

# Universidad Católica de Santa María

## Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y  
Mecatrónica



### “DISEÑO DE UN MECANISMO NO MOTORIZADO PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN ARTESANAL DEL RECURSO HIDROBIOLÓGICO POTA EN LA REGIÓN AREQUIPA”

Tesis presentada por el Bachiller:

**Estrada Rivas, Luis Enrique**

para optar por el Título Profesional de:

**Ingeniero Mecánico**

Asesor:

**Ing. Donayre Ccahua, Jesús**

**AREQUIPA-PERÚ**

**2019**



*Universidad Católica de Santa María*

☎ (51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERU

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA  
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO DE UN MECANISMO NO MOTORIZADO  
PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE LA  
EXTRACCION ARTESANAL DEL RECURSO  
HIDROBIOLOGICO POTA EN LA REGION DE  
AREQUIPA”**

Presentado por el Bachiller:

**ESTRADA RIVAS LUIS ENRIQUE**

Nuestro **DICTAMEN** es:

*Aprobado, con pase a sustentación.*

OBSERVACIONES: *Si se tienen correcciones post-Tuvaluación,  
se lean conjuntamente, el trabajo está concluido.*

Arequipa, *12 de julio del 2019*



ING. JESUS DONAYRE CAHUA



ING. JORGE CASTRO VALDIVIA

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de tesis a mis padres Enrique y Miluzca, todo lo que conseguí es gracias a su apoyo y orientación. Y a mi hermana Adri de quien estoy orgulloso, sé que lograrás todas tus metas y más.



## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, mi hermana y mis abuelos quienes me apoyaron a completar este trabajo.

A mi tío Jesús Estrada quien es mi inspiración para estudiar ingeniería.

A los amigos que la vida me regaló, varios los conozco desde mi época escolar y fueron de los que más me presionaron para terminar este trabajo de tesis.

A mis formadores ya que no solo me enseñaron la información de los libros si no que compartieron su experiencia profesional y a su vez me inculcaron el cultivar un criterio propio recordándome siempre que “la magia está en los detalles”.

A las personas que sin ningún tipo de obligación me ayudaron, como el señor Gustavo Robles quien me apoyó con los datos sobre pesca artesanal, al equipo técnico de la empresa “RC Ingeniería Mecánica” los cuales fueron mis consultores en la parte de manufactura.

## RESUMEN

La pesca artesanal de pota, actividad de la cual dependen más de 44 mil familias en el país, obtiene escasos beneficios comparado con la gran inversión de tiempo, dinero y esfuerzo físico que requiere. La escasez de beneficios económicos conlleva a que el principal problema afrontado por la mayoría de investigaciones sea la informalidad de las embarcaciones pesqueras.

En el presente trabajo de investigación se plantea una posibilidad de mejora en el rendimiento de la pesca artesanal desde otro punto de vista, el de la ingeniería mecánica. Se propone el diseño de un mecanismo de extracción de pota que cumpla todas las condiciones del marco jurídico vigente a la fecha de realización de esta investigación, que sea de uso intuitivo y ergonómico para el pescador, que sea económicamente viable para la recuperación del capital con las ganancias de la actividad pesquera y que sea resistente a las condiciones ambientales propias de alta mar.

Se concluyó que el uso del mecanismo de pesca sí mejoraría el rendimiento de la pesca artesanal, reduciendo el tiempo de extracción en más del 70%, la potencia que el usuario debería ejercer para extraer la pota también se reduciría en más del 20%, se evitarían accidentes y posibles lesiones y se aumentaría las ganancias debido a que la faena de pesca se reduciría en como mínimo un 25 %.

**Palabras Clave:** Pota, pesca artesanal, rendimiento, diseño.

## ABSTRACT

Artisanal squid fishing, an activity on which more than 44,000 families depend in the country, obtains few benefits compared to the great investment of time, money and physical effort that it requires. The scarcity of economic benefits means that the main problem faced by most research is the informality of fishing vessels.

The present research shows a possibility of improving the performance of the artisanal fishing from another point of view, that of mechanical engineering. It is proposed the design of a “*jumbo squid*” extraction mechanism that meets all the conditions of the legal framework in force at the time of this research. It must be intuitive and ergonomic for the fisherman and also economically viable for the recovery of the investment with the profits of the fishing activity and finally resistant to the environmental conditions of the sea.

It was concluded that the use of the fishing mechanism would improve the performance of the artisanal fishing, reducing extraction time by more than 70%, the power that the user should exercise to extract the squid would also be reduced by more than 20%. The mechanism would avoid accidents and possible injuries and would increase profits because the fishing task would be reduced by at least 25%.

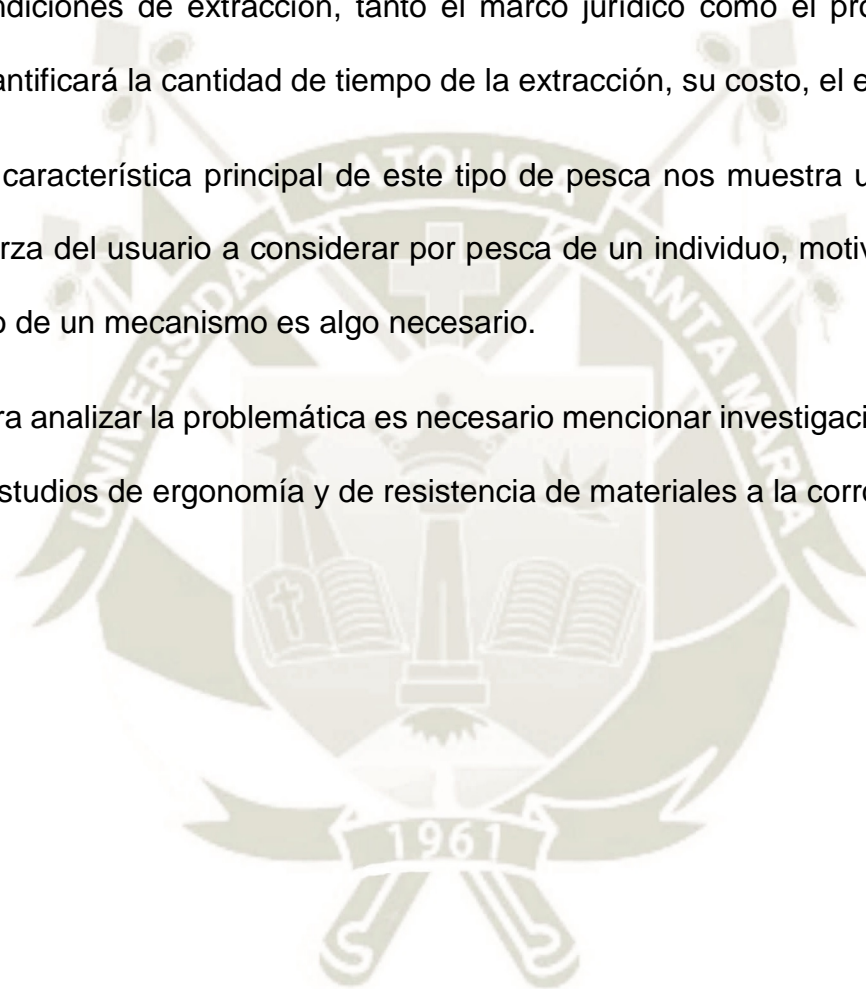
**Key words:** Squid, artisanal fishing, benefits, design.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de la mejora al rendimiento de la pesca artesanal de pota, que se enfocará desde el punto de vista de la ingeniería mecánica. Con el motivo de mejorar el rendimiento se necesitará estudiar las condiciones de extracción, tanto el marco jurídico como el proceso en sí, se cuantificará la cantidad de tiempo de la extracción, su costo, el esfuerzo, etc.

La característica principal de este tipo de pesca nos muestra una cantidad de fuerza del usuario a considerar por pesca de un individuo, motivo por el cual el uso de un mecanismo es algo necesario.

Para analizar la problemática es necesario mencionar investigaciones anteriores y estudios de ergonomía y de resistencia de materiales a la corrosión.



## INDICE

RESUMEN .....	- 4 -
ABSTRACT .....	- 5 -
INTRODUCCIÓN .....	- 6 -
PRIMER CAPÍTULO .....	- 1 -
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 1 -
1.1. Formulación del problema.....	- 1 -
1.1.1. Enunciado del problema.....	- 1 -
1.1.2. Descripción del problema .....	- 1 -
1.1.3. Justificación .....	- 3 -
1.2. Objetivos .....	- 4 -
1.2.1. Objetivo general .....	- 4 -
1.2.2. Objetivos específicos.....	- 4 -
1.3. Alcances .....	- 5 -
1.4. Delimitación de la investigación .....	- 5 -
1.4.1. Delimitación espacial.....	- 5 -
1.4.2. Delimitación temporal .....	- 5 -
SEGUNDO CAPÍTULO .....	- 6 -
2. MARCO TEÓRICO .....	- 6 -
2.1. Antecedentes de la investigación.....	- 6 -
2.2. Recurso hidrobiológico pota.....	- 9 -
2.2.1. Taxonomía .....	- 9 -
2.2.2. Tamaño y características .....	- 9 -
2.2.3. Hábitat y distribución .....	- 12 -
2.2.4. Hábitos alimenticios.....	- 16 -
2.2.5. Comportamiento .....	- 16 -
2.2.6. Comercio .....	- 16 -
2.3. Proceso de extracción artesanal .....	- 19 -
2.3.1. Proceso .....	- 21 -
2.3.2. Rendimiento .....	- 21 -
2.3.3. Pescador artesanal.....	- 23 -
2.3.4. Artes de pesca.....	- 24 -
2.3.5. Líneas de pesca .....	- 25 -

2.4. Entorno legal.....	- 27 -
2.5. Situación actual de la pesca artesanal en la región Arequipa.....	- 27 -
2.6. Metodología de diseño.....	- 31 -
TERCER CAPÍTULO .....	- 34 -
3. DISEÑO.....	- 34 -
3.1. Especificaciones .....	- 34 -
3.2. Estructura funcional .....	- 34 -
3.3. Solución principal.....	- 36 -
3.4. Estructura modular.....	- 40 -
3.4.1. Análisis de velocidades y fuerzas.....	- 40 -
3.4.2. Reducción por engranajes y diámetro del carrete .....	- 50 -
3.4.3. Carrete .....	- 59 -
3.4.4. Par de engranajes .....	- 65 -
3.4.5. Par de ejes .....	- 76 -
3.4.6. Accesorios.....	- 90 -
3.4.7. Estructura de Soporte.....	- 98 -
3.5. Proyecto preliminar (costos) .....	- 107 -
3.5.1. Estructura de soporte .....	- 108 -
3.5.2. Partes móviles.....	- 109 -
3.5.3. Costo total .....	- 110 -
3.6. Proyecto general.....	- 110 -
3.7. Documentación .....	- 110 -
CUARTO CAPÍTULO .....	- 111 -
4. CÁLCULO DE RENDIMIENTOS .....	- 111 -
4.1. Consideraciones .....	- 111 -
4.2. Rendimiento actual .....	- 112 -
4.3. Rendimiento con el uso del mecanismo.....	- 114 -
CONCLUSIONES .....	- 118 -
RECOMENDACIONES .....	- 120 -
BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA .....	- 121 -
LISTA DE TABLAS .....	- 126 -
LISTA DE FIGURAS .....	- 130 -
ANEXOS .....	- 132 -

## PRIMER CAPÍTULO

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Formulación del problema

##### 1.1.1. Enunciado del problema

¿Un mecanismo de extracción no motorizado mejoraría el rendimiento de la pesca artesanal del recurso hidrobiológico Pota?

##### 1.1.2. Descripción del problema

Las ganancias del proceso de extracción artesanal del recurso hidrobiológico Pota vienen siendo limitadas debido a los elevados gastos que se necesitan para cada jornada de pesca, en donde aproximadamente el 70% es el combustible para el motor de la embarcación (Herrera Yari, 2015). Teniendo en cuenta que el precio de la Pota es regulado por oferta y demanda del mercado se debe optar por aumentar la cantidad de pota por jornada.

Debido a que el mayor gasto se encuentra en el combustible se infiere que entre menos tenga que desplazarse la embarcación el costo disminuirá. Teniendo en cuenta que la pota es una especie que vive en cardumen y que encontrar dichos cardúmenes requiere tecnología de radar costosa, el proceso de extracción cuando la embarcación encuentre el cardumen debe ser lo más rápido posible.

En la actualidad el proceso de extracción se efectúa mediante el arte de pesca de línea de mano, el cual consiste en una línea de pesca con anzuelo. La Pota es extraída mediante el hale de la línea de pesca por el pescador, generando un elevado esfuerzo físico para la extracción de un espécimen que podría llegar a pesar hasta 50 kg y estar sumergido hasta 200 metros de profundidad (Nesis,1983). Este arte de pesca podría generar lesiones en la espalda baja y en los hombros además de propiciar accidentes durante su ejecución.

El aumento de la velocidad del proceso de extracción no se puede dar mediante el uso de motores ya que existe una limitación de índole legal en la disposición establecida en el artículo 30º del reglamento de la ley General de Pesca, aprobado por el Decreto Supremo N° 012-2001-PE de fecha 13 de marzo del 2001, la cual establece que la pesca artesanal es “La realizada por personas naturales o jurídicas artesanales con el empleo de embarcaciones de hasta 32,6 metros cúbicos de capacidad de bodega y hasta 15 metros de eslora, con predominio del trabajo manual”.

Teniendo en cuenta las condiciones previamente mencionadas se propone el diseño de un mecanismo no motorizado de extracción artesanal de pota para mejorar las condiciones de pesca y aumentar la ganancia de la jornada.

### 1.1.3. Justificación

El presente proyecto es un tema de actualidad, por ser una posible solución a un problema que los pescadores artesanales enfrentan durante su jornada de trabajo y que genera distintos conflictos sociales. Además de posiblemente aumentar las ganancias de la pesca artesanal y disminuir el esfuerzo para ejecutar el trabajo.

La ingeniería mecánica es la rama de la ingeniería dedicada al estudio del diseño y construcción de elementos, maquinas, equipos y sistemas mecánicos que serán puestos al servicio de la humanidad, liberando al hombre del esfuerzo físico y dignificando su labor, para fomentar el desarrollo social y económico de la comunidad. Para el presente trabajo se usarán los conocimientos adquiridos en la formación como profesional dentro de la ingeniería mecánica, identificando procesos que podrían mejorar mediante el uso de mecanismos, evaluando las funciones que debe cumplir dicho mecanismo, investigando la normativa que se debe seguir en el proceso de diseño, seleccionando los materiales más idóneos y métodos de unión para el diseño, especificando un proceso de construcción mediante planos correctamente normados y especificados, evaluando el rendimiento del mecanismo, entre otros aspectos que un ingeniero mecánico debe considerar.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Diseñar un mecanismo no motorizado para el aumento del rendimiento del proceso de extracción artesanal del recurso hidrobiológico pota.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Estudiar las investigaciones que sirvan de antecedentes para el presente proyecto.
- Recolectar datos sobre la pota como su tamaño, peso, comportamiento, hábitat, entre otros.
- Investigar la demanda actual del mercado y las utilidades que la pesca artesanal de pota le genera al pescador.
- Detallar el proceso de extracción artesanal identificando las fases en donde se podría generar una mejora.
- Analizar el entorno legal de la pesca artesanal de pota.
- Diseñar el mecanismo siguiendo toda la normativa legal estudiada y considerando las condiciones ambientales y de utilización.
- Calcular el beneficio del uso del mecanismo y si es económicamente viable.

### 1.3. Alcances

- El presente estudio es enfocado solo a la pesca artesanal, la pesca industrial cuenta con una normativa legal distinta lo cual le proporciona más libertad para el uso de tecnología.
- La observación directa del proceso de pesca y las encuestas hacia los pescadores artesanales se efectuarán en los puertos de Matarani “El Faro” y “Matarani S.A.C” debido a que son los puertos con mayor desembarque de pota de la región Arequipa (IMARPE).
- El mecanismo será diseñado considerando las condiciones de una embarcación de pesca artesanal de entre 2 a 8 TM, otro tipo de embarcaciones no serán consideradas.

### 1.4. Delimitación de la investigación

#### 1.4.1. Delimitación espacial

La investigación será realizada en la región Arequipa donde podemos encontrar los puertos de Matarani, Mollendo, Atico, Quilca, Chala y Lomas. La unidad de trabajo se encuentra en los puertos de Matarani.

#### 1.4.2. Delimitación temporal

El estudio de las estadísticas de pesca artesanal se realizará en un periodo de dos décadas, empezando en 1998. Mientras que el trabajo de campo se realizará en el año 2018.

## SEGUNDO CAPÍTULO

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Los proyectos y propuestas relacionados a la mejora de la pesca artesanal son en su totalidad referentes a los cambios que se tendrían que efectuar en la normativa legal para poder potenciar la pesca artesanal, también se encontró estudios del rendimiento actual de la pesca artesanal y el cómo ha cambiado con el transcurso de los años. Las siguientes investigaciones fueron las más relevantes como antecedentes.

- Carlos E. Paredes y Santiago de la Puente (2014) Situación Actual de la Pesquería de la Pota (*Dosidicus Gigas*) en el Perú y Recomendaciones para su Mejora. Universidad San Martín de Porres.

Es un proyecto desarrollado en conjunto con el Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) en donde se estudia el proceso de extracción de la pota desde una perspectiva legal y económica. El proyecto cuenta con estudios de la evolución del marco normativo de la pesquería de la Pota desde el año 1990 al año 2010 (pág. 35) y nos indica cual es el ordenamiento vigente (pág. 41). Otro estudio a destacar es el del perfil de los pescadores artesanales de pota en donde se proporcionan datos de las embarcaciones poteras (pág. 45) y el nivel socioeconómico de los pescadores (pág. 48).

Los problemas que esta investigación encuentra como los más críticos son la aparente subexplotación de este recurso, la normativa legal que incentiva en cierta medida la informalidad y el tipo de comercialización que posee.

- Herrera Yari, Ricardo Alonso (2015) Determinación de la Productividad e identificación de indicadores económicos en la pesquería artesanal del recurso calamar gigante (*Dosidicus Gigas*) en el puerto de Matarani de la región Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Es un proyecto de tesis en donde mediante un análisis estadístico y económico del proceso de pesca se logra un rendimiento cuantificable. Uno de los aspectos que mejor aportó al presente proyecto fue la determinación de la flota potera (pág. 60) y puesto que ese estudio fue realizado el 2015 los datos siguen siendo vigentes. Para el cálculo del rendimiento de la pesca artesanal con el uso del mecanismo que se diseñara se usara la misma metodología que en esta tesis, para así poder compararlos de forma más precisa.

Cabe señalar que no se encontró una investigación o proyecto documentado sobre mecanismos de pesca artesanal de Pota. Existen distintos mecanismos que son usados para la pesca de calamar (mucho más pequeño que la pota) y algunos han sido modificados para la pesca de la Pota, como se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 1 Pesca de Jibia (Pota), embarcación don Chelo, VIII región, Chile..Fuente. - <https://youtu.be/QksyrvsmMrs>*

Se usarán estos mecanismos como base para un diseño propio, ya que la flota pesquera artesanal del Perú está constituida por embarcaciones más pequeñas, a diferencia de los lugares donde se usan estos mecanismos.

## 2.2. Recurso hidrobiológico pota

### 2.2.1. Taxonomía

Reino. - Animalia

Filo. - Mollusca

Clase. - Cephalopoda

Orden. - Teuthida

Familia. - Ommastrephidae

Subfamilia. - Ommastrephidae

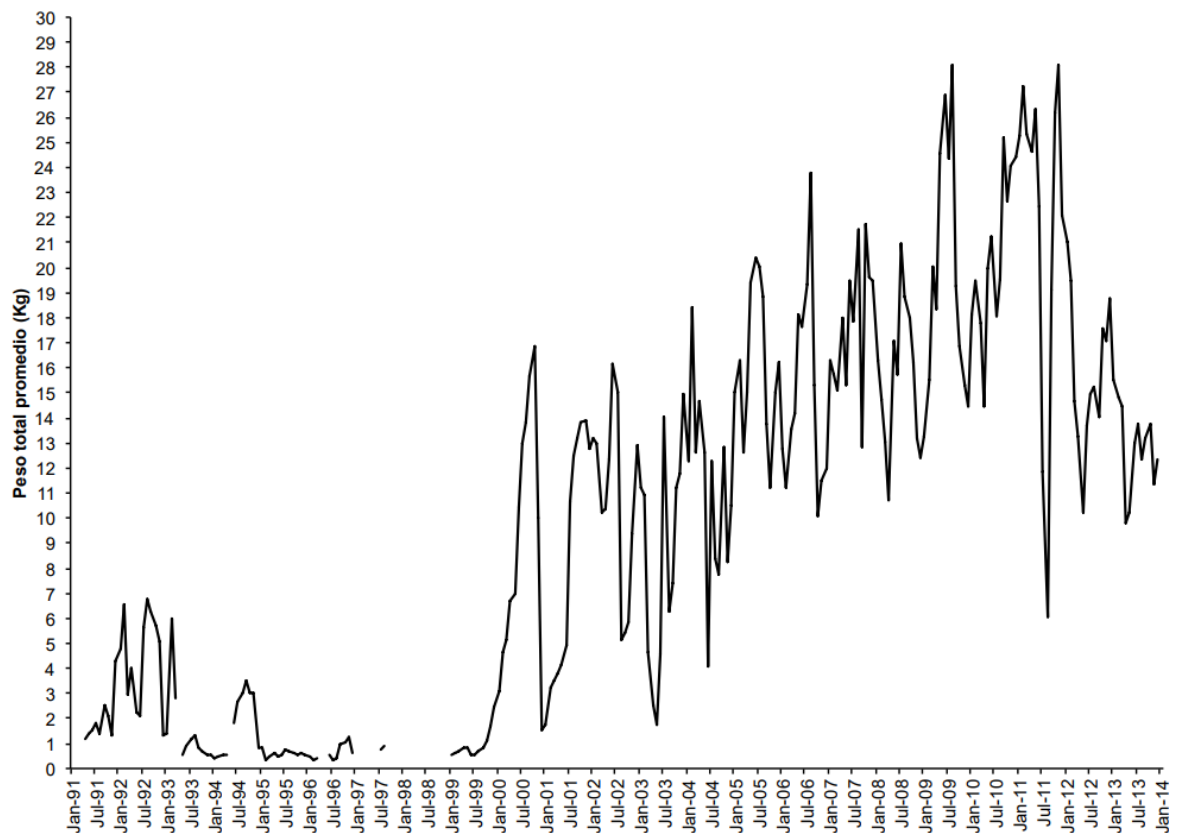
Género. - *Dosidicus* (Japetus Steenstrup, 1857)

Especie. - *D. gigas* (Alcide d'Orbigny, 1835)

Nombre común. - Pota (Perú), Calamar gigante (México, Perú), Jibia (Chile, Perú), Jumbo Squid (EE.UU.), Amerika-ooakaika, Amerika-o o Surume (Japón)

### 2.2.2. Tamaño y características

Los estudios realizados en las costas del Perú muestran que esta especie llega a medir 1.2 metros de longitud de manto (2 metros de longitud total) y a pesar hasta 50 Kg (Nesis, 1983).



*Ilustración 2 Peso (Kg) promedio para individuos de pota capturados en el Perú durante 1991 al 2013. Fuente. - IMARPE*

La diferencia que existe entre el calamar gigante y los demás moluscos es que la cabeza, los brazos y los tentáculos forman una estructura única y que la boca se encuentre en medio de los tentáculos (Brusca, 1990). El esqueleto de la pota está constituido por cartílagos llamados comúnmente pluma, es de forma esférica con dos aletas laterales muy amplias que utiliza de manera complementaria con el sifón, el cual es una cavidad ventral que desemboca hacia la parte delantera en forma de embudo recubierto por el manto y le proporciona locomoción por propulsión a chorro para desplazarse a grandes

velocidades, hasta 24 km/h cuando es adulto (Clarke, R y O. Paliza, 2000).

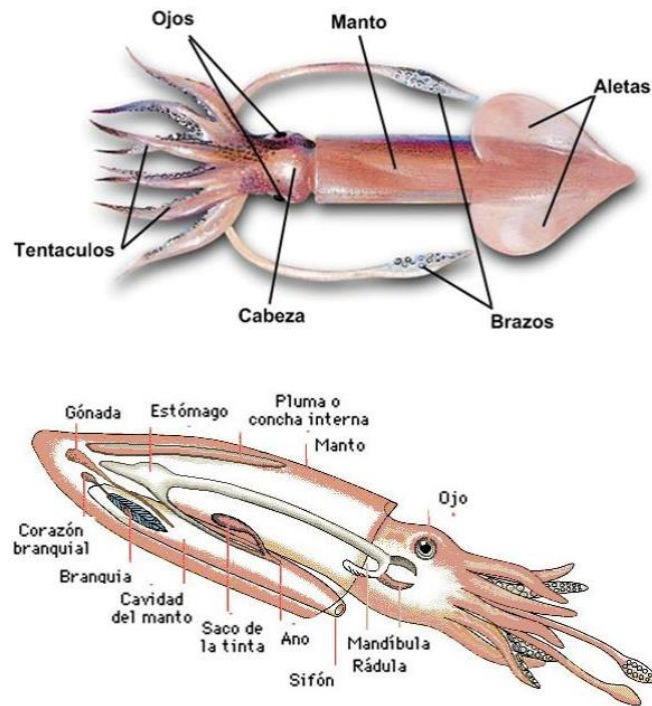


Ilustración 3 Pota (*Dosidicus Gigas*). Fuente. - Ilustración Anónima

La boca de esta especie presenta un par de dientes que asemejan el pico de un perico y alrededor de ella se encuentran ocho tentáculos con ventosas y dos brazos contráctiles que utiliza para atrapar a sus presas (Enhardt y col., 1982).

De acuerdo con Bjarnason (1989), este cefalópodo es un organismo de color marrón brillante que puede cambiar a un color pálido continuamente; es de aspecto impresionante por su gran tamaño con respecto a la mayoría de los otros calamares en el mundo.



*Ilustración 4 Color real de la Pota. Fuente. – SERNAPESCA - Chile*

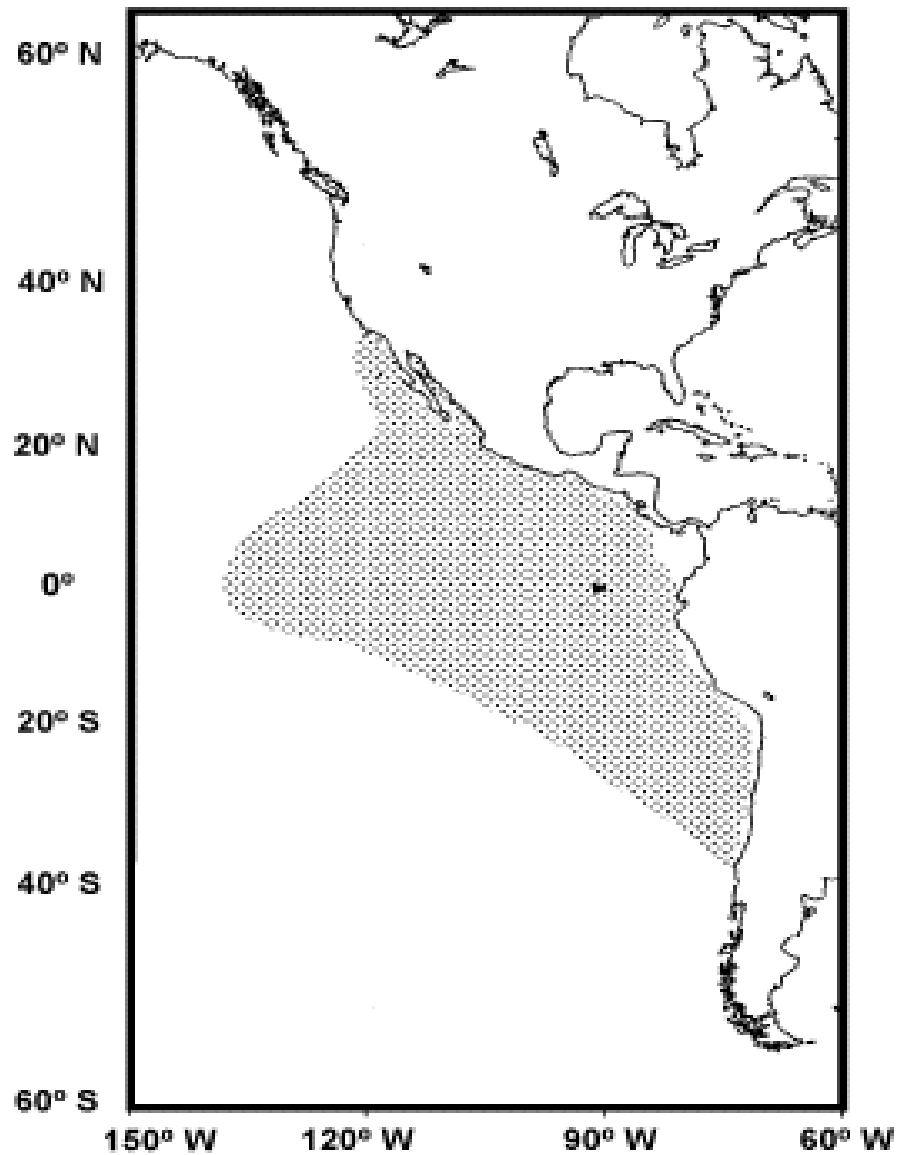
### 2.2.3. Hábitat y distribución

Durante el día migra hacia las profundidades, 800-1200 m bajo el nivel del mar, y se acerca a la superficie durante la noche 0-200 m de profundidad (Nigmatullin et al., 2001).

