE," [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-operator-devices.html>.
- [23] 1. 2. M. Switch, "Alibaba," [Online]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/12v-24v-magnetic-reed-switch-Flush_62249584896.html.

- [24] MeanWell, "200W 12V LRS-150 Series Switching Power Supply," [Online]. Available: <https://www.meanwell.com/productPdf.aspx?i=420>.
- [25] WebLab, "Boole Deusto," Enero 2014. [Online]. Available: https://weblab.deusto.es/website/boole_deusto.html.