Su hábitat, según la temperatura del medio, es bastante amplio, abarcando desde los 16° hasta los 30°C; además, su población sigue un patrón de comportamiento migratorio bastante complejo que al parecer está relacionado con su biología reproductiva (Klett-Traulsen y Casas-Valdez, 1996). Posee un amplio espectro de movimiento dentro de la zona oceánica nerítica, presentando una distribución desde la superficie hasta profundidades mayores a los 500 m (De la Rosa, 1994).

El rango reproductivo de la especie se encuentra entre los 25° Lat. N. y los 15° Lat. S., principalmente entre los 50-150 millas náuticas desde la costa, aunque éste puede extenderse hasta los 200-450 millas náuticas de la costa entre los 10° Lat. N. y los 10° Lat. S. (Nigmatullin et al., 2001). Las principales zonas de reproducción se encuentran sobre el talud continental en zonas adyacentes a aguas oceánicas. Sin embargo, las áreas de alimentación de los especímenes inmaduros o juveniles de esta especie tienden a ser más oceánicas (Nigmatullin et al., 2001; Alegre et al., 2014).

Según Nesis (1970) la pota se distribuye en el Pacífico Este desde aproximadamente 36°N a 26°S y por el Oeste hasta 125°W. Las áreas de mayor concentración se localizan entre el Ecuador y los 18°S y desde los 28° N a 16°N, incluyendo el Golfo de California. En el Perú, la mayor concentración se ubica en las regiones con menor extensión de la plataforma continental, es decir, al norte de los 7°S y al sur de los 16°S.



*Ilustración 5 Distribución de la Pota. Fuente. - Wormuth, 1988*

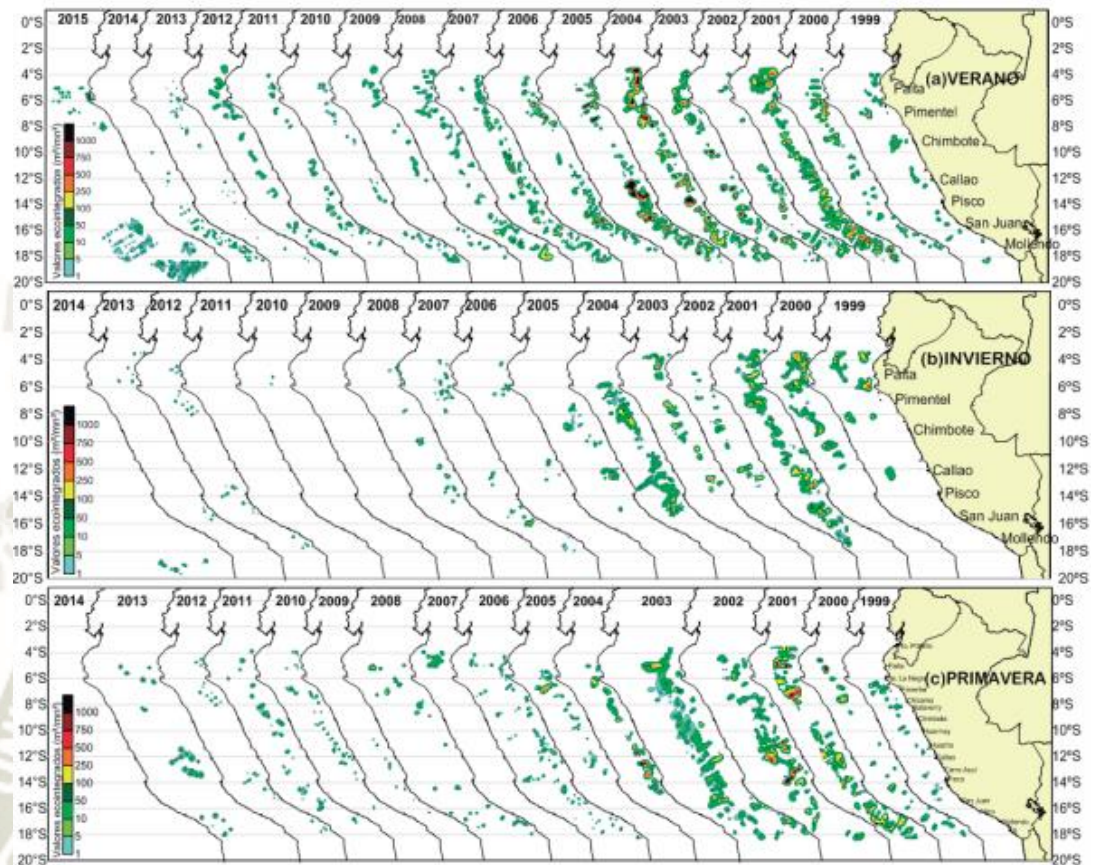


Ilustración 6 Distribución Pota, costa del Perú 1999-2015. Fuente. - IMARPE 2016

Se cree que la biomasa de la pota a nivel mundial se encuentra entre los 7-10 millones de toneladas, de los cuales de 2 a 4 millones de toneladas se encuentran por afuera de las zonas económicas exclusivas de los países a lo largo de su distribución y que 1-1.5 millones de toneladas se encuentran en agregaciones densas (Nigmatullin et al., 2001).

#### 2.2.4. Hábitos alimenticios

Es un depredador nocturno, oportunista, voraz y muy activo (Nesis, 1983; Nigmatullin et al., 2001; Alegre et al., 2014), que se alimenta de peces, otros cefalópodos, incluyendo el canibalismo de individuos de menor tamaño y diversas especies de macro-zooplankton (Nesis, 1983; Nigmatullin et al., 2001; Bláskovic et al., 2008). Razón por la cual es un organismo de rápido crecimiento llegando a alcanzar una medida de 0.8 a 1 m de longitud en tan solo un año de vida (Enhardt, 1991).

#### 2.2.5. Comportamiento

La pota es un organismo formador de cardúmenes de decenas de individuos de tamaño uniforme, debido a que el canibalismo se presenta hacia los individuos de menor tamaño.

Los jóvenes, de 5 meses al año de edad, forman cardúmenes de 20 a 40 individuos mientras que los sub adultos, de más de un año de edad, se agregan en cardúmenes de hasta 1200 individuos (Nigmatullin et al.).

#### 2.2.6. Comercio

En los primeros 5 meses del 2018 se alcanzó 301 millones 982 mil dólares de exportación del recurso pota según la gerencia de Servicios e Industrias Extractivas de la Asociación de Exportadores (Adex). La pota fue la especie hidrobiológica que más exportó el país en los

primeros cinco meses del año, 49.2% de los productos del consumo humano directo. Los principales destinos fueron España y Corea del Sur por 71 millones 48 mil dólares y 69 millones 327 mil dólares, respectivamente. Por su parte China importó 66 millones 643 mil dólares. Otros mercados fueron Japón, Tailandia, Italia, México, Taiwán, Rusia, Estados Unidos entre otros.

El atractivo comercial de la pota se debe a su abundancia, bajo contenido en grasas y elevado valor nutritivo por la elevada cantidad de proteínas y colágeno en su composición. Por otro lado, su relación entre contenido de taurina y colesterol es un elemento clave para ampliar el mercado a los consumidores de productos que contribuyen a una dieta saludable, pues la taurina es un aminoácido que reduce la acumulación de colesterol en el cuerpo, mantiene la presión arterial y previene la diabetes. De acuerdo con un informe de la FAO y Latinfoods (2002), la pota aporta una cantidad de proteínas similar a otros productos cárnicos como el pollo, la res y el cerdo; sin embargo, su contenido de calorías y grasas es menor, teniendo 16,0 g de proteína y 1.1 g de grasa en 100 g de alimento. (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, 1996).



*Ilustración 7 Productos obtenidos de la Pota. Fuente. – PROMPERU*

La pota se exporta congelada, básicamente en filetes, pero también como tubos, tiras, anillos, dados, alas y tentáculos, todas ellas en fresco congelado o cocido congelado.

La pesca artesanal, según IMARPE, provee el 80% del producto consumido a nivel nacional. En la siguiente gráfica se muestra la cantidad de pota durante los años 2010 a 2017.

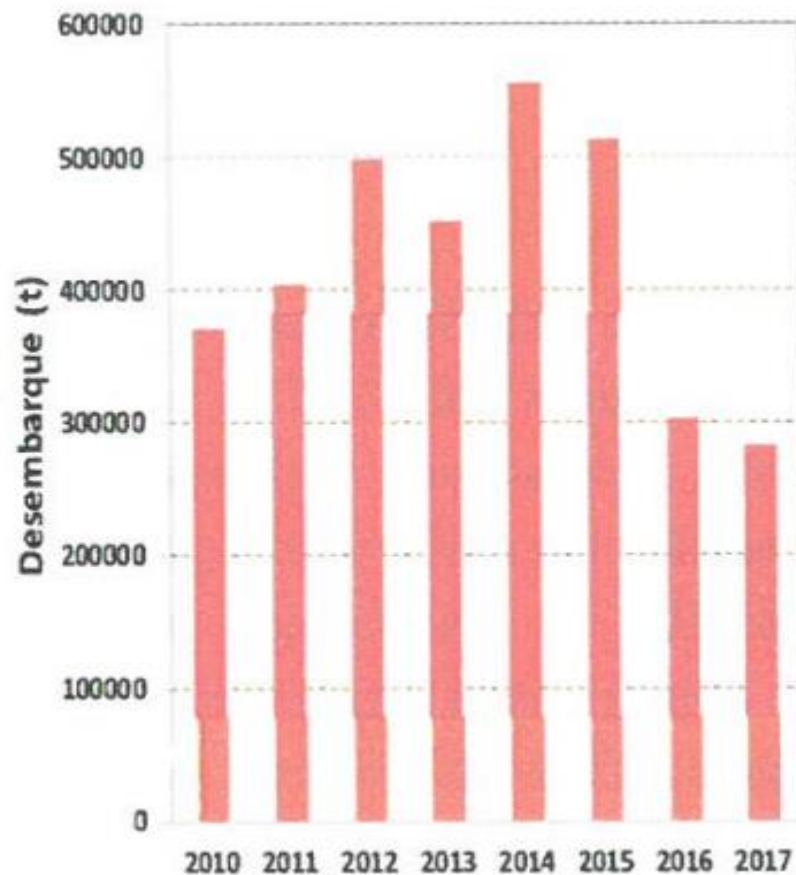


Ilustración 8 Desembarque (t) anual de pota por la flota artesanal. Fuente. - PRODUCE

### 2.3. Proceso de extracción artesanal

Según el reglamento de la Ley General de pesca, la pesca artesanal es la realizada por personas naturales o jurídicas artesanales, en la cual se extrae el producto hidrobiológico para el consumo humano directo. No es necesario el uso de una embarcación para que un proceso de extracción sea reconocido como artesanal. En caso de usar una embarcación esta debe tener hasta 32.6 metros cúbicos de capacidad de bodega y hasta 15 metros de eslora, con predominio del trabajo manual.



*Ilustración 9 Embarcación Artesanal. Fuente. – Diario Gestión*

La pesca artesanal en el Perú es una actividad económica que se sustenta en el conocimiento que se tiene sobre la biodiversidad marina y los sistemas ecológicos existentes en el Mar Peruano. En tal sentido el IMARPE para el desarrollo de esta actividad extractiva involucra la incorporación de nuevos métodos y estrategias con el aporte de información satelital del ambiente y zonas probables de pesca, diseño y prueba de nuevos aparejos, así como artes de pesca con mejores tecnologías (IMARPE, 2012).

La pesca artesanal representa un segmento importante de la actividad económica de nuestro país, tanto por el número de empleos que genera, así como por ser la principal fuente de abastecimiento de recursos hidrobiológicos para la población del país, abasteciendo al mercado nacional con el 80% de los recursos pesqueros frescos. Sin embargo, la pesca artesanal en el Perú es identificada como una actividad compleja, por la informalidad de sus agentes y por la diversidad de factores que intervienen

en ella, lo que dificulta disponer de información con un nivel adecuado de confiabilidad y oportunidad (IMARPE, 2010).

En el aspecto de la formalidad se tiene que el 83.4% de las embarcaciones cuenta con certificados de matrícula, pero menos de la mitad (49.1%) cuenta con permisos de pesca. Según el IMARPE el 16.6% de las embarcaciones de la flota artesanal potera son embarcaciones fantasmas y el 50.9% de la flota desembarca pesca negra.

#### 2.3.1. Proceso

Según el I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo 2012 una faena de pesca tiene una duración promedio de 4 a 6 días en las cuales se tienen de 4 a 6 tripulantes siendo más común el tener 4. La faena se da a partir de las 30 millas náuticas pero la mayor cantidad de captura se da a las 50 millas náuticas (Estrella y Swartzman, 2010), el encontrar un cardumen de pota depende completamente del azar, pero debido a la naturaleza de la pota este cardumen se mantendrá en movimiento por lo cual se deberá extraer la pota en el menor tiempo posible. Para la extracción de la pota se utiliza el arte de pesca de línea de mano. Una vez alcanzado el límite de carga de la embarcación se retorna al puerto.

#### 2.3.2. Rendimiento

La inversión por faena dependerá del tamaño de la embarcación, como se puede ver en la siguiente tabla, siendo en todos los casos el

combustible la mayor parte de la inversión (un 60% como mínimo en todos los casos). La ganancia per cápita es independiente del tamaño de la embarcación (Herrera Yari, 2015). En la región Arequipa se tiene que un pescador artesanal gana entre 478 y 1412 soles mensuales dependiendo si es temporada alta o baja, en donde se tiene un precio de 1.20 o 0.80 soles el kilo respectivamente (Paredes, 2013). En las regiones del norte del país se tiene que solo el 31.2% de los pescadores de pota gana más de 1000 soles al mes y el 32.5 gana 500 soles o menos por mes, como subgrupo los poteros son los que tienden a ganar ligeremanete más que el pescador artesanal promedio donde solo el 25% del macro-grupo gana por encima de los 1000 soles (Sueiro y De la Puente, 2013).

Capacidad de Bodega	Ganancia Bruta Promedio	Gasto Promedio de Faena
2	S/ 1,615.50	S/ 618.33
3	S/ 2,369.71	S/ 730.00
4	S/ 2,308.74	S/ 1,255.37
5	S/ 2,843.49	S/ 1,272.08
6	S/ 2,781.15	S/ 1,680.12
7	S/ 2,323.80	S/ 1,938.72
8	S/ 2,347.00	S/ 2,090.00

Tabla 1 Ganancias y gastos para una faena promedio en el puerto de Matarani Fuente. - Paredes, 2013

### 2.3.3. Pescador artesanal

Del I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo 2012 se obtiene la distribución de los pescadores y su nivel educativo.

Departamento	Porcentaje	Cantidad
Piura	30.10%	13239
Ica	13.00%	5725
Arequipa	9.00%	3984
Ancash	8.30%	3636
Tumbes	7.80%	3422
Lambayeque	6.70%	2941
Resto	25.10%	11214
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>44161</b>

Tabla 2 Distribución de los pescadores artesanales. Fuente. - INEI 2012

Nivel Educativo	Porcentaje	Cantidad
Secundaria	57.90%	25576
Primaria	31.90%	14078
Superior no universitaria completa	4.10%	1796
Superior no universitaria incompleta	2.40%	1081
Superior universitaria incompleta	1.40%	637
Resto de niveles educativos	2.30%	993
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>44161</b>

Tabla 3 Nivel educativo de los pescadores artesanales. Fuente. – INEI 2012

Del total de pescadores artesanales censados el 99.7% consideran a la pesca artesanal como su actividad económica principal.

Solo el 48.7% de los pescadores artesanales de pota cuentan con carnets de pesca, denotando el estado de informalidad e ilegalidad del proceso de pesca.

Según Suerio y De la Puente (2013) solo el 26.7% de los poteros cuenta con algún tipo de seguro, 18 % con seguro de salud, 11.7% seguro de vida y solo el 1.1% cuenta con una pensión de jubilación.

#### 2.3.4. Artes de pesca

El único arte de pesca que se usa para la extracción artesanal de pota es la del uso de anzuelos llamados “poteras” mediante línea de mano. La potera es un conjunto de anzuelos fijados entre sí de tal manera que contiene muchas puntas capaces de atravesar los blandos mantos de los cefalópodos. La atracción hacia las poteras se realiza mediante la iluminación de la embarcación durante la noche, y está basada tanto en el fototropismo positivo del calamar, como su voracidad hacia todo lo que se mueve. Las líneas de mano son aparejos verticales constituidos por una línea madre, de la que penden sedales con anzuelo, donde se coloca el cebo. Dependiendo de la especie que se quiera capturar, el largo y los elementos de la línea de mano variarán. Se pueden usar desde un barco parado o en movimiento.



*Ilustración 10 Poteras. Fuente. – Foto Anónima.*

La pesca con anzuelo y línea es más selectiva que otros tipos de pesca en términos de especie y tamaño, y ofrece pescado de alta calidad. El método puede ser utilizado en el desove, ya que normalmente sólo pican después de la finalización del desove.

#### 2.3.5. Líneas de pesca

En el puerto de Matarani se usa driza como línea de pesca, pero es bueno recalcar que en el mercado se encuentran líneas de pesca especializadas de distintos tipos. - (Información obtenida del libro “Manual de la trucha y su pesca en México” del autor Luis Pueyo Bravo)

- Monofilamento de Nylon

Elasticidad considerable, posibilidad de hacer nudos fuertes y de mejor aguante, bajo costo de adquisición y elevada variedad de resistencias.

- Líneas tejidas

Su relación grosor-fortaleza es la mejor de todas, no es elástica, alta resistencia a la abrasión, es costosa.

- Líneas “Wire” (alambre)

Se sumergen rápido, difíciles de operar, no es sencillo el hacer nudos con ella, resistentes a la abrasión, es costosa.



*Ilustración 11 Línea de pesca tejida de la marca PowerPro. Fuente. - PowerPro*

Todos los tipos de líneas de pesca cuentan con un largo y un “grosor”. Este “grosor” se refiere a la capacidad de resistencia a la tensión probada en libras, es decir que si se da un jalón o se aplica una fuerza menor a 12 libras a una línea de 12 libras ésta no deberá romperse.

Se han registrado casos de Sábalos (peces de río) de 100 kg que fueron arrastrados con líneas de 20 lb, pero al momento de sacarlo en vilo fuera del agua se tuvo que utilizar otras herramientas tales como redes, ganchos, lazos, etc.

#### 2.4. Entorno legal

Con el fin de promover el desarrollo sostenido como fuente de alimentación, empleo e ingresos además de asegurar un uso responsable de los recursos hidrobiológicos el estado aprobó mediante Decreto Ley N° 25977 la Ley General de Pesca, la cual mediante su reglamento y modificatorias regulará la actividad pesquera.

Para regular el desarrollo de las actividades pesqueras y acuícolas usando un enfoque preventivo e integral a lo largo de toda la cadena alimenticia, se estableció el reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos para el sector Pesquero y acuícola aprobado mediante Decreto Supremo N° 034-2008-AG.

En relación a la pota existe el "Reglamento de Ordenamiento de la Pesquería del Calamar Gigante o Pota", aprobado mediante el Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE, el cual tiene por objetivos el aprovechamiento racional y sostenido de la pota, tomando en cuenta las características biológicas y poblacionales del recurso y del impacto social económico sobre los actores involucrados en su pesquería, a efectos de alcanzar su desarrollo y la optimización de los beneficios obtenidos por su explotación.

#### 2.5. Situación actual de la pesca artesanal en la región Arequipa

En la actualidad el marco normativo relacionado con la pesca del recurso hidrobiológico pota genera incentivos injustos a nivel económico que no

premian la eficiencia si no que fomentan el uso de tecnologías y escalas pesqueras inadecuadas (Paredes, 2013), afectando así a los pescadores artesanales que según ley deben pescar con predominio de trabajo manual. Otro factor que disminuye la renta de los pescadores es la existencia de los intermediarios o acopiadores, los cuales son la respuesta a la informalidad e ilegalidad extendida en la flota artesanal además de ser una opción preferible por las procesadoras-congeladoras, quienes prefieren evitar el habilitar a los pescadores artesanales de forma directa y así no correr riesgos. Según Suerio & De la Puente el rol del intermediario se ve resumido en habilitar a diferentes armadores y acopiar los desembarques de diversas embarcaciones para luego vender a las plantas procesadores, trayendo como consecuencia menores precios para los pescadores en los puntos de desembarque.

Otro motivo de disconformidad que se presenta en los pescadores es que la mayoría de comercialización de la pota a nivel nacional culmina en la producción de bienes intermedios, que serán usados para la elaboración de bienes de consumo final con un mayor valor agregado. No obstante, los empresarios del sector señalan que cambiar los productos que vienen haciendo no es una opción viable en el corto plazo debido a los elevados costos de aprendizaje, innovación, y certificación de calidad sanitaria, así como los costos comerciales de ingresar a un nuevo mercado.

Debido a la problemática presentada es usual el ver desacuerdos entre el gobierno y los dirigentes de los distintos puertos pesqueros en el Perú. En abril del 2018 se presentaron los dos desacuerdos más recientes, uno de ellos llevo a un paro nacional. Por semana santa SANIPES, el organismo nacional de sanidad pesquera, envió un mensaje a la población advirtiéndole que la cantidad de cadmio encontrado en los Mejillones (choros) está por encima de los niveles aceptables y podría afectar a la salud de la población, esta alerta también alcanza al chanque, lapa, erizo y almeja, esto trajo consecuencias económicas adversas a los comerciantes que alegaron la falta de soporte científico para dicha afirmación por parte de SANIPES. El segundo desacuerdo ocurrió el 4 de abril en donde se inició un paro nacional indefinido, donde su principal exigencia es la habilitación de los desembarcaderos pesqueros artesanales. Estos embarcaderos fueron cerrados por disposición del gobierno al no cumplir con las condiciones mínimas de salubridad.

Frank Velarde Ortega, dirigente de los pescadores en bolicheras, indica que, en el año 2002, el gobierno decretó el cierre de todos los embarcaderos a nivel nacional, con el objetivo de iniciar una mejora en las instalaciones, de tal manera que estas reunieran los requisitos mínimos exigidos para la exportación de productos. En dicha norma, el propio gobierno se fijó un plazo de tres años para cumplir con el objetivo, sin embargo, han pasado más de 10 años y ninguno de los

embarcaderos ha sido mejorado, muy por el contrario, con el tiempo se han deteriorado, hecho que los empresarios privados aprovecharon para mejorar las instalaciones de los puertos privados y sean solo ellos los que cumplen con dichos requisitos. Otro punto a resolver mediante este paro es que el gobierno les ha fijado la meta de capturar 690 mil toneladas de pota por año, cifra que dicen es antojadiza, porque no existen registros de años anteriores. “Nosotros no podemos llegar a esa meta, no porque no queramos o podamos, sino que no contamos con las instalaciones en los embarcaderos como para el almacenamiento y procesamiento de la pota, precisamente porque los embarcaderos no están funcionando, además que a nosotros nos han puesto un límite en la cantidad de pesca que tenemos por embarcación. Entonces como no cumplimos con la cuota, quieren demostrar que hay una subcaptura para que los industriales se hagan cargo también de lo que nos corresponde”, agregó el dirigente.

## 2.6. Metodología de diseño

Se utilizará la metodología VDI 2221 denominada "Enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos", fue diseñada por la Verein Deutscher Ingenieure (asociación alemana de ingeniería) como un método de diseño enfocado en el rediseño o mejora de un producto.

Cuenta con las siguientes etapas. -

### a) Especificaciones. -

Etapa en la cual se definirá y clarificará el problema y la solución. El problema es definido como la variación del estado óptimo y la solución es la eliminación de dicha variación.

Para hallar una solución se pueden utilizar el efecto Eureka, métodos clásicos como "Lluvia de ideas", métodos de construcción, etc. Esta solución tendrá que traducirse en una lista de requerimientos, condiciones que se deben cumplir para eliminar el problema. Será una herramienta dinámica que nos acompañará durante todo el proceso de desarrollo.

### b) Estructura funcional. -

En esta segunda etapa se toma la lista de requerimientos y se construirá la lista de funciones, también conocida como lista de deseos y exigencias del diseño. Siendo las exigencias las funciones obligatorias del diseño y que si ocurriera el caso de no cumplirlas sería imposible el cumplir con el objetivo principal. Los deseos son las

funciones complementarias que el diseño podría cumplir o no y esto no afectaría su capacidad para poder cumplir el objetivo principal.

La lista de deseos y exigencias será la estructura de nuestro proyecto, se cumplirán todas las exigencias y se tratara de cumplir la totalidad de los deseos que, aunque no sean críticos le darían un valor agregado al diseño.

c) Solución principal. -

En esta etapa utilizaremos la lista de deseos y exigencias para generar una tabla morfológica, la cual es una herramienta para hallar soluciones técnicas a partir de la generación de distintas opciones para cada una de las funciones que el diseño debe cumplir. Una vez se obtengan las distintas soluciones estas se deben calificar mediante el sistema de puntuaciones, este sistema usara una escala personalizable pero que podrá cuantificar opciones que de otra forma no sería posible.

Cada opción es puntuada según el criterio del diseñador y la que obtenga mejor puntaje será la opción con la cual trabajar. Se usará una escala del 1 al 3 para reflejar la importancia de cada criterio de decisión.

d) Estructura modular. -

En este paso se dividirá la opción con la cual trabajaremos en distintos módulos, siendo cada uno una tarea de por si, por ejemplo, dentro de un proyecto donde se tengan que cumplir funciones mecánicas,

eléctricas e informáticas se dividirán las tareas en cada una de las funciones. Se empezará a calcular y diseñar cada tarea por separado.

e) Proyecto preliminar. -

En este paso se especifican los detalles de cada módulo de funciones y se genera el cálculo de costos.

f) Proyecto general. -

Elaboración de los planos para la construcción del proyecto.

g) Documentación. -

Como etapa final se elaborará los manuales de usuario, fichas técnicas, fichas de montaje, las recomendaciones y conclusiones del proyecto.

## TERCER CAPÍTULO

### 3. DISEÑO

#### 3.1. Especificaciones

Ya que el problema a resolver se encuentra definido en el Capítulo I sección 1.1, en esta etapa se hallará la solución mediante una lista de requerimientos generales que se deben cumplir, posteriormente esta lista de requerimientos se convertirá en la lista de deseos y exigencias de la solución.

Las funciones generales que el mecanismo debe cumplir son. -

- Acoplarse y desmontarse de forma sencilla a la embarcación.
- Extraer el recurso hidrobiológico Pota.
- Soportar el peso y los movimientos de la pota sin quitarle estabilidad a la embarcación.
- El usuario no deberá perder estabilidad al momento de usarlo.
- Ser de uso intuitivo para el usuario.

#### 3.2. Estructura funcional

Atendiendo a las funciones generales que debe cumplir la solución se presenta la siguiente tabla. –

Lista de Deseos y Exigencias		
	Descripción	Deseo o Exigencia
Función Principal	Extraer de forma no motorizada y artesanal el recurso hidrobiológico "Pota"	E
Geometría	Las dimensiones del mecanismo no deben obstaculizar la función de la embarcación	E
	Altura no mayor a 1.5 m	D
	Ancho no mayor a 0.8 m	D
	Largo dentro del barco no mayor a 0.3 m	D
Cinemática	Velocidad controlada solo por el usuario	E
	Superará la velocidad actual del proceso	E
Fuerza	Utilizar un rango de fuerza cómodo para el usuario	E
	El peso del mecanismo no excederá los 40 Kg.	D
Energía	La única fuente de energía será la del mismo usuario	E
	Procurar que se pierda la menor cantidad de energía por la fricción	D
Materia	No se alterará la composición de la pota	E
Fabricación	Resistente a la corrosión por agua salada	E
	De bajo costo de adquisición	D
	Resistencia mecánica para cumplir su trabajo	E
	No contaminante hacia el ambiente	E
Seguridad	No presentar un riesgo al usuario	E
Ergonomía	No provocar lesiones	E
Producción	Elementos requeridos posibles de manufacturar o seleccionar	E
	Utilizar materiales comerciales	D
Mantenimiento	Cambio sencillo de las partes desgastables	D
	Facilidad al momento de limpiar el mecanismo	D

Tabla 4 Tabla de deseos y exigencias. Fuente. – Elaboración propia

3.3. Solución principal

	Solución 1	Solución 2	Solución 3
Posición de Montaje	<p>ROTACIÓN OCEANO INTERIOR DEL BARCO</p>	<p>ROTACIÓN OCEANO INTERIOR DEL BARCO</p>	<p>ROTACIÓN OCEANO INTERIOR DEL BARCO</p>
Tipo de Rotación	Sin Rotación	<p>ESTRUCTURA PRINCIPAL</p>	<p>ESTRUCTURA PRINCIPAL</p>
Tipo de Estructura Principal	<p>MECANISMOS</p>	<p>BANDEJA MECANISMOS</p>	<p>MECANISMOS</p>
Mecanismo			

Tabla 5 Tabla morfológica. Fuente. – Elaboración propia.

De la tabla morfológica obtenemos tres soluciones distintas, representadas en los siguientes gráficos.

### Solución 1

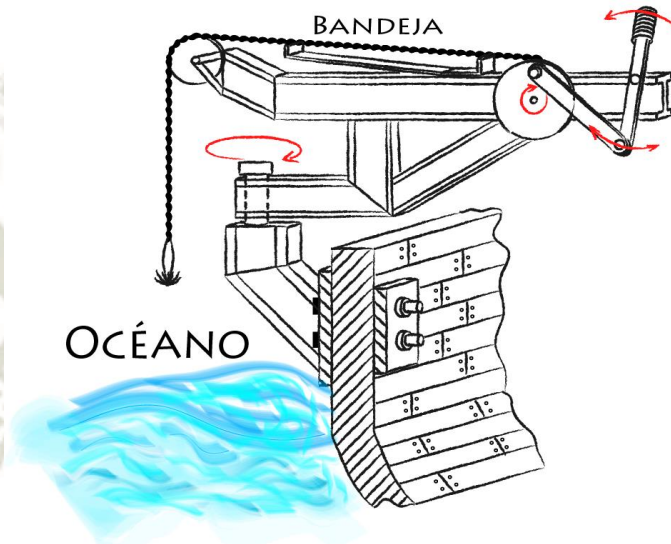


Ilustración 12 Primera opción del diseño. Fuente. – Elaboración propia.

### Solución 2

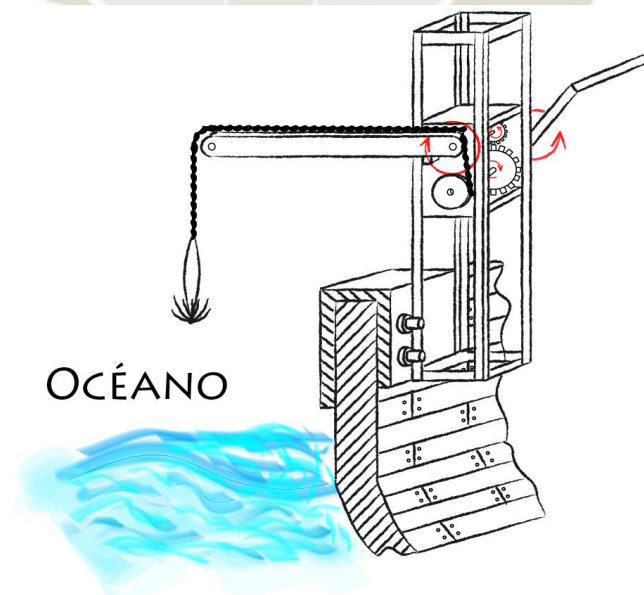
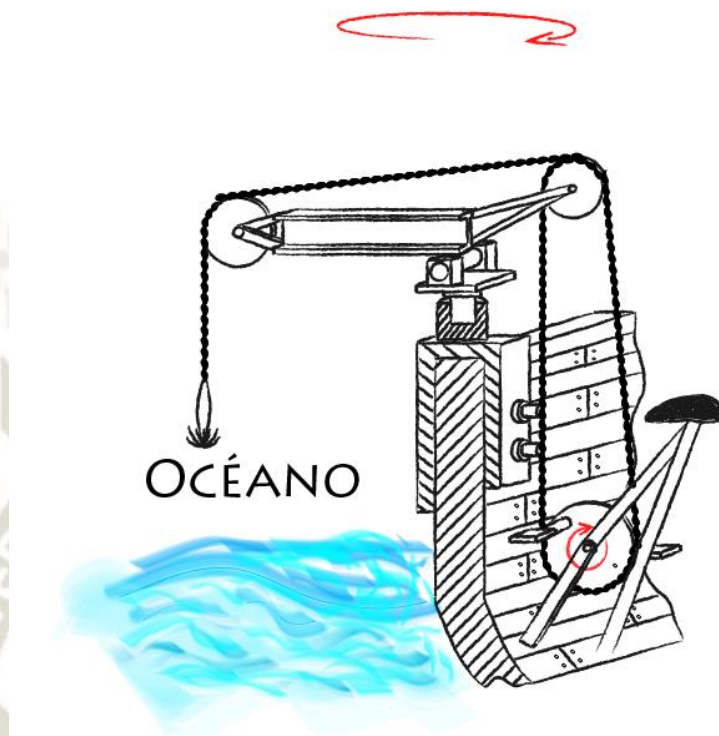


Ilustración 13 Segunda opción del diseño. Fuente. – Elaboración propia

### Solución 3



*Ilustración 14 Tercera opción del diseño. Fuente. – Elaboración propia.*

En la siguiente tabla se procederá a calificar y elegir una de las soluciones teniendo en cuenta una escala del 1 al 3 para evaluar la importancia de cada criterio. La opción con mayor puntuación será la que se usará en el diseño.

Matriz de Decisión			
	Solución 1	Solución 2	Solución 3
<b>Seguridad (x2)</b>			
Facilidad de pausar el trabajo	3	3	3
Posibles daños al usuario	3	1	2
Estabilidad del usuario al momento de usarlo	2	3	1
<b>Total Seguridad</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>12</b>
<b>Ergonomía (x3)</b>			
Simplicidad de operación	2	3	3
Confort en la operación	2	2	3
Espacio que ocupará en la embarcación	2	3	1
Facilidad de montaje y desmontaje	2	3	2
<b>Total Ergonomía</b>	<b>24</b>	<b>33</b>	<b>27</b>
<b>Contaminación (x1)</b>			
Cantidad de lubricante que podría caer al océano	1	3	2
<b>Total Contaminación</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Construcción (x2)</b>			
Dificultad de fabricación de los elementos	2	3	2
Dificultad de ensamblaje	2	3	2
Cantidad de piezas a usar	1	2	2
<b>Total Construcción</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
<b>Mantenimiento (x3)</b>			
Cantidad de piezas móviles	3	2	2
Complejidad del mecanismo	1	3	3
Aislamiento del mecanismo	1	3	2
<b>Total Mantenimiento</b>	<b>15</b>	<b>24</b>	<b>21</b>
<b>Total Final</b>	<b>66</b>	<b>90</b>	<b>74</b>

Tabla 6 Matriz de decisión. Fuente. - Elaboración propia.

### 3.4. Estructura modular

#### 3.4.1. Análisis de velocidades y fuerzas

##### a. Velocidad actual del proceso

El proceso actual extrae la pota a una velocidad promedio de 0.71 m/s. Ese dato fue obtenido mediante encuesta en el puerto “El Faro” en la ciudad de Matarani en donde los pescadores afirmaron que la pesca con la totalidad de su línea, 70 brazas, demora 3 minutos (aproximadamente).

Una braza es una unidad de medida inexacta y arcaica generalmente usada en el ámbito náutico. Existen dos valores posibles para la braza, la braza española que equivale a 1.67 metros y la braza inglesa que equivale a 1.83 metros.

$$Velocidad_{Braza\ Española} = \frac{70\ brazas * \frac{1.67\ metros}{1\ braza}}{180\ segundos} = 0.65\ m/s$$

$$Velocidad_{Braza\ Inglesa} = \frac{70\ brazas * \frac{1.83\ metros}{1\ braza}}{180\ segundos} = 0.71\ m/s$$

Como se mencionó anteriormente esta unidad de medida no es exacta, así que nada asegura que se use alguna de las conversiones usuales al momento de adquirir la línea de pesca. Por ese motivo se

considerará la mayor velocidad para el diseño. El objetivo del mecanismo es superar esa velocidad.

$$\text{Velocidad del Mecanismo} > 0.71 \text{ m/s}$$

b. Peso de la pota en el proceso actual

El proceso actual extrae pota con un rango de peso, según los pescadores, desde los 2 kg hasta los 50 kg, teniéndose casi la totalidad del producto entre los 20 y los 30 kg.

**RELACION TALLA - PESO / LENGHT-WEIGHT RELATIONSHIP**

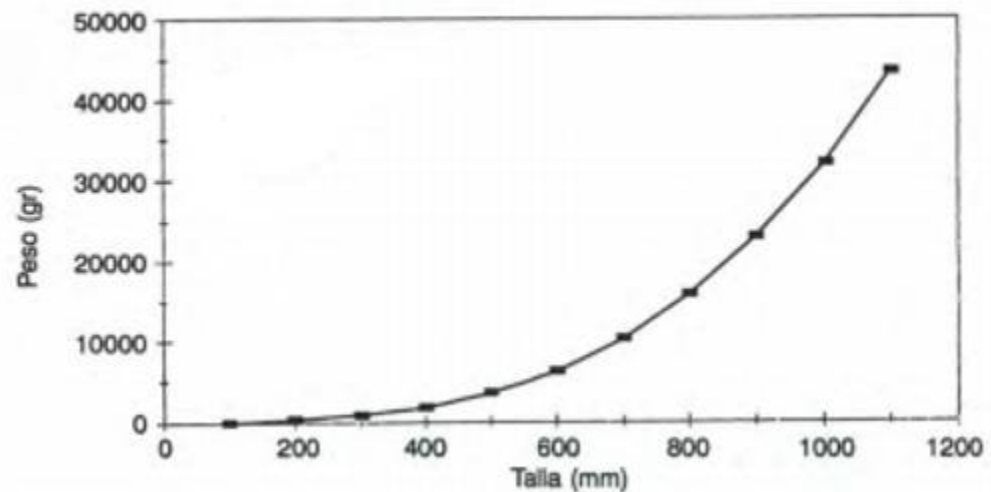


Ilustración 15 Relación Talla – Peso. Fuente. - IMARPE Compendio biológico tecnológico, Marzo de 1996

Se debe tener en cuenta que existen dos etapas al momento de calcular el peso, fuera y dentro del agua.

Dentro del agua su peso se ve reducido debido al principio de Arquímedes, “todo cuerpo sumergido dentro de un fluido experimenta

una fuerza ascendente llamada empuje, equivalente al peso del fluido desalojado por el cuerpo”.

$$\text{Empuje} = \text{Peso} - \text{Peso}_{\text{sumergido}}$$

$$\text{Volúmen} = \frac{\text{Peso}}{\text{Densidad}}$$

Se considerará que el peso más crítico es el de 50 kg, procedemos a hallar el peso de dicha pota sumergida en el agua.

$$\text{Volúmen} = \frac{50 \text{ kg}}{850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volúmen} = 5.88 * 10^{-2} \text{m}^3$$

Densidad de la Pota obtenida del “Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú”, IMARPE, marzo de 1996.

$$\text{Empuje} = \text{Densidad}_{\text{agua}} * \text{Volúmen}$$

$$\text{Empuje} = 1027 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 5.88 * 10^{-2} \text{m}^3$$

$$\text{Empuje} = 60.41 \text{ kg}$$

La densidad del agua de mar es ligeramente mayor a la del agua pura debido a la salinidad presente en ella.

$$\text{Peso}_{\text{sumergido}} = \text{Peso} - \text{Empuje}$$

$$Peso_{sumergido} = 50 \text{ kg} - 60.41 \text{ kg}$$

$$Peso_{sumergido} = -10.41 \text{ kg}$$

El resultado en valor negativo nos indica que la pota debería flotar naturalmente, pero como se vio en el Capítulo II, sección 2.2, la pota se desplaza mediante el uso de dos aletas en conjunción con su sifón, una cavidad ventral que le proporciona propulsión a chorro absorbiendo y expulsando agua. La pota controlaría su profundidad en el agua aumentando o disminuyendo el agua al interior de su sifón. Teniendo en cuenta que la velocidad máxima registrada en una pota adulta es de 24 km/h (6.67 m/s) se calculará la fuerza con la que se desplazan.

$$Fuerza_{Desplazamiento} = masa * aceleración$$

Se considerará que la velocidad máxima se da en un segundo debido al chorro expulsado.

$$Fuerza_{Desplazamiento} = 50 \text{ kg} * 6.67 \text{ m/s}^2$$

$$Fuerza_{Desplazamiento} = 333.5 \text{ N} = 34 \text{ kg}$$

Teniendo como fuerza total para la extracción de la pota mientras está en el mar. –

$$Fuerza_{Total} = Fuerza_{Desplazamiento} + Peso_{Sumergido} = 34 \text{ kg} - 10.41 \text{ kg}$$

$$Fuerza_{Total} = 23.59 \text{ kg}$$

Se repetirá el anterior cálculo para el peso de 30 kg, el cual es el más usual según los pescadores artesanales encuestados.

$$Volúmen = \frac{30 \text{ kg}}{850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$Volúmen = 3.53 * 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$Empuje = 1027 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 3.53 * 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$Empuje = 36.25 \text{ kg}$$

$$Peso_{sumergido} = Peso - Empuje$$

$$Peso_{sumergido} = 30 \text{ kg} - 36.25 \text{ kg}$$

$$Peso_{sumergido} = -6.25 \text{ kg}$$

$$Fuerza_{Desplazamiento} = masa * aceleración$$

$$Fuerza_{Desplazamiento} = 30 \text{ kg} * 6.67 \text{ m/s}^2$$

$$Fuerza_{Desplazamiento} = 200.1 \text{ N} = 20.4 \text{ kg}$$

$$Fuerza_{Total} = Fuerza_{Desplazamiento} + Peso_{Sumergido} = 20.4 \text{ kg} - 6.25 \text{ kg}$$

$$Fuerza_{Total} = 14.15 \text{ kg}$$

Fuera del agua el peso no tiene modificaciones, ya que el chorro de agua proporcionado por el sifón funciona una única vez al momento de sacar a la pota del agua.

Se debe tomar en cuenta que la prioridad principal del diseño es la disminución del tiempo usado en la extracción del producto, motivo por el cual se tomará el peso bajo el agua como el indicador principal para el diseño. Esta decisión se debe a que casi la totalidad del tiempo en el proceso se da elevando la pota al nivel de la embarcación y de ahí el movimiento de subir la pota a la embarcación se da en un par de segundos por más pesada que sea.

	Pota de 30 kg (más usual)	Pota de 50 kg (poco usual)
Peso dentro del agua	15 kg	25 kg
Peso fuera del agua	30 kg	50 kg

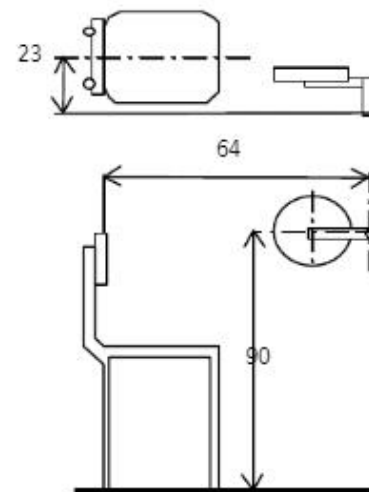
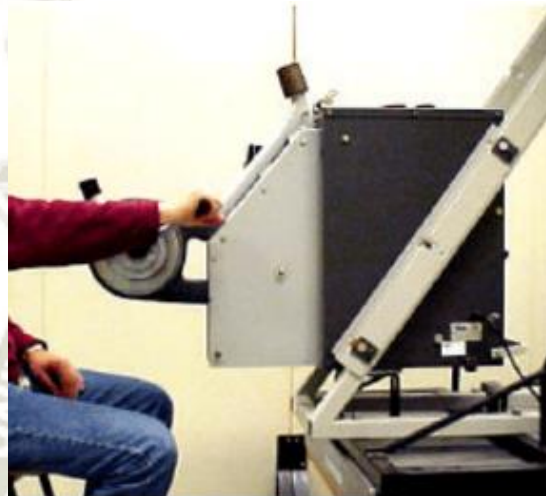
Tabla 7 Peso de la pota para el diseño. Fuente. – Elaboración propia.

c. Fuerza y velocidad del usuario

Para efectuar consideraciones congruentes con el objetivo del diseño se consultó el artículo científico “*Human Power; Comfortable one-hand cranking*”, o “*Fuerza Humana; Giro ergonómico de una manivela con una sola mano*” si se le traduce, presentado por Arjen Janse y Peter Slob en la conferencia internacional en el diseño en ingeniería ICED 03 en Estocolmo en agosto del 2003. En el artículo se calculó

de forma experimental la potencia que un ser humano podría generar de forma sostenida y ergonómica con una mano en un mecanismo de manivela.

El experimento conto con 6 hombres entre los 19 y 26 años los cuales giraban un pedal el cual media la potencia que generaban en watts.



*Ilustración 16 Mecanismo de medición de la potencia humana. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003*

El experimento terminaría si el usuario sentía incomodidad, dolor, era incapaz de girar el pedal a 60 RPM como mínimo o transcurrían 30 minutos.

Los resultados fueron los siguientes. -

En la siguiente ilustración observaremos el esfuerzo de cada usuario en la escala Borg. La escala Borg es una forma subjetiva de medir la sensación del esfuerzo percibido por una persona.

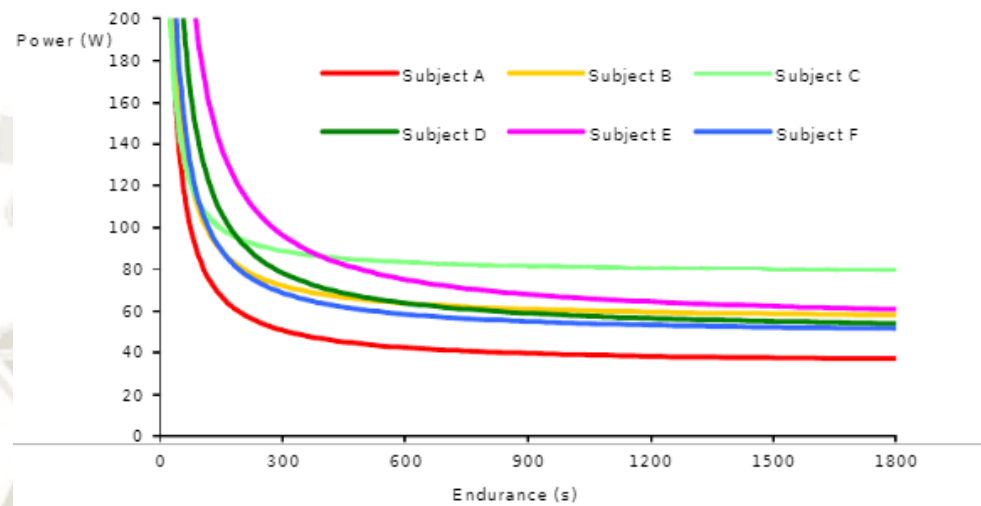


Ilustración 17 Potencia en relación al aguante. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003.

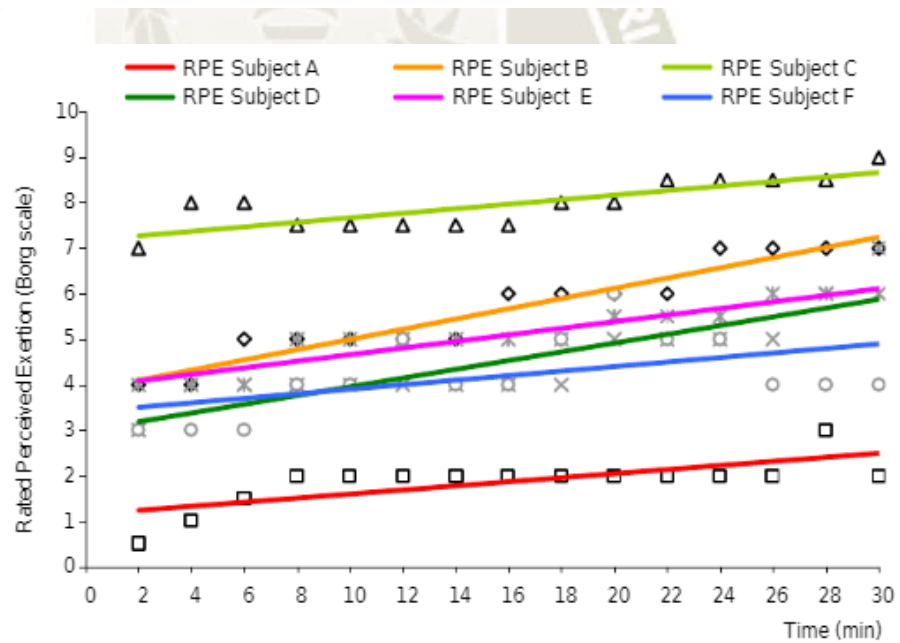


Ilustración 18 Sensación de cansancio en la escala Borg en relación al tiempo. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003.

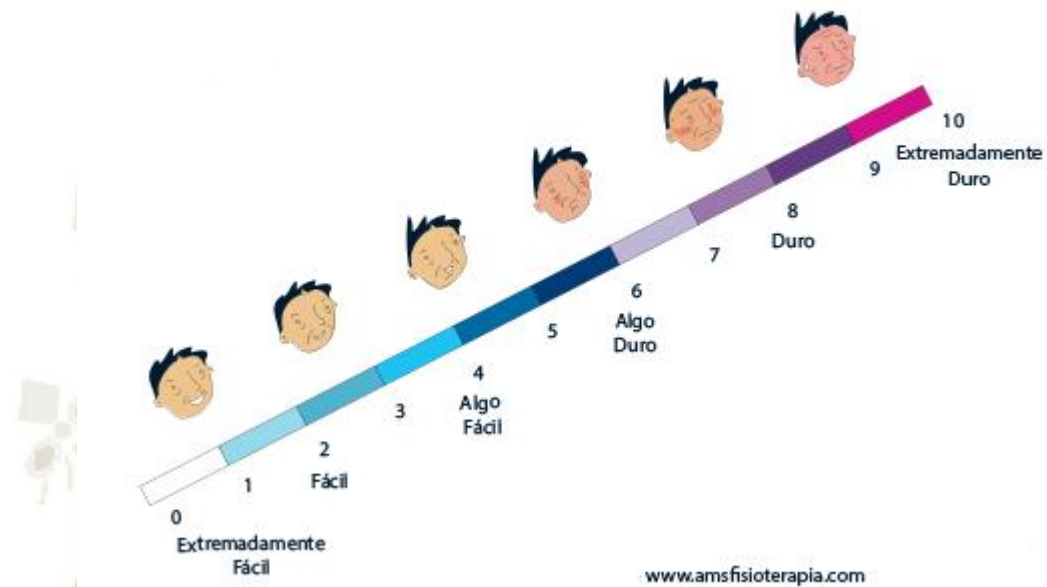


Ilustración 19 Escala Borg. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003.

El artículo concluye que una potencia sostenida por 30 minutos en una manivela accionada por una sola mano es de  $54 \pm 14$  W.

Las siguientes consideraciones serán la base para los siguientes cálculos. –

- Una potencia de 50 W por mano. Esta decisión podría considerarse demasiado optimista debido a que la jornada de un pescador es obviamente mayor a 30 minutos, pero cabe resaltar que mientras el anzuelo se sumerge el pescador puede descansar, además que se usará la potencia de 50 W para el caso en que se quiera pescar una pota de 50 Kg, que como ya se mencionó es muy poco usual en la jornada, así que para una

pota de 30 kg la potencia necesaria será menor por lo cual el movimiento será menos desgastante.

- Una manivela de 0.2 m de largo. En el artículo anteriormente citado usaron un tamaño cercano, de 0.175 m. Como el diseño a tratar en esta tesis tendrá al usuario de pie es posible elevar ese largo.
- Velocidad de rotación de 60 rpm. Simulando los parámetros del experimento anteriormente mencionado.

Con estas consideraciones podemos hallar la fuerza del usuario.

$$50 W = 50 \frac{N \cdot m}{s}$$

$$Fuerza * 0.2m * \frac{1 rev}{s} = 50 \frac{N \cdot m}{s}$$

$$Fuerza en una mano = 250 N \cong 25 kg$$

d. Diagrama de cuerpo libre general

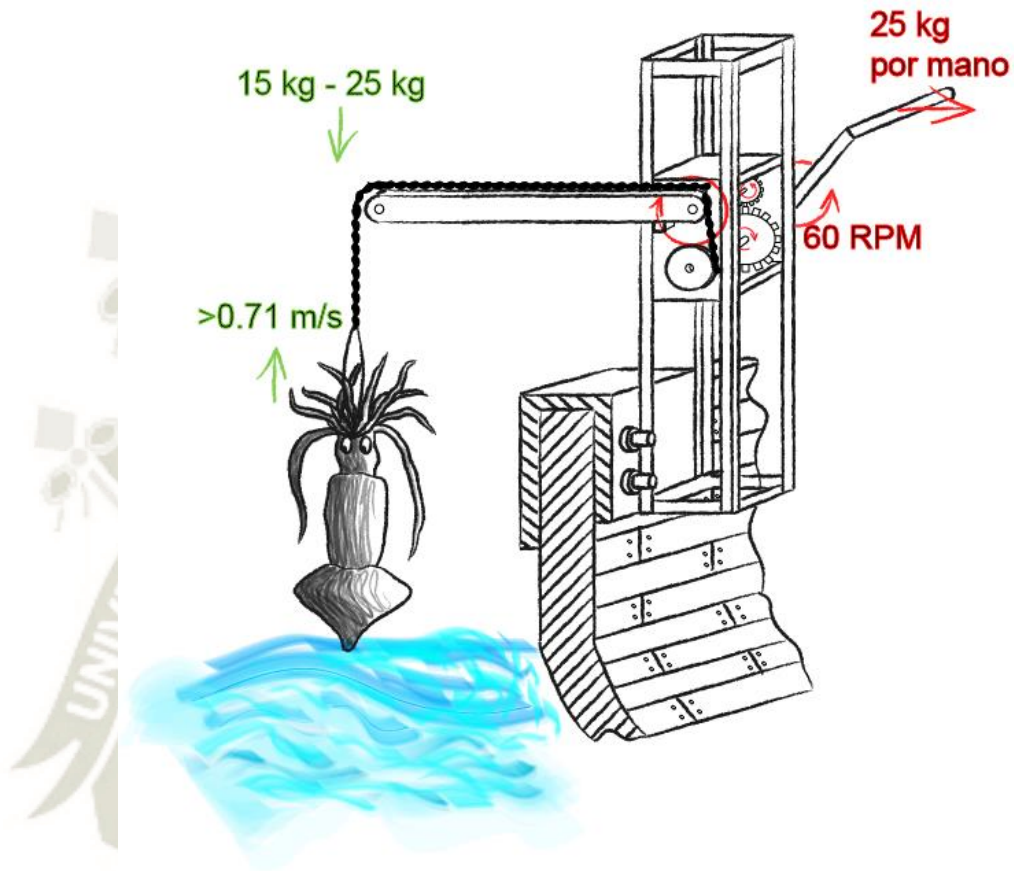


Ilustración 20 Diagrama de cuerpo libre general. Fuente. – Elaboración propia.

3.4.2. Reducción por engranajes y diámetro del carrete

Ya que las fuerzas externas del mecanismo fueron calculadas se procederá a encontrar la conversión de torque necesaria para el mayor aumento posible en la velocidad del proceso.

Es necesario señalar que el diámetro del carrete de pesca será crítico para el diseño, debido a que si se cambia el diámetro del carrete tanto la velocidad como el torque necesario cambiará. Teniendo en cuenta el

espacio máximo que el mecanismo puede ocupar en la embarcación se efectuarán los cálculos para carretes desde 0.05 m a 0.2 m de diámetro. Primero se hallará el torque que el carrete deberá soportar para pota de 15 o 25 kg. (En la fila “Torque”)

$$\text{Torque} = \frac{\text{Diámetro}}{2} * \text{Peso de la Pota}$$

Este torque se multiplicará por el factor de conversión, desde 2 a 16.

Convertidor Máx	Diámetro (m)	Torque		Convertidor / Pesos de pota bajo el agua											
		Peso Pota		2		2.5		3		3.5		4		4.5	
		15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg
16	0.05	0.38	0.63	3.75	6.25	4.69	7.81	5.63	9.38	6.56	10.94	7.50	12.50	8.44	14.06
13	0.06	0.45	0.75	4.50	7.50	5.63	9.38	6.75	11.25	7.88	13.13	9.00	15.00	10.13	16.88
11	0.07	0.53	0.88	5.25	8.75	6.56	10.94	7.88	13.13	9.19	15.31	10.50	17.50	11.81	19.69
10	0.08	0.60	1.00	6.00	10.00	7.50	12.50	9.00	15.00	10.50	17.50	12.00	20.00	13.50	22.50
8.5	0.09	0.68	1.13	6.75	11.25	8.44	14.06	10.13	16.88	11.81	19.69	13.50	22.50	15.19	25.31
8	0.10	0.75	1.25	7.50	12.50	9.38	15.63	11.25	18.75	13.13	21.88	15.00	25.00	16.88	28.13
7	0.11	0.83	1.38	8.25	13.75	10.31	17.19	12.38	20.63	14.44	24.06	16.50	27.50	18.56	30.94
6.5	0.12	0.90	1.50	9.00	15.00	11.25	18.75	13.50	22.50	15.75	26.25	18.00	30.00	20.25	33.75
6	0.13	0.98	1.63	9.75	16.25	12.19	20.31	14.63	24.38	17.06	28.44	19.50	32.50	21.94	36.56
5.5	0.14	1.05	1.75	10.50	17.50	13.13	21.88	15.75	26.25	18.38	30.63	21.00	35.00	23.63	39.38
5	0.15	1.13	1.88	11.25	18.75	14.06	23.44	16.88	28.13	19.69	32.81	22.50	37.50	25.31	42.19
5	0.16	1.20	2.00	12.00	20.00	15.00	25.00	18.00	30.00	21.00	35.00	24.00	40.00	27.00	45.00
4.5	0.17	1.28	2.13	12.75	21.25	15.94	26.56	19.13	31.88	22.31	37.19	25.50	42.50	28.69	47.81
4	0.18	1.35	2.25	13.50	22.50	16.88	28.13	20.25	33.75	23.63	39.38	27.00	45.00	30.38	50.63
4	0.19	1.43	2.38	14.25	23.75	17.81	29.69	21.38	35.63	24.94	41.56	28.50	47.50	32.06	53.44
4	0.20	1.50	2.50	15.00	25.00	18.75	31.25	22.50	37.50	26.25	43.75	30.00	50.00	33.75	56.25
3.5	0.21	1.58	2.63	15.75	26.25	19.69	32.81	23.63	39.38	27.56	45.94	31.50	52.50	35.44	59.06
3.5	0.22	1.65	2.75	16.50	27.50	20.63	34.38	24.75	41.25	28.88	48.13	33.00	55.00	37.13	61.88
3	0.23	1.73	2.88	17.25	28.75	21.56	35.94	25.88	43.13	30.19	50.31	34.50	57.50	38.81	64.69
3	0.24	1.80	3.00	18.00	30.00	22.50	37.50	27.00	45.00	31.50	52.50	36.00	60.00	40.50	67.50
3	0.25	1.88	3.13	18.75	31.25	23.44	39.06	28.13	46.88	32.81	54.69	37.50	62.50	42.19	70.31
3	0.26	1.95	3.25	19.50	32.50	24.38	40.63	29.25	48.75	34.13	56.88	39.00	65.00	43.88	73.13
2.5	0.27	2.03	3.38	20.25	33.75	25.31	42.19	30.38	50.63	35.44	59.06	40.50	67.50	45.56	75.94
2.5	0.28	2.10	3.50	21.00	35.00	26.25	43.75	31.50	52.50	36.75	61.25	42.00	70.00	47.25	78.75
2.5	0.29	2.18	3.63	21.75	36.25	27.19	45.31	32.63	54.38	38.06	63.44	43.50	72.50	48.94	81.56
2.5	0.30	2.25	3.75	22.50	37.50	28.13	46.88	33.75	56.25	39.38	65.63	45.00	75.00	50.63	84.38

Convertidor Máx	Diámetro (m)	Torque		Convertidor / Pesos de pota bajo el agua											
		Peso Pota		5		5.5		6		6.5		7		8	
		15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg
16	0.05	0.38	0.63	9.38	15.63	10.31	17.19	11.25	18.75	12.19	20.31	13.13	21.88	15	25
13	0.06	0.45	0.75	11.25	18.75	12.38	20.63	13.50	22.50	14.63	24.38	15.75	26.25	18	30
11	0.07	0.53	0.88	13.13	21.88	14.44	24.06	15.75	26.25	17.06	28.44	18.38	30.63	21	35
10	0.08	0.60	1.00	15.00	25.00	16.50	27.50	18.00	30.00	19.50	32.50	21.00	35.00	24	40
8.5	0.09	0.68	1.13	16.88	28.13	18.56	30.94	20.25	33.75	21.94	36.56	23.63	39.38	27	45
8	0.10	0.75	1.25	18.75	31.25	20.63	34.38	22.50	37.50	24.38	40.63	26.25	43.75	30	50
7	0.11	0.83	1.38	20.63	34.38	22.69	37.81	24.75	41.25	26.81	44.69	28.88	48.13	33	55
6.5	0.12	0.90	1.50	22.50	37.50	24.75	41.25	27.00	45.00	29.25	48.75	31.50	52.50	36	60
6	0.13	0.98	1.63	24.38	40.63	26.81	44.69	29.25	48.75	31.69	52.81	34.13	56.88	39	65
5.5	0.14	1.05	1.75	26.25	43.75	28.88	48.13	31.50	52.50	34.13	56.88	36.75	61.25	42	70
5	0.15	1.13	1.88	28.13	46.88	30.94	51.56	33.75	56.25	36.56	60.94	39.38	65.63	45	75
5	0.16	1.20	2.00	30.00	50.00	33.00	55.00	36.00	60.00	39.00	65.00	42.00	70.00	48	80
4.5	0.17	1.28	2.13	31.88	53.13	35.06	58.44	38.25	63.75	41.44	69.06	44.63	74.38	51	85
4	0.18	1.35	2.25	33.75	56.25	37.13	61.88	40.50	67.50	43.88	73.13	47.25	78.75	54	90
4	0.19	1.43	2.38	35.63	59.38	39.19	65.31	42.75	71.25	46.31	77.19	49.88	83.13	57	95
4	0.20	1.50	2.50	37.50	62.50	41.25	68.75	45.00	75.00	48.75	81.25	52.50	87.50	60	100
3.5	0.21	1.58	2.63	39.38	65.63	43.31	72.19	47.25	78.75	51.19	85.31	55.13	91.88	63	105
3.5	0.22	1.65	2.75	41.25	68.75	45.38	75.63	49.50	82.50	53.63	89.38	57.75	96.25	66	110
3	0.23	1.73	2.88	43.13	71.88	47.44	79.06	51.75	86.25	56.06	93.44	60.38	100.63	69	115
3	0.24	1.80	3.00	45.00	75.00	49.50	82.50	54.00	90.00	58.50	97.50	63.00	105.00	72	120
3	0.25	1.88	3.13	46.88	78.13	51.56	85.94	56.25	93.75	60.94	101.56	65.63	109.38	75	125
3	0.26	1.95	3.25	48.75	81.25	53.63	89.38	58.50	97.50	63.38	105.63	68.25	113.75	78	130
2.5	0.27	2.03	3.38	50.63	84.38	55.69	92.81	60.75	101.25	65.81	109.69	70.88	118.13	81	135
2.5	0.28	2.10	3.50	52.50	87.50	57.75	96.25	63.00	105.00	68.25	113.75	73.50	122.50	84	140
2.5	0.29	2.18	3.63	54.38	90.63	59.81	99.69	65.25	108.75	70.69	117.81	76.13	126.88	87	145
2.5	0.30	2.25	3.75	56.25	93.75	61.88	103.13	67.50	112.50	73.13	121.88	78.75	131.25	90	150

Convertidor Máx	Diámetro (m)	Torque		Convertidor / Pesos de pota bajo el agua									
		Peso Pota		8.5		10		11		13		16	
		15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg	15 kg	25 kg
16	0.05	0.38	0.63	15.94	26.56	18.75	31.25	20.63	34.38	24.38	40.63	30.00	50.00
13	0.06	0.45	0.75	19.13	31.88	22.50	37.50	24.75	41.25	29.25	48.75	36.00	60.00
11	0.07	0.53	0.88	22.31	37.19	26.25	43.75	28.88	48.13	34.13	56.88	42.00	70.00
10	0.08	0.60	1.00	25.50	42.50	30.00	50.00	33.00	55.00	39.00	65.00	48.00	80.00
8.5	0.09	0.68	1.13	28.69	47.81	33.75	56.25	37.13	61.88	43.88	73.13	54.00	90.00
8	0.10	0.75	1.25	31.88	53.13	37.50	62.50	41.25	68.75	48.75	81.25	60.00	100.00
7	0.11	0.83	1.38	35.06	58.44	41.25	68.75	45.38	75.63	53.63	89.38	66.00	110.00
6.5	0.12	0.90	1.50	38.25	63.75	45.00	75.00	49.50	82.50	58.50	97.50	72.00	120.00
6	0.13	0.98	1.63	41.44	69.06	48.75	81.25	53.63	89.38	63.38	105.63	78.00	130.00
5.5	0.14	1.05	1.75	44.63	74.38	52.50	87.50	57.75	96.25	68.25	113.75	84.00	140.00
5	0.15	1.13	1.88	47.81	79.69	56.25	93.75	61.88	103.13	73.13	121.88	90.00	150.00
5	0.16	1.20	2.00	51.00	85.00	60.00	100.00	66.00	110.00	78.00	130.00	96.00	160.00
4.5	0.17	1.28	2.13	54.19	90.31	63.75	106.25	70.13	116.88	82.88	138.13	102.00	170.00
4	0.18	1.35	2.25	57.38	95.63	67.50	112.50	74.25	123.75	87.75	146.25	108.00	180.00
4	0.19	1.43	2.38	60.56	100.94	71.25	118.75	78.38	130.63	92.63	154.38	114.00	190.00
4	0.20	1.50	2.50	63.75	106.25	75.00	125.00	82.50	137.50	97.50	162.50	120.00	200.00
3.5	0.21	1.58	2.63	66.94	111.56	78.75	131.25	86.63	144.38	102.38	170.63	126.00	210.00
3.5	0.22	1.65	2.75	70.13	116.88	82.50	137.50	90.75	151.25	107.25	178.75	132.00	220.00
3	0.23	1.73	2.88	73.31	122.19	86.25	143.75	94.88	158.13	112.13	186.88	138.00	230.00
3	0.24	1.80	3.00	76.50	127.50	90.00	150.00	99.00	165.00	117.00	195.00	144.00	240.00
3	0.25	1.88	3.13	79.69	132.81	93.75	156.25	103.13	171.88	121.88	203.13	150.00	250.00
3	0.26	1.95	3.25	82.88	138.13	97.50	162.50	107.25	178.75	126.75	211.25	156.00	260.00
2.5	0.27	2.03	3.38	86.06	143.44	101.25	168.75	111.38	185.63	131.63	219.38	162.00	270.00
2.5	0.28	2.10	3.50	89.25	148.75	105.00	175.00	115.50	192.50	136.50	227.50	168.00	280.00
2.5	0.29	2.18	3.63	92.44	154.06	108.75	181.25	119.63	199.38	141.38	235.63	174.00	290.00
2.5	0.30	2.25	3.75	95.63	159.38	112.50	187.50	123.75	206.25	146.25	243.75	180.00	300.00

Tabla 8 Diámetro del carrete y fuerza del usuario para extraer una pota. Fuente. – Elaboración propia.

En la anterior tabla se tiene la fuerza que el usuario debería usar en cada diámetro y con cada convertidor. Se considerará las combinaciones en donde no se sobrepase los 50 kg de fuerza y se escogerán las que tengan mayor factor de conversión. Dicha combinación se da en la primera y segunda columna de la tabla. Las celdas resaltadas en verde son las opciones que demostraron una alta mejora en la velocidad con respecto al proceso actual (datos obtenidos de la siguiente tabla).

Ya que se consideró que la velocidad angular es de 60 RPM se hallará la velocidad lineal con el perímetro del carrete.

$$Vel. del mecanismo = 60 \frac{revoluciones}{minuto} * \frac{1 minuto}{60 segundos} * \frac{Diametro * \pi}{1 revolución}$$

$$Velocidad del mecanismo = \frac{Diametro * \pi}{segundo}$$

Aumento de Velocidad	Convertidor Máx	Diámetro (m)	Convertidor / RPM																
			2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	8.5	10	11	13	16
			120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	480	510	600	660	780	960
254%	16	0.05	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	0.79	0.86	0.94	1.02	1.10	1.26	1.33	1.57	1.73	2.04	2.51
245%	13	0.06	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	0.85	0.94	1.04	1.13	1.22	1.32	1.51	1.60	1.88	2.07	2.45	3.01
241%	11	0.07	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	1.10	1.21	1.32	1.43	1.54	1.76	1.87	2.20	2.42	2.86	3.52
254%	10	0.08	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.26	1.38	1.51	1.63	1.76	2.01	2.14	2.51	2.76	3.27	4.02
238%	8.5	0.09	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41	1.55	1.70	1.84	1.98	2.26	2.40	2.83	3.11	3.67	4.52
254%	8	0.10	0.63	0.79	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88	2.04	2.20	2.51	2.67	3.14	3.45	4.08	5.02
241%	7	0.11	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07	2.25	2.42	2.76	2.94	3.45	3.80	4.49	5.53
245%	6.5	0.12	0.75	0.94	1.13	1.32	1.51	1.70	1.88	2.07	2.26	2.45	2.64	3.01	3.20	3.77	4.14	4.90	6.03
245%	6	0.13	0.82	1.02	1.22	1.43	1.63	1.84	2.04	2.25	2.45	2.65	2.86	3.27	3.47	4.08	4.49	5.31	6.53
241%	5.5	0.14	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	2.86	3.08	3.52	3.74	4.40	4.84	5.71	7.03
232%	5	0.15	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	2.36	2.59	2.83	3.06	3.30	3.77	4.00	4.71	5.18	6.12	7.54
254%	5	0.16	1.00	1.26	1.51	1.76	2.01	2.26	2.51	2.76	3.01	3.27	3.52	4.02	4.27	5.02	5.53	6.53	8.04
238%	4.5	0.17	1.07	1.33	1.60	1.87	2.14	2.40	2.67	2.94	3.20	3.47	3.74	4.27	4.54	5.34	5.87	6.94	8.54
218%	4	0.18	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83	3.11	3.39	3.67	3.96	4.52	4.80	5.65	6.22	7.35	9.04
236%	4	0.19	1.19	1.49	1.79	2.09	2.39	2.68	2.98	3.28	3.58	3.88	4.18	4.77	5.07	5.97	6.56	7.76	9.55
254%	4	0.20	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.08	4.40	5.02	5.34	6.28	6.91	8.16	10.05
225%	3.5	0.21	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.30	3.63	3.96	4.29	4.62	5.28	5.60	6.59	7.25	8.57	10.55
241%	3.5	0.22	1.38	1.73	2.07	2.42	2.76	3.11	3.45	3.80	4.14	4.49	4.84	5.53	5.87	6.91	7.60	8.98	11.05
205%	3	0.23	1.44	1.81	2.17	2.53	2.89	3.25	3.61	3.97	4.33	4.69	5.06	5.78	6.14	7.22	7.94	9.39	11.56
218%	3	0.24	1.51	1.88	2.26	2.64	3.01	3.39	3.77	4.14	4.52	4.90	5.28	6.03	6.41	7.54	8.29	9.80	12.06
232%	3	0.25	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.10	5.50	6.28	6.67	7.85	8.64	10.21	12.56
245%	3	0.26	1.63	2.04	2.45	2.86	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.53	6.94	8.16	8.98	10.61	13.06
199%	2.5	0.27	1.70	2.12	2.54	2.97	3.39	3.82	4.24	4.66	5.09	5.51	5.93	6.78	7.21	8.48	9.33	11.02	13.56
210%	2.5	0.28	1.76	2.20	2.64	3.08	3.52	3.96	4.40	4.84	5.28	5.71	6.15	7.03	7.47	8.79	9.67	11.43	14.07
221%	2.5	0.29	1.82	2.28	2.73	3.19	3.64	4.10	4.55	5.01	5.46	5.92	6.37	7.28	7.74	9.11	10.02	11.84	14.57
232%	2.5	0.30	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.12	6.59	7.54	8.01	9.42	10.36	12.25	15.07

Tabla 9 Diámetro del carreta y velocidad lineal de extracción de una pota. Fuente. – Elaboración propia.

Con la combinación de diámetro y convertidor de la tabla de fuerzas se calcula el aumento de velocidad.

$$\text{Aumento de la vel.} = \left( \frac{\text{Velocidad del mecanismo}}{\text{Velocidad actual del proceso}} - 1 \right) * 100$$

Siendo la velocidad actual del proceso 7.1 m/s. El resultado de este cálculo se encuentra en la primera columna y se resaltó con color verde los valores máximos.

Se puede concluir que el aumento en la eficiencia del proceso es sumamente elevado. La mejora llega a tal punto que 70 brazadas se

podrían elevar en 51 segundos. Menos de un tercio del tiempo requerido en el proceso actual (3 minutos).

Es evidente también que los convertidores usados son de un factor elevado si tenemos en cuenta que la fuente de energía del sistema es un ser humano y no un motor eléctrico. En el caso del convertidor de factor 8 en el carrete de diámetro 0.10 m, un factor así significa que el torque introducido es dividido entre 8 para así aumentar 8 veces su velocidad angular.

Ya que la fuerza es dividida en un factor tan elevado se calculará el caso en el que se eleven dos potas al mismo tiempo, si estos cálculos presentan una mejora el diseño se modificará.

Como peso mínimo de pota se considerará que se extraen dos potas de 30 kg. Como peso máximo se considerará que se extraen una pota de 50 kg y una pota de 30 kg. Recordar que las tablas calculan el peso de la pota sumergida.

Convertidor Máx	Diámetro (m)	Torque		Convertidor / Pesos de pota bajo el agua											
		Peso Pota		2		2.5		3		3.5		4		4.5	
		30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg
10	0.05	0.75	1.00	7.50	10.00	9.38	12.50	11.25	15.00	13.13	17.50	15.00	20.00	16.88	22.50
8	0.06	0.90	1.20	9.00	12.00	11.25	15.00	13.50	18.00	15.75	21.00	18.00	24.00	20.25	27.00
7	0.07	1.05	1.40	10.50	14.00	13.13	17.50	15.75	21.00	18.38	24.50	21.00	28.00	23.63	31.50
6	0.08	1.20	1.60	12.00	16.00	15.00	20.00	18.00	24.00	21.00	28.00	24.00	32.00	27.00	36.00
5.5	0.09	1.35	1.80	13.50	18.00	16.88	22.50	20.25	27.00	23.63	31.50	27.00	36.00	30.38	40.50
5	0.10	1.50	2.00	15.00	20.00	18.75	25.00	22.50	30.00	26.25	35.00	30.00	40.00	33.75	45.00
4.5	0.11	1.65	2.20	16.50	22.00	20.63	27.50	24.75	33.00	28.88	38.50	33.00	44.00	37.13	49.50
4	0.12	1.80	2.40	18.00	24.00	22.50	30.00	27.00	36.00	31.50	42.00	36.00	48.00	40.50	54.00
3.5	0.13	1.95	2.60	19.50	26.00	24.38	32.50	29.25	39.00	34.13	45.50	39.00	52.00	43.88	58.50
3.5	0.14	2.10	2.80	21.00	28.00	26.25	35.00	31.50	42.00	36.75	49.00	42.00	56.00	47.25	63.00
3	0.15	2.25	3.00	22.50	30.00	28.13	37.50	33.75	45.00	39.38	52.50	45.00	60.00	50.63	67.50
3	0.16	2.40	3.20	24.00	32.00	30.00	40.00	36.00	48.00	42.00	56.00	48.00	64.00	54.00	72.00
2.5	0.17	2.55	3.40	25.50	34.00	31.88	42.50	38.25	51.00	44.63	59.50	51.00	68.00	57.38	76.50
2.5	0.18	2.70	3.60	27.00	36.00	33.75	45.00	40.50	54.00	47.25	63.00	54.00	72.00	60.75	81.00
2.5	0.19	2.85	3.80	28.50	38.00	35.63	47.50	42.75	57.00	49.88	66.50	57.00	76.00	64.13	85.50
2.5	0.20	3.00	4.00	30.00	40.00	37.50	50.00	45.00	60.00	52.50	70.00	60.00	80.00	67.50	90.00
2	0.21	3.15	4.20	31.50	42.00	39.38	52.50	47.25	63.00	55.13	73.50	63.00	84.00	70.88	94.50
2	0.22	3.30	4.40	33.00	44.00	41.25	55.00	49.50	66.00	57.75	77.00	66.00	88.00	74.25	99.00
2	0.23	3.45	4.60	34.50	46.00	43.13	57.50	51.75	69.00	60.38	80.50	69.00	92.00	77.63	103.50
2	0.24	3.60	4.80	36.00	48.00	45.00	60.00	54.00	72.00	63.00	84.00	72.00	96.00	81.00	108.00
2	0.25	3.75	5.00	37.50	50.00	46.88	62.50	56.25	75.00	65.63	87.50	75.00	100.00	84.38	112.50
	0.26	3.90	5.20	39.00	52.00	48.75	65.00	58.50	78.00	68.25	91.00	78.00	104.00	87.75	117.00
	0.27	4.05	5.40	40.50	54.00	50.63	67.50	60.75	81.00	70.88	94.50	81.00	108.00	91.13	121.50
	0.28	4.20	5.60	42.00	56.00	52.50	70.00	63.00	84.00	73.50	98.00	84.00	112.00	94.50	126.00
	0.29	4.35	5.80	43.50	58.00	54.38	72.50	65.25	87.00	76.13	101.50	87.00	116.00	97.88	130.50
	0.30	4.50	6.00	45.00	60.00	56.25	75.00	67.50	90.00	78.75	105.00	90.00	120.00	101.25	135.00

Convertidor Máx	Diámetro (m)	Torque		Convertidor / Pesos de pota bajo el agua											
		Peso Pota		5		5.5		6		7		8		10	
		30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg	30 kg	40 kg
10	0.05	0.75	1.00	18.75	25.00	20.63	27.50	22.50	30.00	26.25	35.00	30	40	37.50	50.00
8	0.06	0.90	1.20	22.50	30.00	24.75	33.00	27.00	36.00	31.50	42.00	36	48	45.00	60.00
7	0.07	1.05	1.40	26.25	35.00	28.88	38.50	31.50	42.00	36.75	49.00	42	56	52.50	70.00
6	0.08	1.20	1.60	30.00	40.00	33.00	44.00	36.00	48.00	42.00	56.00	48	64	60.00	80.00
5.5	0.09	1.35	1.80	33.75	45.00	37.13	49.50	40.50	54.00	47.25	63.00	54	72	67.50	90.00
5	0.10	1.50	2.00	37.50	50.00	41.25	55.00	45.00	60.00	52.50	70.00	60	80	75.00	100.00
4.5	0.11	1.65	2.20	41.25	55.00	45.38	60.50	49.50	66.00	57.75	77.00	66	88	82.50	110.00
4	0.12	1.80	2.40	45.00	60.00	49.50	66.00	54.00	72.00	63.00	84.00	72	96	90.00	120.00
3.5	0.13	1.95	2.60	48.75	65.00	53.63	71.50	58.50	78.00	68.25	91.00	78	104	97.50	130.00
3.5	0.14	2.10	2.80	52.50	70.00	57.75	77.00	63.00	84.00	73.50	98.00	84	112	105.00	140.00
3	0.15	2.25	3.00	56.25	75.00	61.88	82.50	67.50	90.00	78.75	105.00	90	120	112.50	150.00
3	0.16	2.40	3.20	60.00	80.00	66.00	88.00	72.00	96.00	84.00	112.00	96	128	120.00	160.00
2.5	0.17	2.55	3.40	63.75	85.00	70.13	93.50	76.50	102.00	89.25	119.00	102	136	127.50	170.00
2.5	0.18	2.70	3.60	67.50	90.00	74.25	99.00	81.00	108.00	94.50	126.00	108	144	135.00	180.00
2.5	0.19	2.85	3.80	71.25	95.00	78.38	104.50	85.50	114.00	99.75	133.00	114	152	142.50	190.00
2.5	0.20	3.00	4.00	75.00	100.00	82.50	110.00	90.00	120.00	105.00	140.00	120	160	150.00	200.00
2	0.21	3.15	4.20	78.75	105.00	86.63	115.50	94.50	126.00	110.25	147.00	126	168	157.50	210.00
2	0.22	3.30	4.40	82.50	110.00	90.75	121.00	99.00	132.00	115.50	154.00	132	176	165.00	220.00
2	0.23	3.45	4.60	86.25	115.00	94.88	126.50	103.50	138.00	120.75	161.00	138	184	172.50	230.00
2	0.24	3.60	4.80	90.00	120.00	99.00	132.00	108.00	144.00	126.00	168.00	144	192	180.00	240.00
2	0.25	3.75	5.00	93.75	125.00	103.13	137.50	112.50	150.00	131.25	175.00	150	200	187.50	250.00
	0.26	3.90	5.20	97.50	130.00	107.25	143.00	117.00	156.00	136.50	182.00	156	208	195.00	260.00
	0.27	4.05	5.40	101.25	135.00	111.38	148.50	121.50	162.00	141.75	189.00	162	216	202.50	270.00
	0.28	4.20	5.60	105.00	140.00	115.50	154.00	126.00	168.00	147.00	196.00	168	224	210.00	280.00
	0.29	4.35	5.80	108.75	145.00	119.63	159.50	130.50	174.00	152.25	203.00	174	232	217.50	290.00
	0.30	4.50	6.00	112.50	150.00	123.75	165.00	135.00	180.00	157.50	210.00	180	240	225.00	300.00

Tabla 10 Diámetro del carrete y fuerza del usuario para extraer dos potas. Fuente. – Elaboración propia

El caso en el que se extraigan dos potas de 50 kg al mismo tiempo es poco probable y no se tomará en cuenta, cabe resaltar que la fuerza del usuario en este caso no sería su fuerza máxima. Usando como ejemplo al diámetro de carrete de 0.10 m y su convertidor de factor 5 el usuario tendría que ejercer 62.5 kg de fuerza en total, 31.25 kg de fuerza por mano (un 25% más de la fuerza máxima ergonómica asumida del usuario) pero por un periodo menor a los 2 minutos lo cual lo mantiene dentro de un rango ergonómico.

Aumento de Velocidad	Convertidor Máx	Diámetro (m)	Convertidor / RPM													
			2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	8.5	10
			120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	480	510	600
121%	10	0.05	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	0.79	0.86	0.94	1.02	1.10	1.26	1.33	1.57
112%	8	0.06	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	0.85	0.94	1.04	1.13	1.22	1.32	1.51	1.60	1.88
117%	7	0.07	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99	1.10	1.21	1.32	1.43	1.54	1.76	1.87	2.20
112%	6	0.08	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.26	1.38	1.51	1.63	1.76	2.01	2.14	2.51
119%	5.5	0.09	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41	1.55	1.70	1.84	1.98	2.26	2.40	2.83
121%	5	0.10	0.63	0.79	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88	2.04	2.20	2.51	2.67	3.14
119%	4.5	0.11	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07	2.25	2.42	2.76	2.94	3.45
112%	4	0.12	0.75	0.94	1.13	1.32	1.51	1.70	1.88	2.07	2.26	2.45	2.64	3.01	3.20	3.77
101%	3.5	0.13	0.82	1.02	1.22	1.43	1.63	1.84	2.04	2.25	2.45	2.65	2.86	3.27	3.47	4.08
117%	3.5	0.14	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	2.86	3.08	3.52	3.74	4.40
99%	3	0.15	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	2.36	2.59	2.83	3.06	3.30	3.77	4.00	4.71
112%	3	0.16	1.00	1.26	1.51	1.76	2.01	2.26	2.51	2.76	3.01	3.27	3.52	4.02	4.27	5.02
88%	2.5	0.17	1.07	1.33	1.60	1.87	2.14	2.40	2.67	2.94	3.20	3.47	3.74	4.27	4.54	5.34
99%	2.5	0.18	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83	3.11	3.39	3.67	3.96	4.52	4.80	5.65
110%	2.5	0.19	1.19	1.49	1.79	2.09	2.39	2.68	2.98	3.28	3.58	3.88	4.18	4.77	5.07	5.97
121%	2.5	0.20	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.08	4.40	5.02	5.34	6.28
86%	2	0.21	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.30	3.63	3.96	4.29	4.62	5.28	5.60	6.59
95%	2	0.22	1.38	1.73	2.07	2.42	2.76	3.11	3.45	3.80	4.14	4.49	4.84	5.53	5.87	6.91
103%	2	0.23	1.44	1.81	2.17	2.53	2.89	3.25	3.61	3.97	4.33	4.69	5.06	5.78	6.14	7.22
112%	2	0.24	1.51	1.88	2.26	2.64	3.01	3.39	3.77	4.14	4.52	4.90	5.28	6.03	6.41	7.54
121%	2	0.25	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.10	5.50	6.28	6.67	7.85
		0.26	1.63	2.04	2.45	2.86	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.53	6.94	8.16
		0.27	1.70	2.12	2.54	2.97	3.39	3.82	4.24	4.66	5.09	5.51	5.93	6.78	7.21	8.48
		0.28	1.76	2.20	2.64	3.08	3.52	3.96	4.40	4.84	5.28	5.71	6.15	7.03	7.47	8.79
		0.29	1.82	2.28	2.73	3.19	3.64	4.10	4.55	5.01	5.46	5.92	6.37	7.28	7.74	9.11
		0.30	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.12	6.59	7.54	8.01	9.42

Tabla 11 Diámetro del carrete y velocidad lineal de extracción de una pota. Fuente. – Elaboración propia.

La disminución en el tiempo de la extracción es tal que las 70 brazadas de línea de pesca son elevadas en 81 segundos.

Se vuelve evidente que el extraer dos potas al mismo tiempo no es solo viable si no también es más eficiente. Extrayendo una pota a la vez se demoraría 102 segundos más el tiempo en que el anzuelo se vuelva a sumergir, mientras que elevando dos al mismo tiempo solo serían 81 segundos.

No se calculará la posibilidad de capturar tres potas al mismo tiempo debido a que al elevarlas fuera del agua se tendría una carga de 90 kg como mínimo, esto obligaría al uso de herramientas de apoyo para la extracción de cada pota desde el nivel del mar al interior de la embarcación generando incomodidad al usuario.

En conclusión. –

- El mecanismo extraerá dos potas al mismo tiempo.
- Se usará un carrete de 0.10 m de diámetro.
- Se usará un convertidor de factor 5.
- El proceso de extracción de ambas potas durará 102 segundos para 70 brazadas, al menos según los cálculos teóricos.

### 3.4.3. Carrete

#### a. Dimensiones

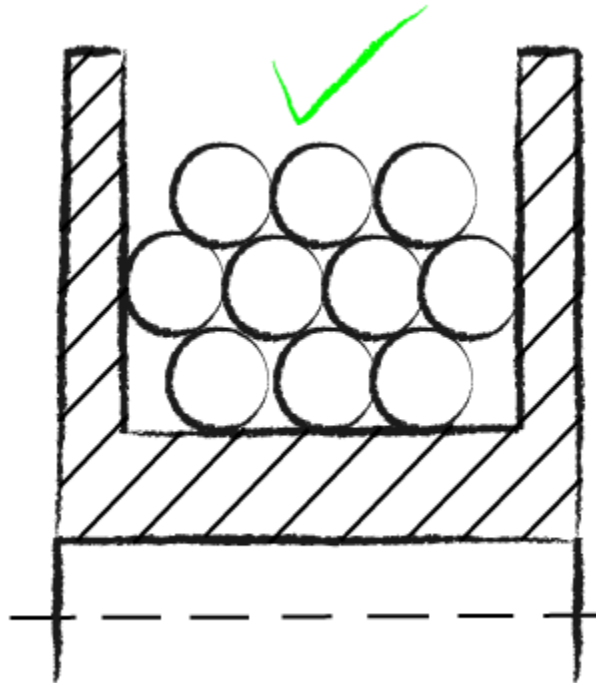
Mediante los cálculos obtenidos en la sección 3.4.2. se obtuvo un diámetro de 0.10 m, para obtener el resto de dimensiones se calculará el volumen ocupado por la línea de pesca. Se tomará como referencia la línea de pesca Power Pro por ser la más comercial, considerar que las dimensiones de Power Pro son idénticas a otras marcas diferenciándose únicamente por la calidad del material y el largo. Entre los datos de la pota en el marco teórico obtenemos que su hábitat natural se esparce hasta una profundidad de 200 metros.

Se escogerá una línea de pesca con una resistencia probada mayor a los 50 Kg usando la página de selección de PowerPro.

<http://www.powerpro.com/content/powerpro/northamerica/us/en/homepage/PDP.P-POWERPRO.html>

Se tiene líneas de pesca que aguantan 70 y 90 kg de tensión. Se calculará el carrete para una línea de 90 kg de aguante (200 lb) teniendo en cuenta que es probable que el usuario pueda querer ser más conservador y no usar líneas de pesca tan cercanas a los 50 kg. Este tipo de línea tiene 0.00076 m de diámetro.

Hay que considerar que la forma en la que la línea de pesca se enrolla en el carrete va a ser lo más compacta posible y se complicaría un



*Ilustración 21 Disposición real de la línea de pesca en el carrete. Fuente. - Elaboración propia.*

cálculo preciso del volumen ocupado. La siguiente ilustración muestra un ejemplo de cómo se enrollaría en la práctica.

Ya que esta disposición genera complicaciones asumiremos que la línea se enrolla de forma ordenada.

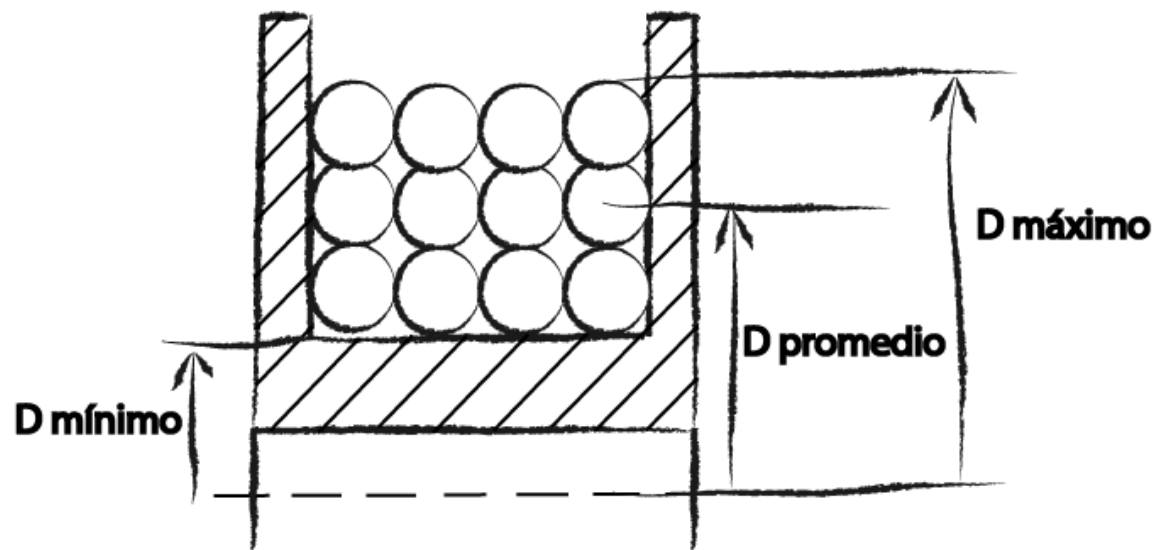


Ilustración 22 Disposición teórica para el cálculo.  
Fuente. – Elaboración propia.

Con dicha disposición se calculará el volumen como si la línea fuera un cuadrado cuyos lados sean iguales al diámetro.

$$\text{Volúmen} = \text{Diámetro}^2 * \text{Longitud de la Línea}$$

$$\text{Volúmen} = (0.00076 \text{ m})^2 * 200 \text{ m}$$

$$\text{Volúmen de la línea de pesca} = 11.55 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Como los 0.10 m de diámetro es en donde el convertidor tendrá su mayor eficiencia razón por la cual será el diámetro promedio.

$$1) \frac{D. \text{máx} + D. \text{mín}}{2} = 0.10 \text{ m}$$

$$2) \text{Volúmen } D. \text{máx} - \text{Volúmen } D. \text{mín} = \text{Volúmen de la línea de pesca}$$

$$2) \frac{\pi * D. \text{máx}^2}{4} * \text{Ancho} - \frac{\pi * D. \text{mín}^2}{4} * \text{Ancho} = 11.55 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Al tener 3 variables (D.máx, D.mín, Ancho) y dos ecuaciones no se podrá resolver el sistema de ecuaciones, por lo cual se usarán distintos valores para el ancho del carrete.

Ancho	D. mín	D. máx
0.005	0.027	0.174
0.01	0.063	0.137
0.015	0.076	0.125
0.02	0.082	0.118
0.025	0.085	0.115
0.03	0.088	0.112
0.035	0.090	0.111
0.04	0.091	0.109
0.045	0.092	0.108
0.05	0.093	0.107

Tabla 12 Diámetros dependiendo del ancho del carrete. Fuente. – Elaboración propia.

Se escogerá el ancho de 0.035 m ya que nos da un diámetro mínimo con mayor cercanía al diámetro promedio además de facilitar su manufactura al no trabajar con milímetros.

#### b. Material

El carrete es uno de los elementos más expuestos al ambiente corrosivo que se tiene en el proceso y es, a su vez, el elemento que

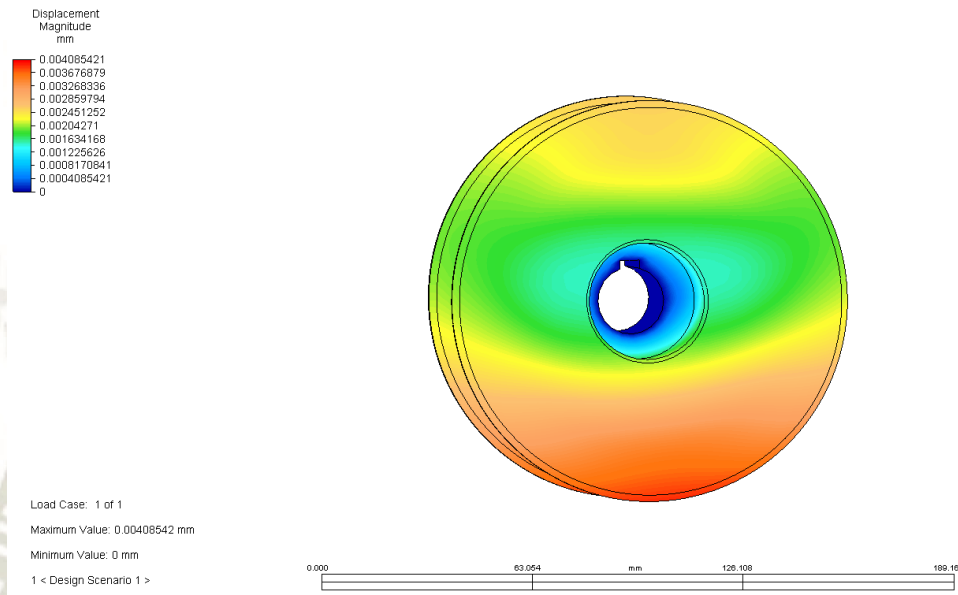
gira a mayor velocidad en todo el mecanismo. Es crítico el evitar cualquier efecto de la corrosión ya que si la línea de pesca es dañada por estos efectos el proceso es interrumpido completamente.

Se utilizará la “poliamida 6”, comercializada como Nylon 6,6 debido a su buena relación de propiedades mecánicas con su precio. La propiedad más crítica para la función del carrete es la de la resistencia a la abrasión, según el “Test de abrasión Taber” que se rige por la norma ASTM D4060, el nylon tiene un desgaste del 5.8% de su peso ante contacto directo a 5000 RPM. Teniendo en cuenta que la velocidad del carrete no superará los 500 RPM en ningún momento y que el carrete no tiene contacto en su totalidad con alguna otra superficie se puede tomar su nivel de resistencia a la abrasión como aceptable.

c. Análisis de fuerzas

Debido a que las fuerzas que el carrete soporta son sumamente bajas, teniendo un máximo de 50 kg de hale en el caso poco probable que se extraiga una pota de tal peso, se utilizará el software *Autodesk Simulation Mechanical* para comprobar si el carrete soportará los esfuerzos mecánicos. En dicho software se considera la fuerza máxima en el momento que la pota está en la superficie, eso quiere decir que el hilo está completamente enrollado generando una fuerza uniforme en el carrete. Considerando tanto el material como la geometría se obtiene los siguientes resultados. –

Ya que la deformación es técnicamente nula se concluye que tanto el material como la geometría son ideales para las fuerzas que soportarían.



*Ilustración 23 Deformación del carrete. Fuente. – Elaboración propia.*

d. Unión al eje

La unión al eje escogida es del tipo cuña, esta unión es calculada en la sección 3.4.8.

e. Unión a la línea de pesca

Se utilizará el nudo de pesca que le sea más cómodo al usuario. Como ejemplo se deja el siguiente nudo. –

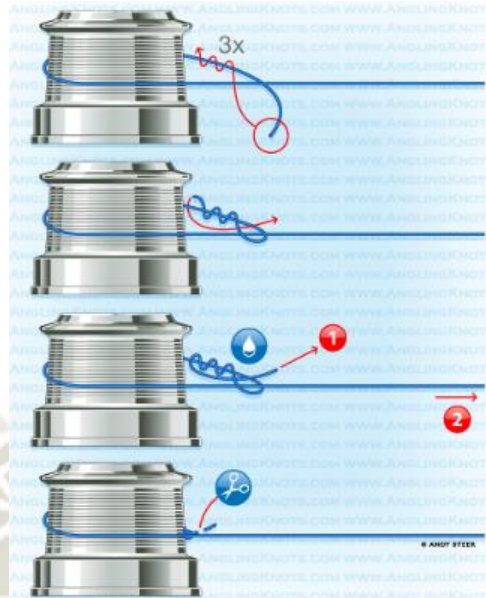


Ilustración 24 Ejemplo de nudo de carrete.  
Fuente. – Ilustración anónima.

#### 3.4.4. Par de engranajes

Para el diseño de engranajes se utilizará el método de diseño propuesto en el libro “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott el cual a su vez cumple con las normas propuestas por la Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (AGMA por sus siglas en inglés).

##### a. Consideraciones iniciales

- Se asumirá una distancia entre centros de 14 centímetros, esta distancia puede ser cambiada dependiendo de los resultados que se obtengan en el cálculo.
- Se tendrá un ángulo de presión de  $20^\circ$  debido a que es el estándar.

- Al tener un único par de engranajes se tomará una pérdida de potencia menor al 1% (capítulo 9.3 del libro consultado).
- En la sección 3.4.2 del presente trabajo se calculó un factor de conversión de 5.
- Según el capítulo 8.5 en la tabla 8.6 del libro consultado el número mínimo de dientes de un engranaje para evitar interferencia, suponiendo un factor de conversión de 5, es de 16.
- Teniendo en cuenta los módulos normalizados por AGMA (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes) se escogerá el módulo de 2.5 ya que junto con el factor de conversión y la distancia entre centros se obtiene un par de números de dientes de 19 y 93. Con el siguiente módulo normalizado, el de 3, se tiene un par de dientes de 15 y 75, teniendo una alta probabilidad de interferencia.
- Los diámetros primitivos de los engranajes son de 0.0475 m y 0.2325 m.
- La velocidad a considerar es de 60 RPM.
- El torque a considerar será el del caso más crítico, cuando se extraigan dos potas de 50 kg cada una.
- Se diseñarán engranajes rectos para simplificar su manufactura y minimizar costos. Se debe tener en cuenta que los inconvenientes usuales como el elevado ruido o la baja resistencia solo se dan

en elevadas velocidades o altos torques respectivamente. Otro motivo para usar el engranaje recto en vez de uno helicoidal es el contacto entre dientes, al helicoidal al tener un mayor contacto también tendrá un mayor desgaste. Por último, al usar engranajes rectos se evita las fuerzas axiales en el diseño.

b. Esfuerzo flexionante

La siguiente ecuación es una modificación de la ecuación de Lewis para el esfuerzo flexionante, se usarán distintas tablas y factores para asegurar un correcto funcionamiento del par de engranajes.

$$S_t = \frac{W_t * P_d}{F * J} * K_o * K_s * K_m * K_B * K_v$$

- $W_t$  = Fuerza tangencial (libras)

Teniendo dos potas de 50 kg y un carrete de 0.10 m de diámetro obtenemos un torque de 5 kg\*m. Este torque nos proporcionará la fuerza tangencial gracias al diámetro del engranaje.

$$W_t = \frac{\text{Torque}}{\frac{\text{Diámetro del engranaje}}{2}}$$

$$W_t = \frac{5 \text{ kg} * \text{m}}{0.0475 \text{ m}} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}$$

$$W_t = 463.16 \text{ lb}$$

- $P_d$  = Paso diametral del diente ( $\text{pulgadas}^{-1}$ )

El módulo escogido tiene un paso diametral equivalente de  $10.16 \text{ pulgadas}^{-1}$ .

$$P_d = 10.16 \text{ pulgadas}^{-1}$$

- $F$  = Ancho de la cara del diente ( $\text{pulgadas}$ )

Se dará una primera iteración con  $0.02 \text{ m}$ , este dato cambiará con el tiempo.

$$F = 0.02 \text{ m} * \frac{1 \text{ pulgadas}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$F = 0.7874 \text{ pulgadas}$$

- $J$  = Factor de geometría

Al factor depender del número de dientes (93 y 19) se obtuvo los siguientes resultados. Datos obtenidos de la figura 9.17 del libro consultado.

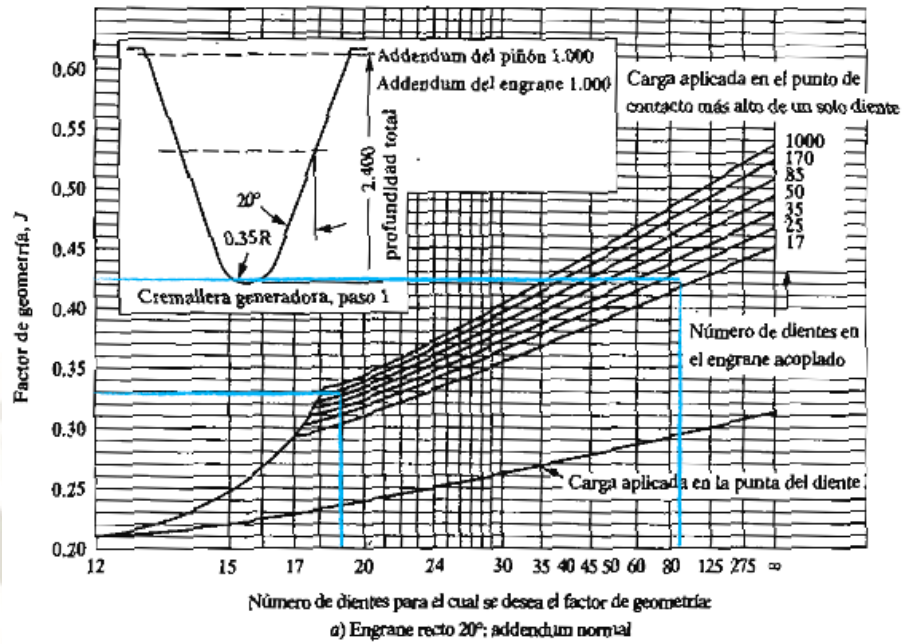


Ilustración 25 Factor de geometría, engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$J_{93 \text{ dientes}} = 0.415 \quad \text{y} \quad J_{19 \text{ dientes}} = 0.325$$

- $K_o$  = Factor de sobrecarga

Se considerará que las condiciones de trabajo son uniformes.

	Máquina impulsada			
Fuente de potencia	Uniforme	Choque Ligero	Choque Moderado	Choque Pesado
Uniforme	1	1.25	1.5	1.75
Choque ligero	1.2	1.4	1.75	2.25
Choque moderado	1.3	1.7	2	2.75

Tabla 13 Factor de sobrecarga, engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$K_o = 1$$

- $K_s$  = Factor de tamaño

Módulo métrico menor a 5 se tiene.

Paso Diametral. $P_d$	Módulo métrico, m	Factor de tamaño $K_s$
>5	<5	1
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.4

Tabla 14 Factor de tamaño  $K_s$ . Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$K_s = 1$$

- $K_m$  = Factor de distribución de carga

$$K_m = 1.0 + C_{pf} + C_{ma}$$

Teniendo  $F = 0.7874$  y  $F/D_p = 0.0421$

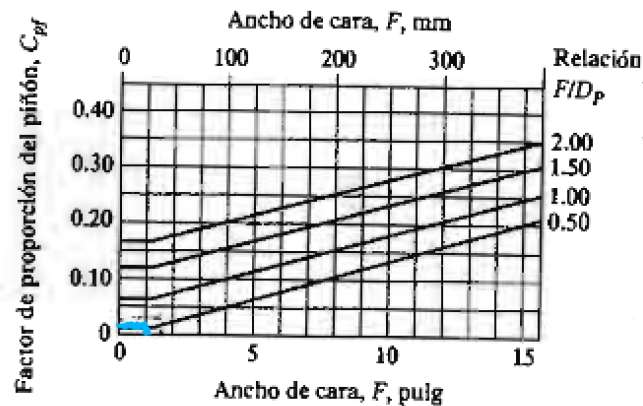


Ilustración 26 Factor de proporción del piñón, engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$C_{pf} = 0$$

### Engranaje de tipo comercial cerrado

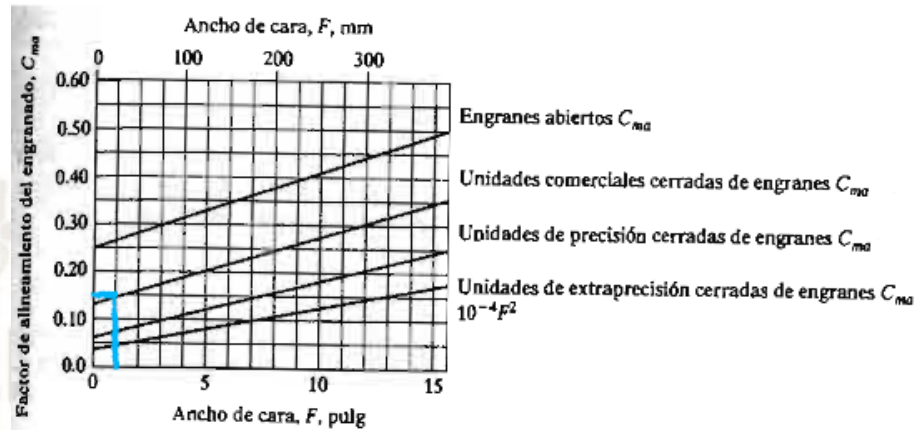


Ilustración 27 Factor de alineamiento del engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$C_{pf} = 0.15$$

$$K_m = 1.15$$

- $K_B$  = Factor de espesor de orilla

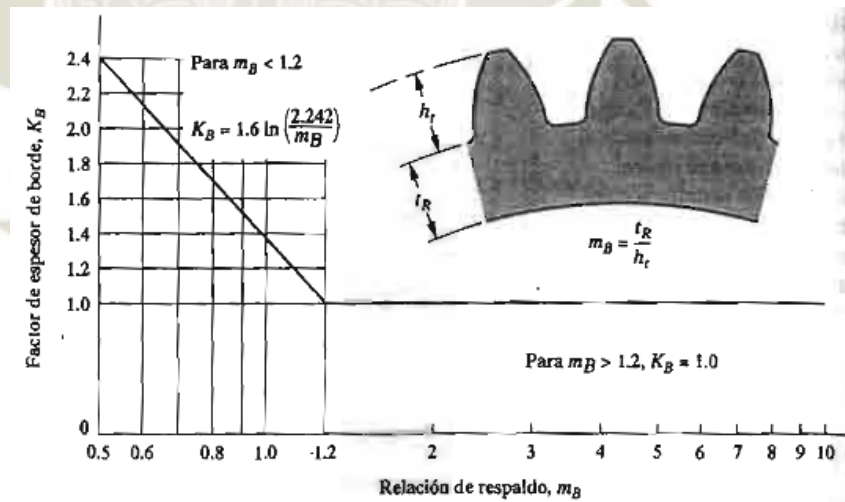


Ilustración 28 Factor de espesor de orilla, engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

La orilla en el diseño es mayor en 1.2 veces que la altura del diente.

$$K_b = 1$$

- $K_v$  = Factor dinámico

Velocidad de 60 RPM.

*Vel. de línea = Vel. angular \* Radio del piñon*

$$Vel. de línea = 60 \frac{rev}{min} * \frac{0.2325}{2} \frac{m}{1 rev} * \frac{3.2 pies}{1 m}$$

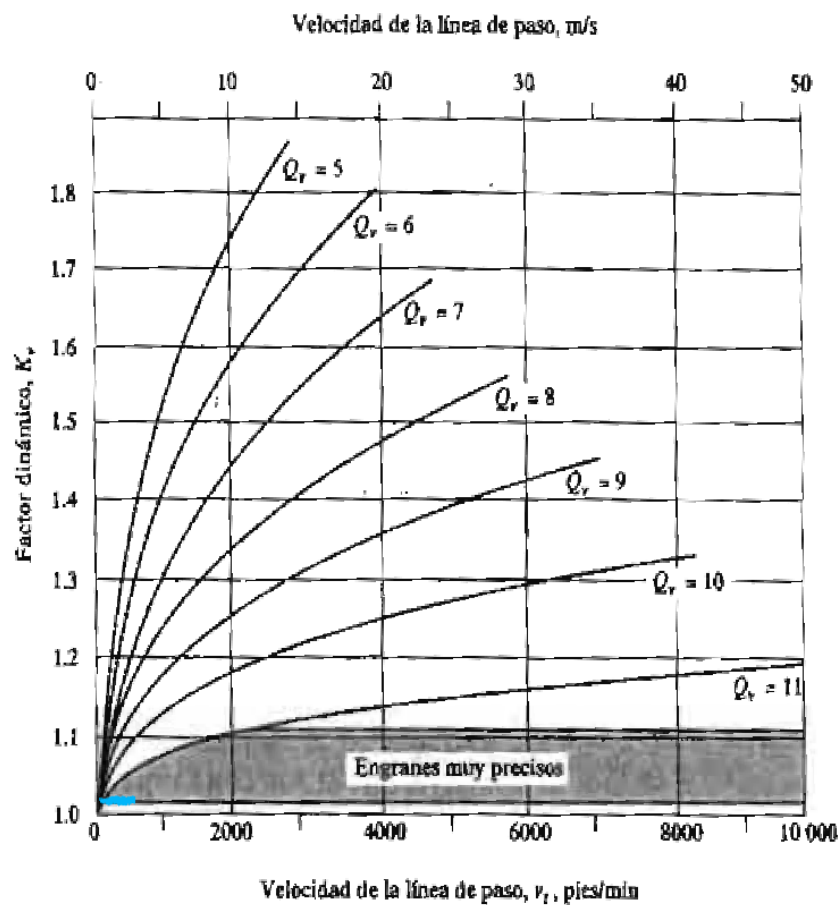


Ilustración 29 Factor dinámico, engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$Vel. de línea = 22.32 \frac{pies}{min}$$

$$K_v = 1$$

- $S_t$  = Esfuerzo flexionante (Ksi)

$$S_{t93} = \frac{463.17 \text{ lb} * 10.16 \text{ pulgadas}^{-1}}{0.7874 \text{ pulgadas} * 0.415} * 1 * 1 * 1.15 * 1 * 1$$

$$S_{t19} = 16.56 \text{ ksi}$$

$$S_{t19} = \frac{463.17 \text{ lb} * 10.16 \text{ pulgadas}^{-1}}{0.7874 \text{ pulgadas} * 0.325} * 1 * 1 * 1.15 * 1 * 1$$

$$S_{t19} = 21.15 \text{ ksi}$$

c. Elección del material

El material a utilizar será el hierro dúctil ASTM A536 60-40-18 recocido ya que de la tabla 9.4 del libro consultado se obtiene que el esfuerzo flexionante admisible es de 22 ksi.

d. Resistencia a la picadura

En la siguiente ecuación se utilizarán los mismos valores que en la ecuación de esfuerzo flexionante.

$$S_c = C_p * \sqrt{\frac{W_t * K_o * K_s * K_m * K_v}{F * D_p * I}}$$

- $C_p$  = Coeficiente elástico ( $\sqrt{\text{psi}}$ )

El material a usar es el hierro, en ambos engranajes. Según la tabla 9.9 del libro consultado. -

$$C_p = 1960 \text{ psi}$$

- $I$  = Factor de geometría

Relación de engranajes es de 5 y el número de dientes del piñón es de 19.

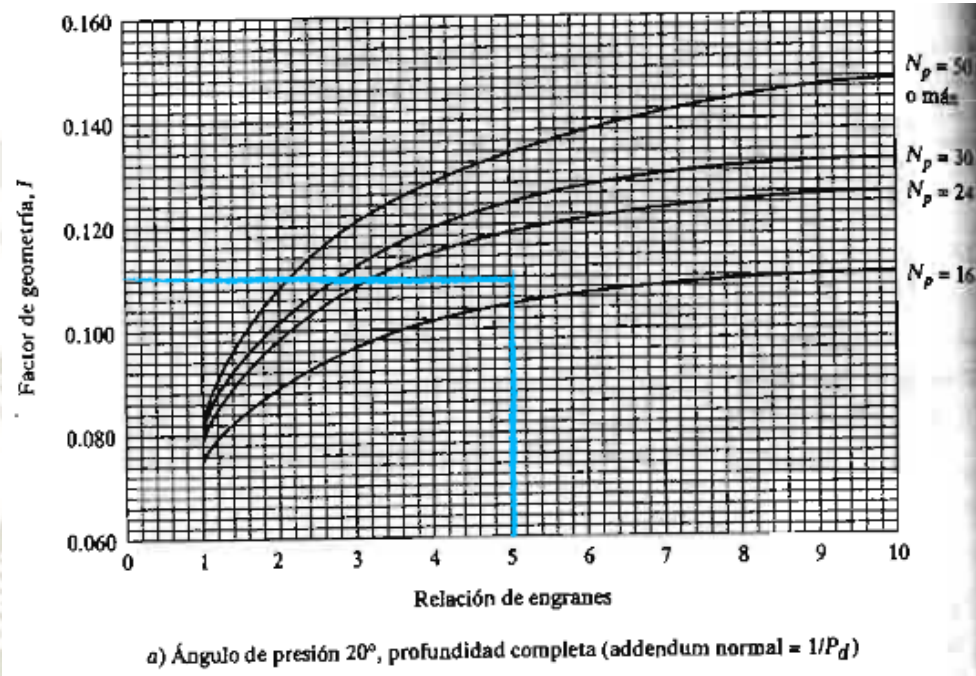


Ilustración 30 Factor de geometría, engranaje. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$$I = 0.11$$

- $F$  = Ancho de la cara del diente (pulgadas)

$$F = 0.7874 \text{ pulgadas}$$

- $D_p$  = Diámetro del piñón (pulgadas)

$$D_p = 0.2325 \text{ m} \frac{1 \text{ pulgada}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$D_p = 9.15 \text{ pulgadas}$$

- $W_t$  = Fuerza tangencial (libras)

$$W_t = 463.16 \text{ lb}$$

- $K_o$  = Factor de sobrecarga

$$K_o = 1$$

- $K_s$  = Factor de tamaño

$$K_s = 1$$

- $K_m$  = Factor de distribución de carga

$$K_m = 1.15$$

- $K_v$  = Factor dinámico

$$K_v = 1$$

- $S_c$  = Esfuerzo de contacto (ksi)

$$S_c = 1960 \text{ psi} * \sqrt{\frac{463.16 \text{ lb} * 1 * 1 * 1.15 * 1}{0.7874 \text{ pulgadas} * 9.15 \text{ pulgadas} * 0.11}}$$

$$S_c = 50.81 \text{ ksi}$$

Esf. de contacto admisible para el hierro dúctil ASTM A536 = 77 ksi

Esf. de contacto admisible > Esf. de contacto calculado

$$77 \text{ ksi} > 50.81 \text{ ksi}$$

e. Lubricación

Teniendo en cuenta que la temperatura no será mayor a los 40° debido a la ausencia de algún motor y que las velocidades son reducidas se utilizará grasa de rodamiento. La grasa de rodamiento es más sencilla de conseguir, genera una capa de protección ante

agentes extraños y por su alta viscosidad se evitará algún tipo de fuga en la operación en alta mar.

#### 3.4.5. Par de ejes

Para el correcto diseño de los ejes se utilizará la norma ANSI B 106 IM - 1985.

##### a. Eje del carrete

- Determinar la velocidad de giro del eje

Considerando la velocidad de las manivelas en 60 RPM y el par de engranajes a utilizar con un factor de conversión de 5, se tiene una velocidad de 300 RPM.

- Potencia que transmitirá

Al igual que el diseño de los engranajes se considerará el caso crítico de extraer dos potas de 50 kg a la vez. Con un torque de 5kg\*m y una velocidad de 300 RPM se obtiene. –

$$Potencia = 5kg * m * \frac{9.81 N}{1 kg} * 300 \frac{revoluciones}{min} * \frac{1 min}{60 segundos}$$

$$Potencia = 245 W$$

- Determinación de la posición de los transmisores de potencia y ubicación de los cojinetes

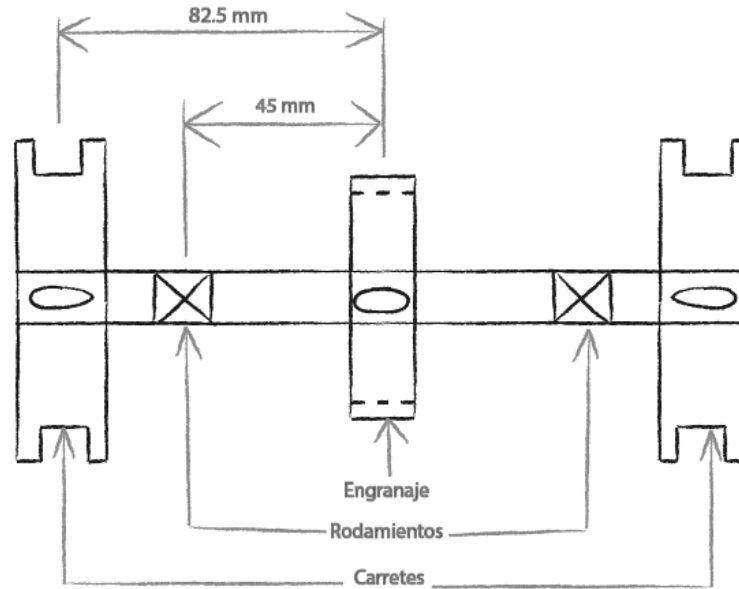


Ilustración 31 Bosquejo del eje del carrete. Fuente. – Elaboración propia.

- Detalles geométricos para el eje  
Considerando anillos de retención y dejando espacio para los sellos el eje tendría las siguientes dimensiones en milímetros. –

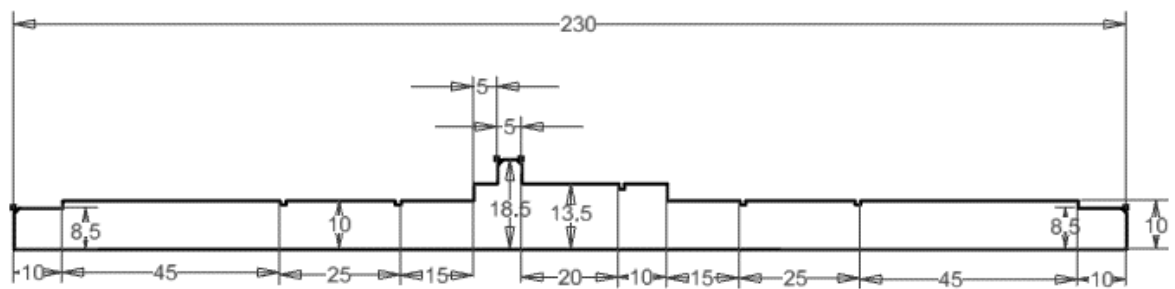


Ilustración 32 Eje del carrete. Fuente. – Elaboración propia.

- Magnitud del par torsional en cada punto del eje

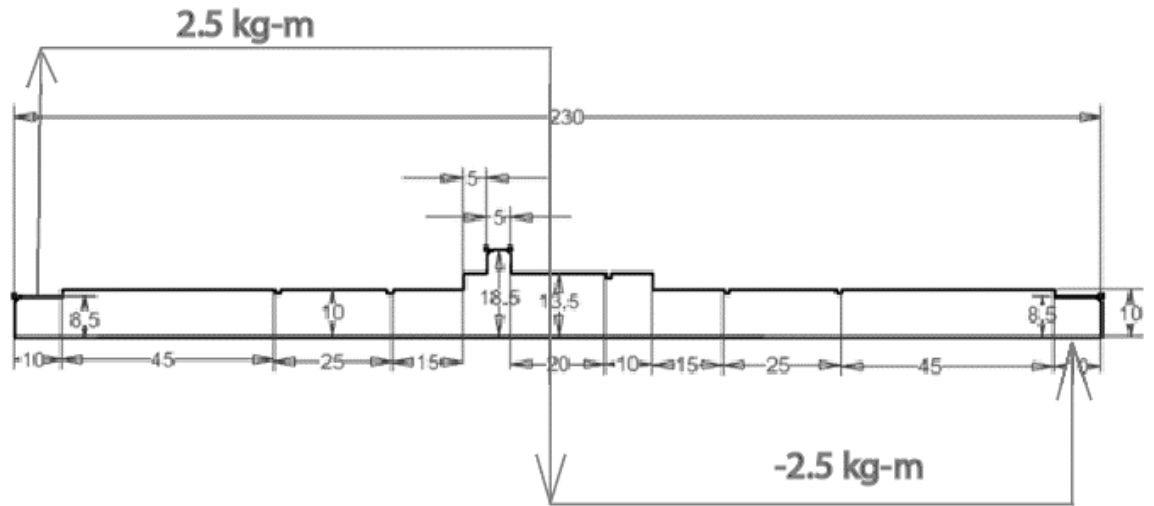


Ilustración 33 Par torsional en el eje del carrete. Fuente. – Elaboración propia.

- Fuerzas sobre el eje

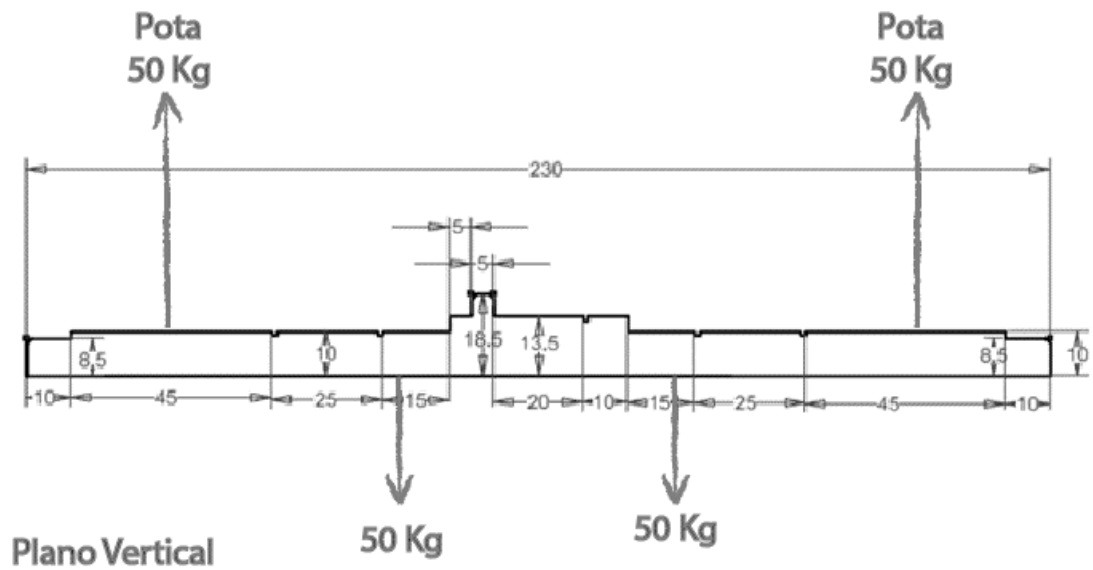


Ilustración 34 Fuerza en el eje de carrete en el plano vertical. Fuente. – Elaboración propia.

Usando el  $W_t$  del cálculo de engranajes. -

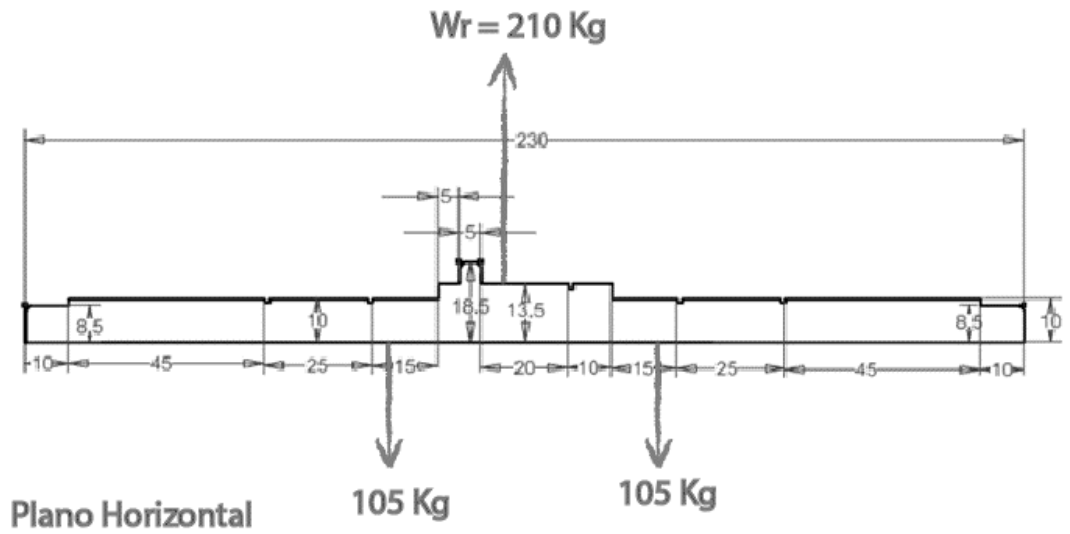


Ilustración 35 Fuerza en el eje de carrete en el plano horizontal. Fuente. – Elaboración propia.

- Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante completo

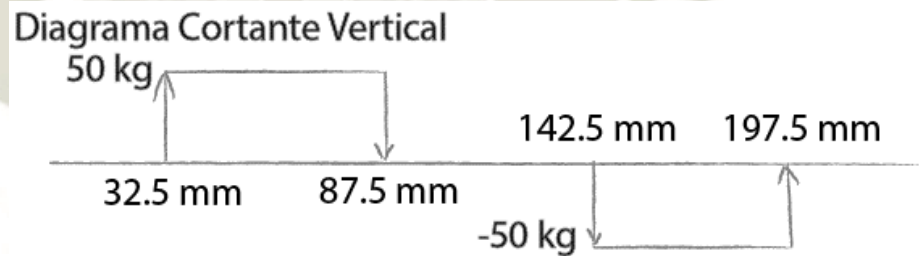
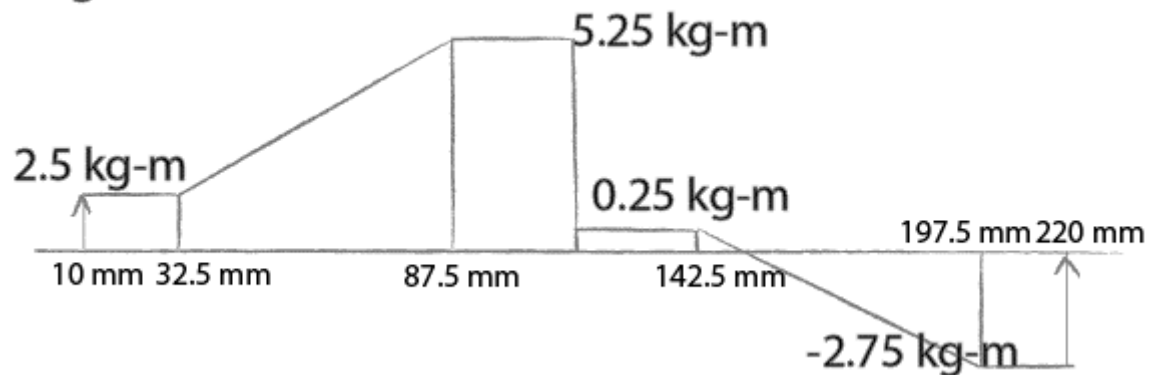


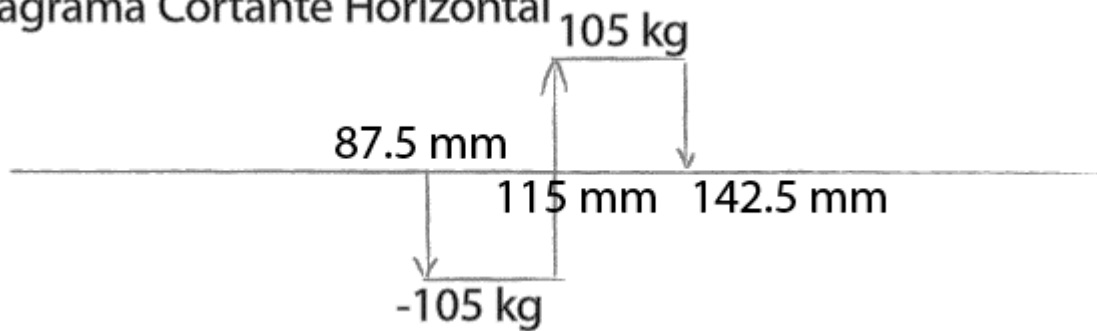
Ilustración 36 Diagrama de fuerza cortante para el eje del carrete.

Fuente. – Elaboración propia.

### Diagrama Flexionante Vertical



### Diagrama Cortante Horizontal



### Diagrama Flexionante Horizontal

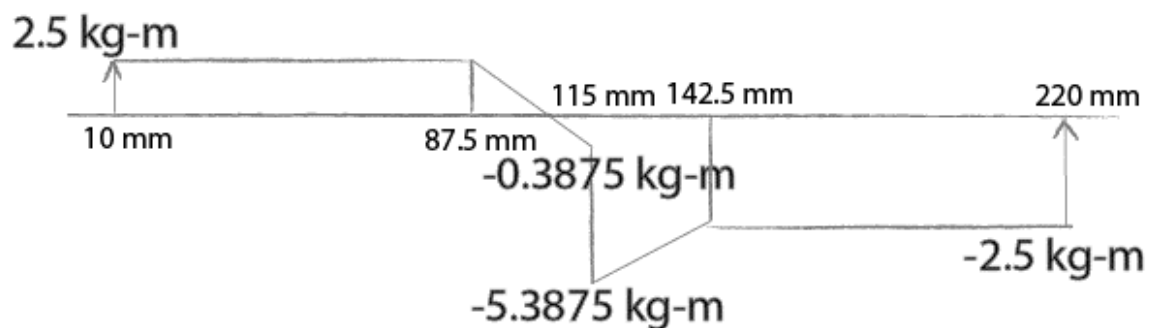


Ilustración 37 Diagramas de esfuerzos en el eje de carrete. Fuente. – Elaboración propia.

El punto crítico para el cálculo es la mitad del eje, a los 115 mm.

Fuerza cortante de 105 kg y fuerza flexionante de 5.3875 kg-m.

- Selección del material

Los aceros recomendados para los ejes son los AISI 1040, 4140, 4340, 4640, 5150, 51B60, 6150, 8650. El acero 1040 aunque es el más común para ejes no se usará debido al ambiente corrosivo donde se trabajará.

El material escogido es el AISI 4340 debido a que contiene níquel cromo y molibdeno haciéndolo resistente a la corrosión.

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0.34	0.1-0.35	0.60-0.80	0.04-0.30	0.002-0.03

Tabla 15 Composición química del material de ejes. Fuente. – AISI.

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica (N/mm <sup>2</sup> ) Su	Punto de Fluencia (N/mm <sup>2</sup> ) Sy	Elongación %Min.	Dureza Rokwell B
1100-1300	900	10	240-380

Tabla 16 Propiedades mecánicas acero 4340. Fuente. - AISI

- Esfuerzo de diseño adecuado

Se calculará la resistencia real a la fatiga  $s_m$

$$s_m = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_s$$

- $S_n$ =Resistencia a la fatiga PSI

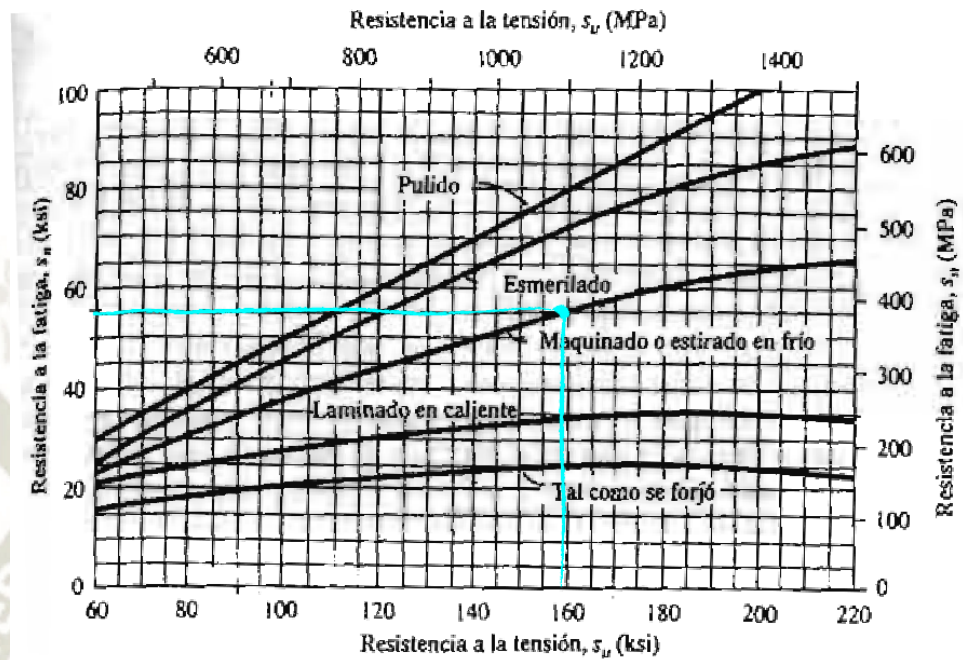


Ilustración 38 Resistencia a la tensión dependiendo del tipo de maquinado. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

$S_n=55$  Ksi

- $C_m$ = Factor de Material

Material	$C_m$	Material	$C_m$
Acero forjado	1.00	Hierro colado maleable	0.80
Acero colado	0.80	Hierro colado gris	0.70
Acero pulverizado	0.76	Hierro colado dúctil	0.66

Tabla 17 Factor del material. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

Se considerará acero forjado.

$C_m=1.00$

- $C_{st}$ = Tipo de esfuerzo

$C_{st}$  es 1.00 para el esfuerzo flexionante y 0.80 para la tensión axial.

$$C_{st}=1.00$$

- $C_R$ = Confiabilidad

Puede tomar valores desde 0.50 hasta 1.00 dependerá del diseñador el escoger.

$$C_R=0.90$$

- $C_s$ = Factor de tamaño

Rango de tamaño para diámetro en mm	
$D \leq 7.62$	$C_s = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_s = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_s = 0.859 - 0.000837D$

Tabla 18 Factor del tamaño. Fuente. - "Diseño de elementos de máquinas", cuarta edición de Robert L. Mott.

Considerando que el punto crítico está en el medio del eje en donde el diámetro es de 27 mm.

$$C_R=0.87$$

$$s_m = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_s$$

$$s_m = 55 \text{ Ksi} * 1 * 1 * 0.90 * 0.87$$

$$s_m = 43.065 \text{ ksi}$$

- Análisis de puntos críticos

Teniendo en cuenta que el punto crítico es la mitad del eje se calculará su diámetro.

$$D = \left( \frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t * M}{S_m} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

- N= Factor de Diseño

Se utilizará N=2 debido a que es el factor más utilizado en el diseño de ejes.

- $K_t$ = Concentración de esfuerzo

Ya que se tiene un cuñero de perfil en el punto crítico. -

$$K_t = 2.0$$

- M= Momento Flexionante en el punto

Del Diagrama Flexionante Vertical y el Diagrama Flexionante Horizontal anteriormente calculados obtendremos los momentos flexionantes en ese punto y procederemos a obtener el esfuerzo mayor mediante Pitágoras.

$$M = \sqrt{5.25 \text{ kg} * \text{m}^2 + 5.3875 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

$$M = 7.52 \text{ kg} * \text{m} * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$M = 651.34 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- $S_m$ =Resistencia real a la fatiga

$$s_m = 43.065 \text{ ksi}$$

- $T =$  Torque en ese punto

Del diagrama de par torsional se obtiene. –

$$T = 5 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 433.07 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- $S_y =$  Esfuerzo de fluencia

De las propiedades físicas del material  $S_y = 900 \text{ N/mm}^2$  o

$$S_y = 130.5 \text{ ksi}$$

$$D = \left( \frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t * M}{S_m} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left( \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{2 * 651340 \text{ lb} * \text{pulg}}{43065 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{433.07 \text{ lb} * \text{pulg}}{130500 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 0.85 \text{ pulg} = 21.65 \text{ mm}$$

- Dimensiones finales del eje

El diámetro propuesto cumple al ser mayor que el calculado. El resto de diámetros que no llegan a ser críticos son de 20 mm, medida cercana al diámetro crítico.

b. Eje de la manivela

Ya que se usará el mismo método que en el anterior eje algunos pasos serán resumidos.

- Determinar la velocidad de giro del eje

Como se vio en la sección 3.4.1. la velocidad es de 60 RPM

- Potencia que transmitirá

$$Potencia = 245 W$$

- Determinación de la posición de los transmisores de potencia y ubicación de los cojinetes

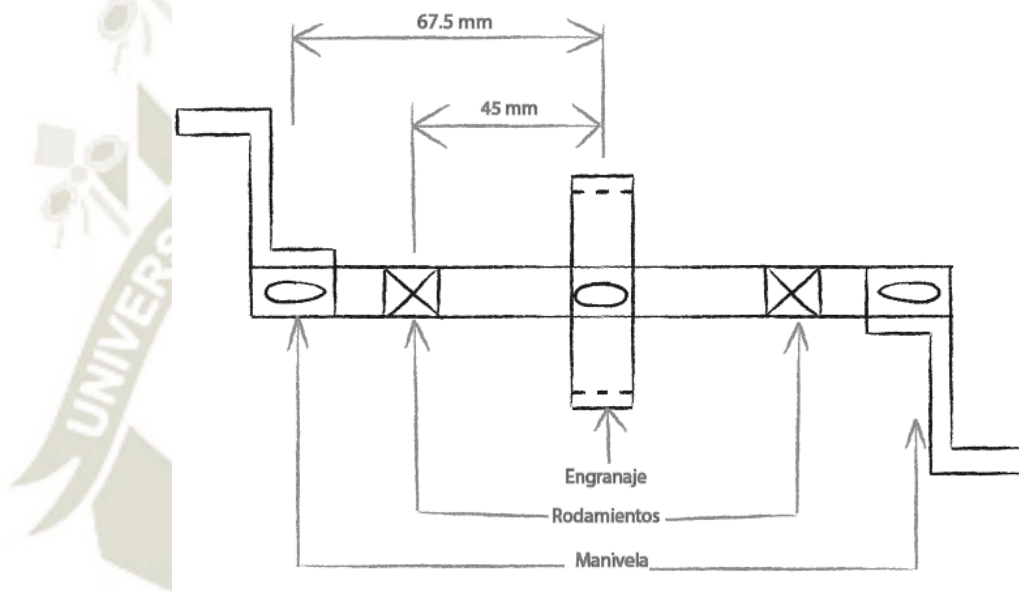


Ilustración 39 Posición de los transmisores de potencia. Fuente. - Elaboración propia.

- Detalles geométricos para el eje

Considerando anillos de retención y dejando espacio para los sellos el eje tendría las siguientes dimensiones en milímetros. –

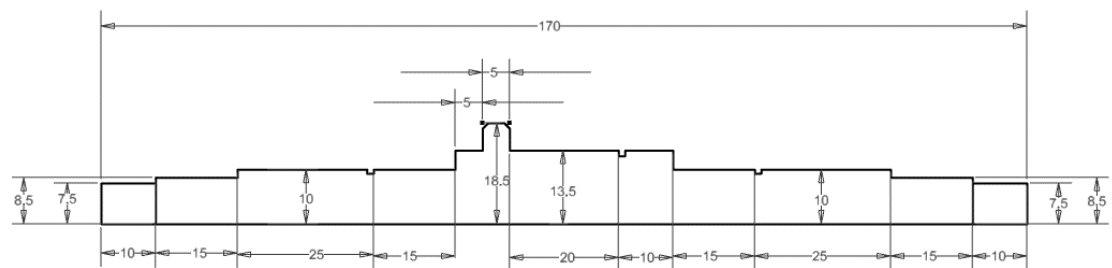


Ilustración 40 Detalle geométrico del eje de manivela. Fuente. - Elaboración propia.

- Magnitud del par torsional en cada punto del eje

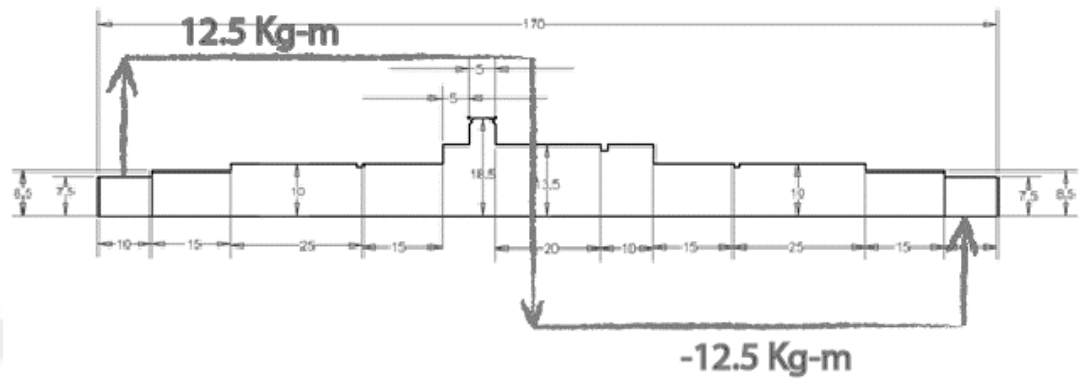
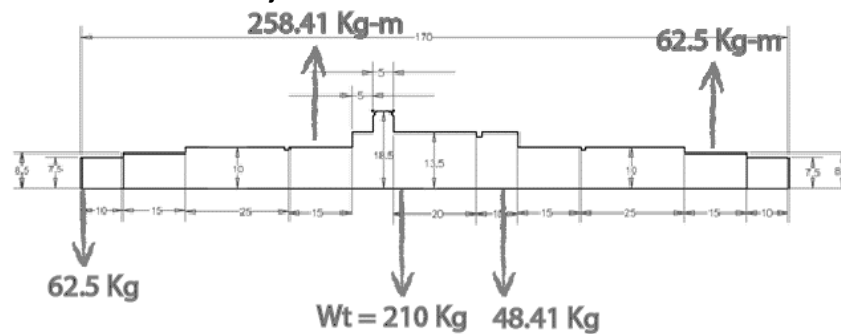


Ilustración 41 Par torsional eje de carrete. Fuente. - Elaboración propia.

- Fuerzas sobre el eje



Plano Horizontal

Ilustración 42 Fuerzas en el eje de manivela. Fuente. - Elaboración propia.

- Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante completo

### Diagrama Cortante Horizontal

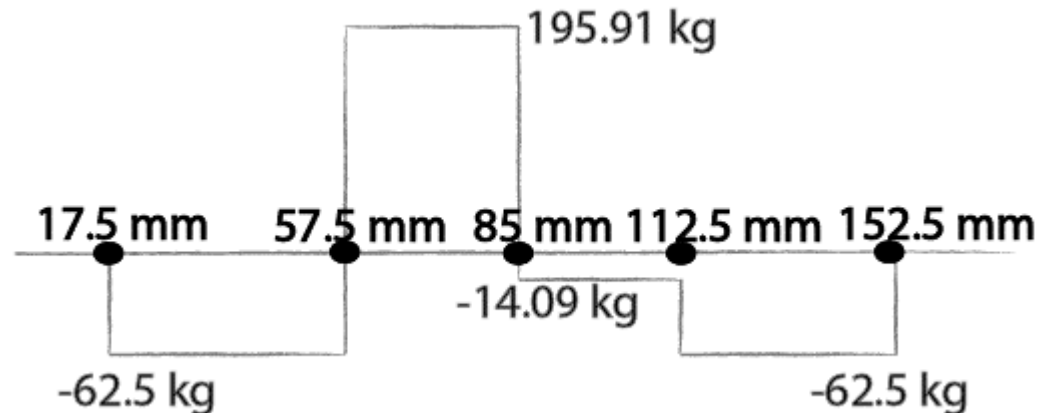


Ilustración 43 Diagrama cortante eje carrete. Fuente. - Elaboración propia.

### Diagrama Flexionante Horizontal

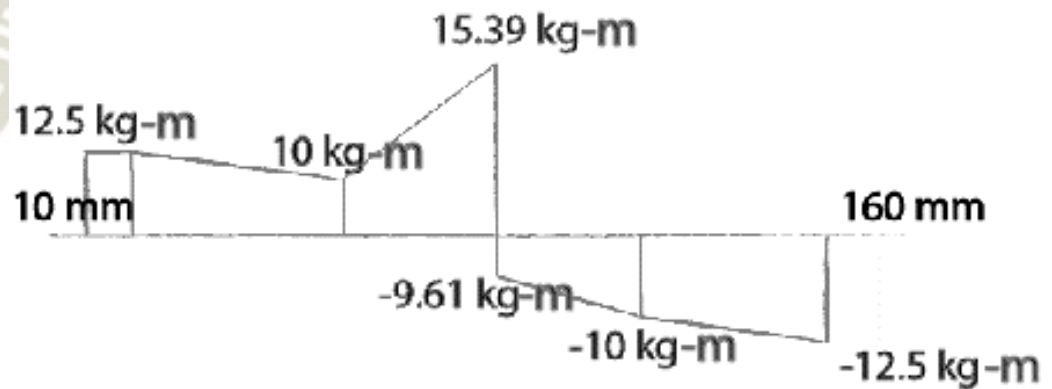


Ilustración 44 Diagrama flexionante eje carrete. Fuente. - Elaboración propia.

- Selección del material  
AISI 4340
- Esfuerzo de diseño adecuado  
 $s_m = 43.065 \text{ ksi}$
- Análisis de puntos críticos

Teniendo en cuenta que el punto crítico es la mitad del eje se calculará su diámetro.

$$D = \left( \frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t * M}{S_m} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

- N= Factor de Diseño

Se utilizará N=2 debido a que es el factor más utilizado en el diseño de ejes.

- $K_t$ = Concentración de esfuerzo

Ya que se tiene un cuñero de perfil en el punto crítico. -

$$K_t = 2.0$$

- M= Momento Flexionante en el punto

Ya que las fuerzas están en el Diagrama Flexionante Horizontal.

$$M = 15.39 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$M = 1332.99 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- $S_m$ =Resistencia real a la fatiga

$$s_m = 43.065 \text{ ksi}$$

- T= Torque en ese punto

Del diagrama de par torsional se obtiene. -

$$T = 25 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 2165.35 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- $S_y$ = Esfuerzo de fluencia

De las propiedades físicas del material  $S_y = 900 \text{ N/ mm}^2$  o

$$S_y = 130.5 \text{ ksi}$$

$$D = \left( \frac{32 * N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t * M}{S_m} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left( \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{2 * 1332.99 \text{ lb} * \text{pulg}}{43065 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{2165.35 \text{ lb} * \text{pulg}}{130500 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 1.0899 \text{ pulg} = 27.68 \text{ mm}$$

- Dimensiones finales del eje

El diámetro propuesto no cumplió motivo por el cual se aumentará a 30 mm.

#### 3.4.6. Accesorios

##### a. Cuñas

Se consultará la norma ANSI B17.1 para el cálculo de cuñas.

Se considerará el caso de extraer dos potas de 50 kg.

- Cuña para el engranaje de 19 dientes

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

- T= Torque

$$T = 5 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 433.07 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- N= Factor de Diseño

Para el diseño de cuñas se recomienda N=3.

- D=Diámetro

$$D = 27 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}}$$

$$D = 1.063 \text{ pulg}$$

- W= Ancho de la cuña

Según la Norma ANSI B17.1 – 1967 (R98) para diámetros entre 0.875 y 1.25 pulg el ancho de la cuña es W= 0.25 pulg.

- $S_y$ = Esfuerzo de fluencia del material

Teniendo en cuenta las consideraciones contra la corrosión el material a usar será AISI 4340.

$$S_y = 130500 \text{ psi}$$

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

$$L = \frac{4 * 433.07 \text{ lb} * \text{pulg} * 3}{1.063 \text{ pulg} * 0.25 \text{ pulg} * 130500 \text{ psi}}$$

$$L = 0.15 \text{ pulg}$$

$$L = 3.81 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$$

- Cuña para el engranaje de 93 dientes

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

- T= Torque

$$T = 25 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 2165.35 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- N= Factor de Diseño

Para el diseño de cuñas se recomienda N=3.

- D=Diámetro

$$D = 30 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}}$$

$$D = 1.181 \text{ pulg}$$

- W= Ancho de la cuña

Según la Norma ANSI B17.1 – 1967 (R98) para diámetros entre 0.875 y 1.25 pulg el ancho de la cuña es W= 0.25 pulg.

- $S_y$ = Esfuerzo de fluencia del material

Teniendo en cuenta las consideraciones contra la corrosión el material a usar será AISI 4340.

$$S_y = 130500 \text{ psi}$$

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

$$L = \frac{4 * 2165.35 \text{ lb} * \text{pulg} * 3}{1.181 \text{ pulg} * 0.25 \text{ pulg} * 130500 \text{ psi}}$$

$$L = 0.674 \text{ pulg}$$

$$L = 17.12 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

- Cuña para las manivelas

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

- T= Torque

$$T = 12.5 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 1082.675 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- N= Factor de Diseño

Para el diseño de cuñas se recomienda N=3.

- D=Diámetro

$$D = 20 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}}$$

$$D = 0.787 \text{ pulg}$$

- W= Ancho de la cuña

Según la Norma ANSI B17.1 – 1967 (R98) para diámetros entre 0.5625 y 0.875 pulg el ancho de la cuña es W= 0.1875 pulg.

- $S_y$ = Esfuerzo de fluencia del material

Teniendo en cuenta las consideraciones contra la corrosión el material a usar será AISI 4340.

$$S_y = 130500 \text{ psi}$$

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

$$L = \frac{4 * 1082.675 \text{ lb} * \text{pulg} * 3}{0.787 \text{ pulg} * 0.1875 \text{ pulg} * 130500 \text{ psi}}$$

$$L = 0.675 \text{ pulg}$$

$$L = 17.13 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

- Cuña para los carretes

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

- T= Torque

$$T = 2.5 \text{ kg} * m * \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{39.37 \text{ pulg}}{1 \text{ m}}$$

$$T = 216.54 \text{ lb} * \text{pulg}$$

- N= Factor de Diseño

Para el diseño de cuñas se recomienda N=3.

- D=Diámetro

$$D = 20 \text{ mm} * \frac{1 \text{ pulg}}{25.4 \text{ mm}}$$

$$D = 0.787 \text{ pulg}$$

- W= Ancho de la cuña

Según la Norma ANSI B17.1 – 1967 (R98) para diámetros entre 0.5625 y 0.875 pulg el ancho de la cuña es W= 0.1875 pulg.

- $S_y$ = Esfuerzo de fluencia del material

Teniendo en cuenta las consideraciones contra la corrosión el material a usar será AISI 4340.

$$S_y = 130500 \text{ psi}$$

$$L = \frac{4 * T * N}{D * W * S_y}$$

$$L = \frac{4 * 216.54 \text{ lb} * \text{pulg} * 3}{0.787 \text{ pulg} * 0.1875 \text{ pulg} * 130500 \text{ psi}}$$

$$L = 0.135 \text{ pulg}$$

$$L = 3.42 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$$

b. Sellos

Debido al ambiente sumamente corrosivo de alta mar y a la evidente salpicadura de agua de mar se necesitará un sello capaz de aislar al mecanismo. Mediante el uso del selector de sellos de SKF se seleccionó el sello 20x35x10 HMSA10 RB.

El sello seleccionado es de caucho fluorado "Fluoro rubber" material que puede trabajar desde -40 a 200°C y hasta a 14220 RPM. Este material es conocido como "SKF Duralife" caracterizado por su excelente resistencia contra el desgaste, las condiciones térmicas y las sustancias químicas. Su resistencia contra la intemperie y el envejecimiento provocado por la luz ultravioleta y el ozono también es muy buena, y su permeabilidad a los gases es muy baja. El material también es resistente contra los aceites y fluidos hidráulicos, combustibles y lubricantes, ácidos minerales y alifáticos, así como

contra los hidrocarburos aromáticos, que podrían causar fallas en muchos otros materiales de sellos.

El sello contiene un refuerzo de metal recubierto por el mismo caucho en el siguiente diseño. -

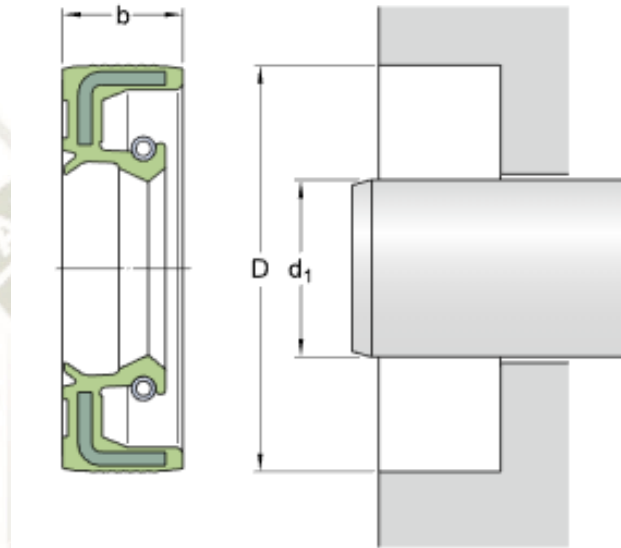


Ilustración 45 Diseño del sello. Fuente. – SKF.

c. Anillos de retención

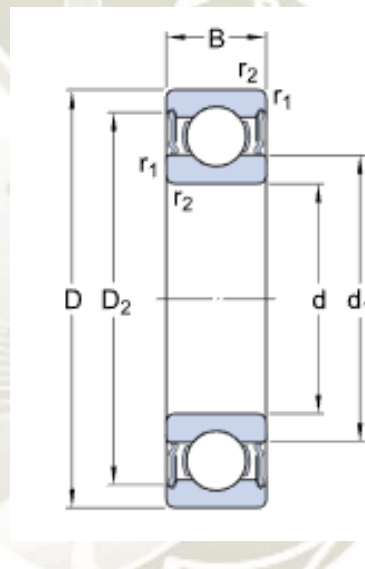
Debido a la mínima fuerza axial presente en los ejes se utilizará los anillos de retención DIN 471, los más comunes y simples. Estos pueden aguantar hasta 17 kN de fuerza axial, completamente sobredimensionado para las fuerzas en la máquina.

d. Rodamientos

Siguiendo el método de elección proporcionado por SKF en su página. -

<https://www.skf.com/pe/products/bearings-units-housings/principles/bearing-selection-process/index.html>

Se obtiene el rodamiento rígido de una hilera de bolas W 6304-2RS1. Ya que la fuerza axial es mínima y la velocidad es reducida no hay problema en usar este tipo de rodamiento. El modelo a su vez cuenta con sellos para así aislar el área de giro de las bolas y a su vez si se coloca en la máquina sellaría la máquina. El material del rodamiento es de acero inoxidable para las condiciones en el que la máquina trabajaría.



**Datos del cálculo**

Capacidad de carga dinámica básica	C	13.8	kN
Capacidad de carga estática básica	$C_0$	7.8	kN
Carga límite de fatiga	$P_u$	0.335	kN
Velocidad límite		9500	r/min
Factor de cálculo	$k_r$	0.035	
Factor de cálculo	$f_0$	12.3	

**Masa**

Rodamiento de masa		0.14	kg
--------------------	--	------	----

*Ilustración 46 Datos del sello. Fuente. - SKF.*

## e. Mecanismo de traba

El objetivo de este mecanismo es el de servir tanto como trinquete como traba, su funcionamiento puede ser fácilmente comprendido por los planos anexados. El resorte a utilizar cuenta con un factor de 6.286 N/mm, con el cual para elevarlo 5 mm y así destrabar el mecanismo es necesario una fuerza de 31.4 N o 3.2 Kg-f.

## 3.4.7. Estructura de Soporte

## a. Brazo de soporte

El perfil a escoger será calculado considerando el caso en que se extraiga una pota de 50 kg.

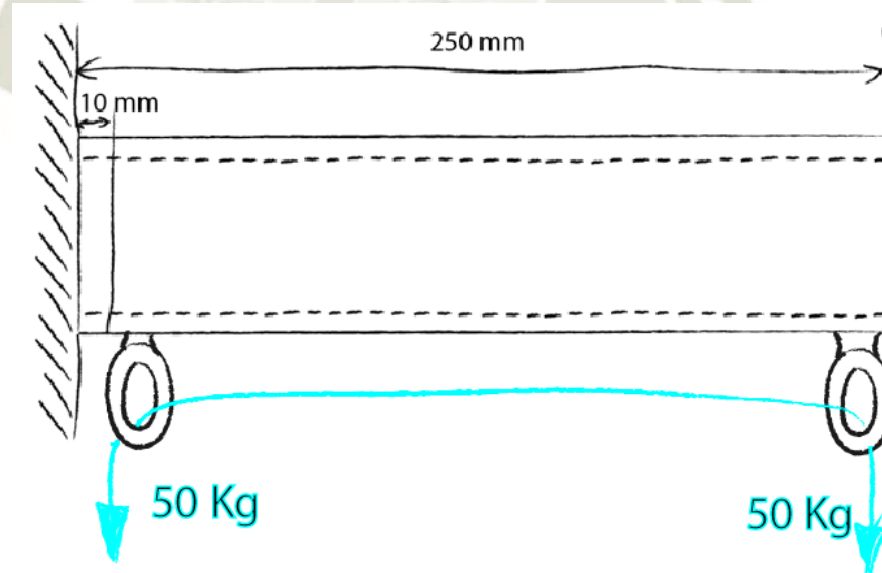


Ilustración 47 Diagrama de cuerpo libre del brazo de soporte. Fuente. - Elaboración propia.

Utilizando la fórmula de la deflexión para cada una de las fuerzas y el principio de superposición.

$$Def.Total = Def.1 + Def.2$$

<b>Reacciones y solicitaciones</b>	
	Reacciones: $R_B = F$
	Cortantes: $V_{AB} = -F$
	Flectores: $M_{CB} = -Fx \quad M_B = -FL$
<b>Deformaciones</b>	
	Giros: $\varphi_A = \frac{FL^2}{2EI}$
	Elástica: $y_{AB} = \frac{F}{6EI}(L-x)^2(2L+x)$
	Flechas: $y_A = \frac{FL^3}{3EI}$

Ilustración 48 Reacciones y deformaciones fuerza puntual en un extremo y empotramiento unilateral. Fuente. - "Resistencia de materiales Pytel" Pytel Singer, Cuarta edición.

Deformación 1=

$$Def.1 = \frac{F * L^3}{3 * E * I}$$

- L= Longitud

$$L= 0.25 \text{ metros}$$

- F= Fuerza

$$F= 50 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 490.5 \text{ N}$$

- E= Módulo de Elasticidad

Teniendo en cuenta un acero comercial A 36

$$E = 200 \text{ GPa} = 200 * 10^9 \text{ Pa}$$

- I= Inercia

Dependerá del perfil a escoger.

$$Def.1 = \frac{490.5 \text{ N} * (0.25 \text{ m})^3}{3 * 200 * 10^9 \text{ Pa} * I}$$

$$Def.1 = \frac{1.28 * 10^{-11}}{I} \text{ m}^5$$

Reacciones y solicitaciones	
	Reacciones:
	$R_B = F$
	Cortantes:
	$V_{AC} = 0 \quad V_{CB} = -F$
	Flectores:
	$M_{AC} = 0 \quad M_{CB} = -F(x-a) \quad M_B = -Fb$
Deformaciones	
	Giros:
	$\varphi_C = \varphi_A = \frac{Fb^2}{2EI}$
	Elástica:
	$y_{AC} = \frac{Fb^2}{6EI} [3(L-x) - b] \quad y_{CB} = \frac{F}{6EI} (L-x)^2 (2b - a + x)$
	Flechas:
	$y_C = \frac{Fb^3}{3EI} \quad y_A = \frac{Fb^2}{6EI} (2b + 3a)$

Ilustración 49 Reacciones y deformaciones fuerza puntual y empotramiento unilateral. Fuente. - "Resistencia de materiales Pytel" Pytel SInger, Cuarta edición.

Deformación 2=

$$Def.2 = \frac{F * b^2}{6 * E * I} * (2 * b + 3 * a)$$

- b= Longitud

L= 0.01 metros

- a= Longitud

$$L = 0.24 \text{ metros}$$

- F= Fuerza

$$F = 50 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 490.5 \text{ N}$$

- E= Módulo de Elasticidad

Teniendo en cuenta un acero comercial A 36

$$E = 200 \text{ GPa} = 200 * 10^9 \text{ Pa}$$

- I= Inercia

Dependerá del perfil a escoger.

$$Def. 2 = \frac{490.5 \text{ N} * (0.01 \text{ m})^2}{6 * 200 * 10^9 \text{ Pa} * I} * (2 * 0.01 \text{ m} + 3 * 0.24 \text{ m})$$

$$Def. 2 = \frac{3.02 * 10^{-14}}{I} \text{ m}^5$$

Se utilizará el criterio de deformación máxima de una grúa monorriel.

$$Def. Total = \frac{L}{450}$$

$$Def. Total = \frac{0.3 \text{ m}}{450} = 6.67 * 10^{-4} \text{ m}$$

$$Def. Total = Def. 1 + Def. 2$$

$$6.67 * 10^{-4} \text{ m} = \frac{1.28 * 10^{-11}}{I} \text{ m}^5 + \frac{3.02 * 10^{-14}}{I} \text{ m}^5$$

$$I = \frac{1.28 * 10^{-11} \text{ m}^5 + 3.02 * 10^{-14} \text{ m}^5}{6.67 * 10^{-4} \text{ m}}$$

$$I = 1.92 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

De las tablas del LRFD y con la inercia en pulgadas. –

$$I = 1.92 * 10^{-8} m^4 * \frac{1 \text{ pulg}^4}{(0.0254 m)^4}$$

$$I = 0.0461 \text{ pulg}^4$$

Se escogerá el perfil más pequeño que cumpla con la inercia y tenga un grosor de pared de ¼ pulg. La elección del grosor de pared es debido a la corrosión.

STRUCTURAL TUBING Square Dimensions and properties									
Dimensions			Properties**						
Nominal* Size	Wall Thickness		Weight per ft	Area	I	S	r	J	Z
in.	in.		lb	in. <sup>2</sup>	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>	in.	in. <sup>4</sup>	in. <sup>3</sup>
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> x 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.3750	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	19.82	5.83	16.0	7.10	1.66	27.1	8.81
	0.3125	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	16.96	4.98	14.2	6.30	1.69	23.6	7.68
	0.2500	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	13.91	4.09	12.1	5.36	1.72	19.7	6.43
	0.1875	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	10.70	3.14	9.60	4.27	1.75	15.4	5.03
	0.1250	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	7.31	2.15	6.78	3.02	1.78	10.6	3.50
4 x 4	0.5000	<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21.63	6.36	12.3	6.13	1.39	21.8	8.02
	0.3750	<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	17.27	5.08	10.7	5.35	1.45	18.4	6.72
	0.3125	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	14.83	4.36	9.58	4.79	1.48	16.1	5.90
	0.2500	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.21	3.59	8.22	4.11	1.51	13.5	4.97
	0.1875	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	9.42	2.77	6.59	3.30	1.54	10.6	3.91
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> x 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.3125	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	12.70	3.73	6.09	3.48	1.28	10.4	4.35
	0.2500	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10.51	3.09	5.29	3.02	1.31	8.82	3.69
	0.1875	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	8.15	2.39	4.29	2.45	1.34	6.99	2.93
	0.1250	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5.61	1.65	3.09	1.76	1.37	4.90	2.07
	3 x 3	0.3125	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	10.58	3.11	3.58	2.39	1.07	6.22
0.2500		<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	8.81	2.59	3.16	2.10	1.10	5.35	2.61
0.1875		<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	6.87	2.02	2.60	1.73	1.13	4.28	2.10
0.1250		<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4.75	1.40	1.90	1.26	1.16	3.03	1.49
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> x 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		0.3125	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	8.45	2.48	1.87	1.50	0.868	3.32
	0.2500	<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7.11	2.09	1.69	1.35	0.899	2.92	1.71
	0.1875	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	5.59	1.64	1.42	1.14	0.930	2.38	1.40
	0.1250	<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3.90	1.15	1.06	0.847	0.961	1.71	1.01
	2 x 2	0.3125	<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	6.32	1.86	0.815	0.815	0.662	1.49
0.2500		<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	5.41	1.59	0.766	0.766	0.694	1.36	1.00
0.1875		<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	4.32	1.27	0.668	0.668	0.726	1.15	0.840
0.1250		<sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3.05	0.897	0.513	0.513	0.756	0.846	0.621
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> x 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		0.1875	<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	3.04	0.894	0.242	0.323	0.521	0.431

Tabla 19 Dimensiones y propiedades de un tubo cuadrado estructural. Fuente. -  
Tablas LRFD

La inercia del perfil seleccionado es aproximadamente 17 veces mayor al necesario.

Debido a que el perfil está notoriamente sobredimensionado se le terminará de evaluar en el programa Autodesk Simulation.

b. Estructura de soporte

El material de la estructura de soporte es el acero A36, debido a su precio y disponibilidad, se granalla y recubre con pintura de la marca JET, teniendo una capa de Zinc Organic 850 (imprimante orgánico rico en zinc) y una adicional de 70MP (epoxi poliamida amina de altos sólidos) como se especifica en los planos anexados para así evitar la corrosión. Se utilizan medidas de planchas comerciales de acero y mediante recomendación de los soldadores del puerto se trabaja en su mayoría con placas de  $\frac{1}{4}$ ".

c. Uniones

- Pernos

La unión por pernos más crítica es la de la máquina con la embarcación para lo cual se consultará la Norma E.010. Esta norma se aplica en la madera aserrada como lo es la madera tornillo con la cual están contruidos todos los barcos poteros.

Teniendo en cuenta que la madera tornillo tiene una densidad de 0.45 gr/cm<sup>3</sup> se le clasifica, según norma, en el “Grupo C” con lo cual se obtendrá su módulo de elasticidad y esfuerzos admisibles.

Grupo	Densidad Básica g/cm <sup>3</sup>
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Tabla 20 Grupo dependiendo de la densidad. Fuente. - Norma E.010

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Flexión $f_m$	Tracción Paralela $f_t$	Compresión Paralela $f_{c//}$	Compresión Perpendicular $f_{c\perp}$	Corte Paralelo $f_v$
A	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo

(\*\*) Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Tabla 21 Esfuerzos admisibles dependiendo del grupo. Fuente. - Norma E.010

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	
	$E_{\text{mínimo}}$	$E_{\text{promedio}}$
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Nota: el módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras.

(\*) Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Tabla 22 Módulo de elasticidad dependiendo del grupo. Fuente. - Norma E. 010

En la sección 10.3 se tienen las consideraciones para las uniones empernadas. Las recomendaciones de dicha sección son aplicables a uniones empernadas de dos o más elementos de madera o entre elementos de madera y pletinas metálicas.

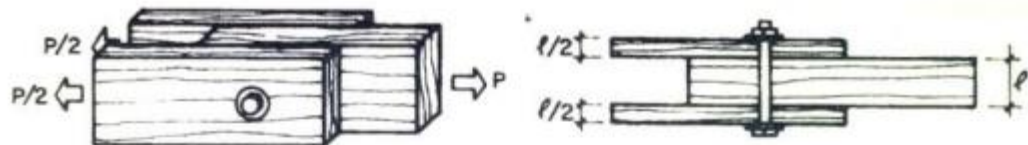


Fig. 10.3.2.2a Unión empernada a doble cizallamiento. Cargas paralelas al grano en todos los elementos (Carga P).

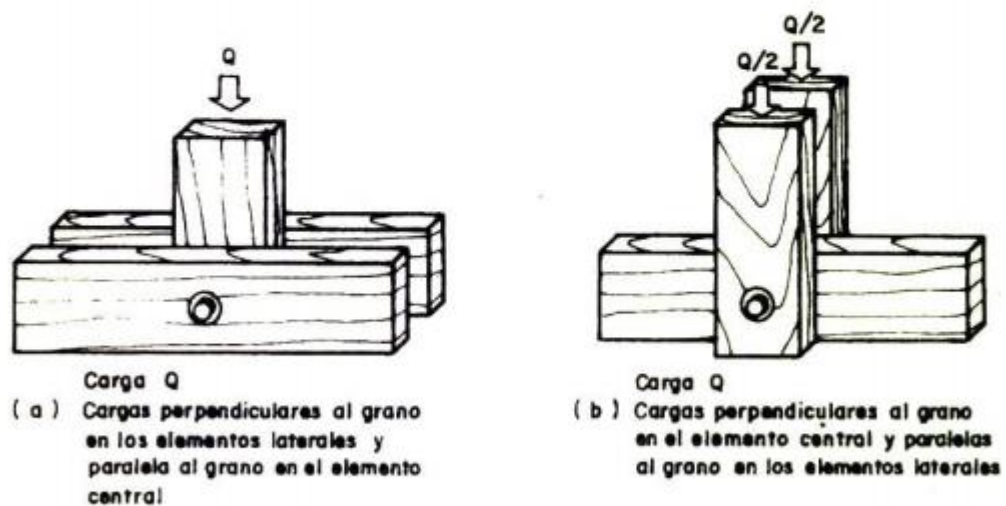


Fig. 10.3.2.2b Unión empernada a doble cizallamiento.

Ilustración 50 Tipos de carga para distintas uniones. Fuente. - Norma E. 010

Teniendo en cuenta que el tipo de carga es como el de la figura 10.3.2.2b se busca en la tabla 10.3.2.1 la carga admisible para el

grosor de la madera utilizada en las embarcaciones el cual es de 12 cm por 10 cm de grosor.

<b>CARGAS ADMISIBLES PARA UNIONES EMPERNADAS DOBLE CIZALLAMIENTO "N" (kg)</b>							
<b>d cm</b>	<b>d pulg</b>	<b>GRUPO A</b>		<b>GRUPO B</b>		<b>GRUPO C</b>	
		<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>
Espesor de la pieza central = 10,0 cm.							
0,95	3/8	6904 (704)	3187 (325)	5335 (544)	2648 (270)	3324 (339)	1775 (181)
1,27	1/2	10964 (1118)	4246 (433)	8522 (869)	3413 (348)	5443 (555)	2226 (227)
1,59	5/8	15691 (1600)	5305 (541)	12239 (1248)	4178 (426)	7836 (799)	2511 (256)
1,90	3/4	21025 (2144)	6561 (669)	16465 (1679)	4874 (497)	10493 (1070)	2844 (290)

**d = Diámetro del perno**

Tabla 23 Cargas admisibles para uniones empernadas. Fuente. - Norma E. 010

En el diseño se utilizará 4 uniones empernadas de 1.59 cm con lo cual se tendría una carga admisible de hasta 1024 kg. Considerando que el caso crítico sería el de extraer dos potas de 50 kg, la fuerza de una persona al empuje y hale que es de casi 50 kg adicionales más el peso de la máquina que se supondrá de 100 kg. Si se tiene que la máquina en sí tendrá un peso de 250 kg la unión empernada tendría un factor de seguridad de 4 lo cual se considera optimo ya que nada asegura alguna fuerza externa, como algún pescador apoyándose en la máquina además de que de esa forma se distribuye mejor el peso en la madera para así no debilitar la estructura de la embarcación.

- Soldadura

Para la unión por soldadura se utilizará el proceso de soldadura por arco protegido con gas, este proceso permite una soldadura más rápida evitando los desperfectos por la elevada temperatura que generaría procesos como el SMAW o el SAW. El proceso GMAW además da un mejor acabado superficial y evita los traslapes entre cordones. Teniendo en cuenta que los electrodos comerciales soportan más de 500 MPa se puede decir que sin importar el electrodo que se use, siempre y cuando sea para soldadura de aceros de baja aleación, la estructura soportará las cargas calculadas.

### 3.5. Proyecto preliminar (costos)

Para el cálculo de costos se divide la máquina en su estructura de soporte y sus partes móviles. Se dividirá así ya que la estructura de soporte requiere uniones soldadas o empernadas mientras que las partes móviles requieren procesos de maquinado precisos.

3.5.1. Estructura de soporte

	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio por Unidad S/.	Precio Total S/.
<b>MATERIALES</b>	PLANCHA DE ACERO A36 DE 3/16"	m^2	0.023	-	5.00
	PLANCHA DE ACERO A36 DE 1/4"	m^2	0.480	-	85.80
	PLANCHA DE ACERO A36 DE 5/16"	m^2	0.636	-	152.30
	TUBO DE ACERO CUADRADO DE 2"x2"x1/4"	m	0.600	-	60.00
	TUBO DE ACERO CUADRADO DE 50x50x2mm	m	0.900	-	10.00
	TUBO DE ACERO CUADRADO DE 80x40x2mm	m	0.100	-	3.00
	PERNO 5/8" X 6.5 " GRADO 8.8	unidad	4.000	10.20	40.80
	PERNO 3/4" X 4.5 " GRADO 8.8	unidad	2.000	11.20	22.40
	PERNO 3/8" X 1 " GRADO 8.8	unidad	15.000	1.05	15.75
	TORNILLO M10X20	unidad	24.000	0.80	19.20
	TORNILLO DE OJO 1/4"	unidad	6.000	1.50	9.00
	ANILLO DE SUJECIÓN 20mm	unidad	12.000	1.10	13.20
	ANILLO DE SUJECIÓN 27mm	unidad	1.000	1.70	1.70
	ANILLO DE SUJECIÓN 30mm	unidad	1.000	1.80	1.80
	CHAVETA 6X4X18 AISI 4340	unidad	2.000	6.00	12.00
	CHAVETA 8X5X22 AISI 4340	unidad	1.000	6.30	6.30
	CHAVETA 6X4X22 AISI 4340	unidad	2.000	6.00	12.00
	CHAVETA 8X5X18 AISI 4340	unidad	1.000	6.30	6.30
	RODAMIENTO W6304-2RS1	unidad	4.000	18.00	72.00
	SELLO 20X35X10 HMSA10RG	unidad	12.000	5.00	60.00
	GLOSS	gal	0.200	80.00	16.00
	PINTURA EPOXICA	gal	0.200	180.00	36.00
	THINNER	gal	0.050	15.00	0.75
SOLDADURA ELECTRICA CELLOCORD	kg	5.000	7.00	35.00	
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>696.30</b>
<b>MAQUINADO</b>	CORTE DE PLACAS	-	-	-	140.00
	TALADRADO	-	-	-	30.00
	ROLADO	-	-	-	60.00
	SOLDADURA	-	-	-	100.00
	GRANALLADO	-	-	-	42.00
	PINTADO-	-	-	-	250.00
		<b>TOTAL</b>	-	-	-

Tabla 24 Costos de la estructura de soporte. Fuente. - Elaboración propia.

3.5.2. Partes móviles

	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio por Unidad S/.	Precio Total S/.
<b>EJES</b>	ACERO VCN (4340) Ø 1.5"	m	0.450	-	87.08
	TORNEADO	hr	hr	-	240.00
	FRESADO	hr	hr	-	60.00
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>387.08</b>
<b>ENGRANAJES</b>	PLANCHA ACERO A536 1" 0.24x0.24m	m	0.058	-	125.00
	FRESADO ENGRANAJE GRANDE	hr	hr	-	400.00
	PLANCHA ACERO A536 1" 0.06x0.06m	m	0.036	-	12.00
	FRESADO ENGRANAJE PEQUEÑO	hr	hr	-	150.00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>687.00</b>	
<b>CARRETE</b>	POLIAMIDA (NYLON 6,6) Ø 5"	m	0.100	-	92.40
	FRESADO	hr	hr	-	80.00
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>172.40</b>
<b>MANIVELAS</b>	ACERO SAE 1020 Ø2"	m	0.100	-	12.17
	TORNEADO	hr	-	-	90.00
	FRESADO	hr	-	-	40.00
	SOLDADURA	hr	-	-	20.00
	PLANCHA DE ACERO SAE1020 20mm	m <sup>2</sup>	0.135	-	50.00
	DOBLEZ DEL ACERO	hr	-	-	15.00
	TALADRADO	hr	-	-	10.00
	FRESADO	hr	-	-	30.00
	ACCESORIO MANUBRIO	unidad	2.000	8.00	16.00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>283.17</b>	
<b>AJUSTE DE SOPORTE</b>	VARILLA DE ACERO A36 Ø1/2"	m	0.400	-	2.70
	VARILLA DE ACERO A36 Ø1"	m	0.175	-	4.40
	TORNEADO	hr	-	-	25.00
	VARILLA DE ACERO A36 Ø2"	m	0.030	-	7.10
	TORNEADO	hr	-	-	20.00
	VARILLA DE ACERO A36 Ø1.5"	m	0.020	-	3.70
	TORNEADO	hr	-	-	15.00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>77.90</b>	

MECANISMO DE TRABA	VARILLA DE ACERO A36 Ø1.5"	m	0.020	-	3.70
	TORNEADO	hr	-	-	40.00
	FRESADO	hr	-	-	15.00
	VARILLA DE ACERO A36 Ø3/4"	m	0.130	-	3.30
	TORNEADO	hr	-	-	40.00
	PLANCHA DE ACERO A36 20mm	mm <sup>2</sup>	480.000	-	5.00
	FRESADO	hr	-	-	25.00
	VARILLA DE ACERO A36 Ø1.25"	m	0.070	-	10.30
	TORNEADO	hr	-	-	30.00
	POLIAMIDA (NYLON 6,6) Ø 3"	m	0.040	-	13.30
	TORNEADO	hr	-	-	20.00
	FRESADO	hr	-	-	20.00
	SOLDADURA	hr	-	-	10.00
	RESORTE INOX. Ø 16mm x 40mm L.	unidad	1.000	2.50	2.50
	PASADOR INOX. Ø 4mm x 32mm L.	unidad	1.000	2.00	2.00
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>240.10</b>	
TAPAS DE LA CARCASA	PLANCHA DE ACERO A36 22mm	m <sup>2</sup>	0.029	-	27.70
	FRESADO	hr	-	-	400.00
	TALADRADO	hr	-	-	100.00
	<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>527.70</b>

Tabla 25 Costos de las partes móviles. Fuente. - Elaboración propia.

### 3.5.3. Costo total

Sumando todos los costos se obtiene la cifra de 3691.6 soles.

### 3.6. Proyecto general

Los planos finales se encuentran anexados.

### 3.7. Documentación

Debido a que el diseño se enfocó en que su uso sea intuitivo no será necesario manuales de usuario, fichas técnicas o de montaje.

Al final de este trabajo de tesis se darán las recomendaciones y conclusiones.

## CUARTO CAPÍTULO

### 4. CÁLCULO DE RENDIMIENTOS

#### 4.1. Consideraciones

Debido a que se puede extraer pota de diversos pesos y tamaños, además de que el encontrar un cardumen de pota depende del azar, se tomarán las siguientes consideraciones para los cálculos de rendimientos.

- Peso promedio de pota de 30 Kg (IMARPE 2013).
- Promedio de profundidad de donde se extraerá pota de 70 brazas (116.9 m), (Entrevista, fuente propia).
- Tiempo actual de extracción de 3 minutos por pota, (Entrevista, fuente propia).
- Duración de 4 días para una faena de pesca (I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo 2012).
- Capacidad más usual de embarcaciones en el puerto de Matarani de 4 TM (Herrera Yari, 2015).
- Número usual de tripulantes, 4 (Herrera Yari, 2015).
- El mecanismo capturará dos potas al mismo tiempo.

## 4.2. Rendimiento actual

### 4.2.1. Tiempo

El tiempo de extracción será calculado de la cantidad de pota extraída por la embarcación.

$$\text{Cantidad de pota por pescador} = \frac{4 \text{ TM} * \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ TM}} * \frac{1 \text{ pota}}{30 \text{ Kg}}}{4 \text{ tripulantes}}$$

$$\text{Cantidad de pota por pescador} = 33.33 \frac{\text{potas}}{\text{tripulante}}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 33.33 \frac{\text{potas}}{\text{tripulante}} * \frac{3 \text{ minutos}}{1 \text{ pota}}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 100 \frac{\text{minutos}}{\text{tripulante}}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 1 \text{ hr y } 40 \text{ min por tripulante}$$

### 4.2.2. Potencia del usuario por extracción

Utilizando el mismo cálculo del capítulo III para calcular la fuerza requerida para extraer una pota de 30 Kg, del cual se obtuvo que la fuerza para elevar la pota era de 15 Kg o 147.15 N.

$$\text{Distancia de extracción} = 70 \text{ brazadas} \frac{1.67 \text{ metros}}{1 \text{ brazada}}$$

$$\text{Distancia de extracción} = 116.9 \frac{\text{metros}}{\text{tripulante}}$$

$$Potencia\ del\ usuario = \frac{Fuerza_{Total} * Distancia\ de\ extracción}{Tiempo\ de\ extracción}$$

$$Potencia\ del\ usuario = \frac{147.15\ N * 116.9\ \frac{metros}{tripulante}}{3\ min * \frac{60\ seg}{1\ min}}$$

$$Potencia\ del\ usuario = 95.56\ \frac{W}{1\ pota}$$

#### 4.2.3. Seguridad y ergonomía

Gracias a las entrevistas efectuadas en el puerto “El Faro” de la ciudad de Matarani se concluye que el accidente más común es el caerse de la embarcación debido a la pérdida del equilibrio y la posición en la que se da la extracción de la pota.

No se encontró un registro de la cantidad de veces que sucede por faena, pero por las declaraciones de los pescadores se sabe que ocurre al menos una vez por faena sobre todo en los pescadores más jóvenes.

Debido a que el actual proceso no aporta un soporte al pescador el hale de la línea de pesca se vuelve sumamente incómodo. Aunque la extracción de la pota no requiere una gran fuerza si requiere una cantidad de tiempo considerable generando fatiga muscular y una posible lesión muscular en el manguito rotador del hombro (Hunt SA, 2007) en especial de los más jóvenes que se inician, según datos del I Censo Nacional de la Pesca Artesanal del Ámbito Marítimo 2012, a los 16 años de edad.

#### 4.2.4. Costo del proceso

Según la investigación realizada por Herrera Yari el 2015 el costo promedio por faena en una embarcación de 4 TM es de 1255.37 soles en donde el 61.51 % (772.21 soles) es gastado en combustible, 200 soles en hielo, 200.25 soles en alimentos y 82.92 soles en otros como pilas para las linternas, radios y el gps, reposición de aparejos, etc.

Las ganancias son de aproximadamente 1054 soles, pero se debe de considerar que el 25% de faenas termina en pérdida.

#### 4.3. Rendimiento con el uso del mecanismo

##### 4.3.1. Tiempo

Utilizando el cálculo anterior se tiene que se extrae 66.66 potas por tripulante en una faena de pesca.

$$\text{Cantidad de pota por pescador} = 33.33 \frac{\text{potas}}{\text{tripulante}} * \frac{102 \text{ segundos}}{2 \text{ potas}}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 1699.83 \frac{\text{segundos}}{\text{tripulante}}$$

$$\text{Tiempo de extracción} = 28.33 \frac{\text{minutos}}{\text{tripulante}}$$

##### 4.3.2. Potencia del usuario

Utilizando el peso de dos potas de 30 Kg, y el carrete de 0.10 m de diámetro, con un factor de reducción por engranajes de 5 y con

manivelas de 0.20 m de largo se tiene (capítulo III, del presente trabajo). –

$$\text{Fuerza del usuario} = \frac{\text{Peso bajo el agua} * R. \text{Carrete} * F. \text{Reducción}}{\text{Largo de la Manivela}}$$

$$\text{Fuerza del usuario} = \frac{147.15 \text{ N} * 2 * 0.05 \text{ m} * 5}{0.20 \text{ m}}$$

$$\text{Fuerza del usuario} = 367.88 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza del usuario} = 183.94 \text{ N por mano} = 18.75 \text{ Kg por mano}$$

$$\text{Potencia del usuario} = \text{Peso de 2 potas} * R. \text{del Carrete} * \text{Reducción} * \text{RPM}$$

$$\text{Potencia del usuario} = 147.15 \text{ N} * 2 * 0.05 \text{ m} * 5 * 60 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$\text{Potencia del usuario} = 36.79 \text{ W}$$

#### 4.3.3. Seguridad y ergonomía

Debido a que el mecanismo estará acoplado a la misma embarcación este servirá como punto de apoyo para el proceso de extracción evitando así cualquier riesgo de caída. Las manivelas están diseñadas de forma ergonómica evitando cualquier tipo de lesión. El mecanismo de traba permite pausar el proceso de pesca y distintos arreglos por cualquier imprevisto.

#### 4.3.4. Costo del proceso

La faena de pesca termina cuando el hielo se derrite y se vuelve necesario regresar a puerto para que el producto no se descomponga, el costo del proceso será el mismo que al no usar el mecanismo. Pero

considerando que la hora con 40 minutos que los pescadores pasan extrayendo pota en el proceso sin mecanismo es un tiempo en el que están sobre un cardumen de pota se sobrentiende, debido al comportamiento de la pota, que si la extracción es más rápida se sacará más pota. Utilizando el mecanismo en la hora y 40 minutos.

$$\text{Cantidad de Pota} = \frac{\text{Tiempo de extracción sin mecanismo}}{\text{Vel. de extracción con el mecanismo}}$$

$$\text{Cantidad de Pota} = \frac{100 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}}{\frac{102 \text{ seg}}{2 \text{ potas}}}$$

$$\text{Cantidad de Pota} = 117.65 \text{ potas}$$

$$\text{Cantidad de Kg de Pota por pescador} = 117.65 \text{ potas} * \frac{15 \text{ Kg}}{1 \text{ Pota}}$$

$$\text{Cantidad de Kg de Pota por pescador} = 1764.71 \text{ Kg}$$

$$\text{Cantidad de pota por embarcación} = \text{Kg de Pota por pescador} * \#\text{Pescadores}$$

$$\text{Cantidad de TM de pota por embarcación} = 7058 \text{ TM}$$

Teniendo en cuenta que la pota se vende por kilogramo las ganancias aumentarían en un 75% (de 4 TM a 7 TM), pero una embarcación de 4 TM no podría soportar 7 TM motivo por el cual tendrían que regresar a puerto al llegar a su peso máximo lo cual generaría jornadas más cortas, menos gasto en combustible y una mayor ganancia mensual. Si se considera que cada noche se captura la misma cantidad de pota la faena con el uso del mecanismo duraría dos noches ya que al dividir

las 7 TM entre 3 noches de faena se obtiene 2.333 TM por noche, cantidad suficiente para retornar a puerto.

Según el estudio de Herrera Yari en el 2015 las embarcaciones de 4 TM tienen entre 3 a 4 faenas de pesca por mes, este número responde a la elevada inversión por faena, por lo general cada faena requiere una inversión de casi 800 soles solo en combustible, 200 en hielo y 250 en víveres y otros. La ganancia por faena es de 1054 soles aproximadamente, pero se debe tener en cuenta que existe un 25 % de probabilidades de que una faena termine en perdida.

Al utilizar el mecanismo se reduciría en 1 la cantidad de noches por faena disminuyendo el costo de combustible en 266.67 soles y en 77 el del hielo y en 77 el de víveres y otros. Así la ganancia por faena se elevaría a 1474 soles y debido a la velocidad y comodidad en el uso del mecanismo la probabilidad de que la faena termine en perdida o dure más de dos noches se reduce a prácticamente cero, como adicional el hecho de que una faena de pesca dure dos noches genera la posibilidad de tener el doble de faenas por mes llegando a de 6 a 8 faenas por mes aumentando las ganancias por mes de un aproximado de 4216 soles a 11792 soles en caso se hagan 8 faenas al mes, pudiendo pagar así hasta dos máquinas al mes.

## CONCLUSIONES

1. No se encontró investigaciones formales para la mejora tecnológica de la pesca artesanal de pota.
2. La mejora del rendimiento del proceso de pesca artesanal responde a una alta demanda en el mercado nacional e internacional. Esta demanda se debe a que la pota es un producto sumamente nutritivo para el consumo humano, igualando la cantidad de proteínas de la carne de res, pero libre de ácido úrico y a un costo sumamente menor.
3. El proceso de extracción actual genera lesiones físicas, cansancio e inseguridad en el proceso.
4. El diseño y construcción del mecanismo, aun siendo enfocado a ser simple, presentó diversas dificultades al momento de querer satisfacer las necesidades económicas, ergonómicas, de la normativa legal, del ambiente y una eficiencia considerable.
5. El uso de un mecanismo no motorizado sí mejorará el rendimiento de la pesca artesanal de pota. En el capítulo IV se obtuvieron los valores de las variables más importantes en el proceso de pesca, comparándolas se vuelve evidente una mejora sustancial. –

- a. Tiempo

Se da una reducción del 72% al tiempo de extracción, de aproximadamente 100 minutos de extracción por faena a 28 minutos por faena. Y en general se reduce la faena de 3-4 noches a 1-2 noches de trabajo.

b. Potencia del usuario

La potencia disminuye en un 61.50%, de 95.55 W (22.84 calorías por segundo) en el proceso actual a 36.79 W (8.79 calorías por segundo) en el proceso con mecanismo.

c. Seguridad y ergonomía

Utilizando el mecanismo se eliminan los accidentes durante el proceso de extracción y por el diseño ergonómico se elimina a su vez la posibilidad de alguna lesión.

d. Costo del proceso

El proceso no reduciría costos, más sí generará mayores ganancias, el mecanismo proporciona mejor alcance para así extraer pota desde mayor profundidad, al ser de extracción más rápida se puede aprovechar mejor el encontrar un cardumen de pota reduciendo así la duración de la jornada. Aunque requiere una inversión inicial elevada, el costo de mantenimiento es casi nulo en el tiempo y las ganancias pagarían la inversión inicial en el primer trimestre (según lo calculado en el capítulo IV).

## RECOMENDACIONES

1. Las mejoras al proceso se podrían dar en más fases del mismo, como mejorar el almacenamiento del producto utilizando sistemas de refrigeración distintos al hielo, mejorar la potera utilizando luces led en vez de un material fluorescente, investigar sobre el uso de radares para encontrar cardúmenes de pota sin tener que depender del azar, entre más posibles mejoras.
2. Una reforma de la ley de pesca podría permitir el uso de motores de poca potencia para el mejor aprovechamiento del producto.
3. Ya que el mecanismo es simple y está diseñado de tal forma que se aísla a los componentes sensibles a la contaminación del ambiente, se recomienda un mantenimiento trimestral de inspección de la grasa lubricante de los engranajes y un mantenimiento semestral de pintado de la estructura.

## BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- Acevedo, M. (2016). Ergonomía de las herramientas de mano.  
Ergonomía en Español Sitio web:  
[http://ergonomia.cl/eee/Inicio/Entradas/2016/4/17 Ergonomia de las herramientas de mano.html](http://ergonomia.cl/eee/Inicio/Entradas/2016/4/17_Ergonomia_de_las_herramientas_de_mano.html)
- Alegre, A., F. Ménard, R. Tafur, P. Espinoza, J. Argüelles, V. Maehara, O. Flores, M. Simier & A. Bertrand. (2014). Comprehensive model of jumbo squid *Dosidicus gigastrophic* ecology in the northern Humboldt Current System.  
Published: PLoS One  
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0085919>
- Arjen Jansen, Peter Slob (2003). “Human Power; Comfortable one-hand Cranking”  
International conference on engineering design ICED 03 Estocolmo.
- Blaskovi'c, V., A. Alegre, and R. Tafur. (2008). The importance of hake in the diet of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the north of the Peruvian zone (2005–2007). In: J. Heine (Editor), CalCOFI Conference—Jumbo Squid Invasions in the Eastern Pacific Ocean. Californian Cooperative Oceanic Fisheries Investigations  
Hubbs-SeaWorld Research Institute, San Diego, Cal, pp. 67.
- Bjarnason, A. B. (1989). Squid Fishing.  
INFOFISH Intl. 2(89):38-40.

- Brusca, R.C. & G.J. Brusca. (1990). Invertebrates. Ed. Sunderland, Massachussetts. USA Capítulo 20: Phylum Mollusca. 698-769
- Carlos E. Paredes, Úrsula Letona (2013) El Futuro de la Anchoveta y la Normativa Pesquera Análisis y Propuestas de Política Universidad San Martin de Porres. Lima, Perú
- Carlos E. Paredes & Santiago de la Puente (2014) Situacion actual de la pesquería de la pota (*Dosidicus Gigas*) en el Perú y recomendaciones para su mejora. Proyecto Mediano Breve CIES PM-T1, Universidad San Martin de Porres
- Clarke, R y O. Paliza (2000) The Humboldt Current Squid *Dosidicus Gigas* (Orbigny, 1835) Revista de Biología Marina y Oceanografía
- De la Rosa, M., Silva, J. T., García-Tirado, V. M. y García-Peña, S. (1994). El Calamar: una Pesquería en Desarrollo. Atlas Pesquero de México Pesquerías Relevantes.
- Ehrhardt, N. M., P. S. Jacquemin, G. González D., P. Ulloa R., F. García B., J. G. Ortiz C. y A. Solís N. (1982). Descripción de la pesquería del “calamar gigante” *Dosidicus gigas* durante 1980 en el Golfo de California. Flota y poder de pesca. Ciencia Pesquera, 3

- Ehrhardt, N. (1991). Potential impact of a seasonal migratory jumbo squid (*Dosidicus gigas*) stock on a Gulf of California sardine (*Sardinops sagax caerulea*) population.  
Bulletin of Marine Science –Miami- 49
- FAO/LATINFOODS. Tabla de Composición de Alimentos de América Latina.  
Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe  
Disponible en: <http://www.fao.org/infoods/infoods/tablas-y-bases-de-datos/america-latina/es/>
- Herrera Yari, Ricardo Alonso (2015) “Determinación de la productividad e identificación de indicadores económicos en la pesquería artesanal del recurso calamar gigante en el puerto de Matarani de la región Arequipa”  
Proyecto de Tesis presentado para optar el título Profesional de Ingeniero Pesquero en la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Hochberg, F. G., y F. Gordon. (1980). Cephalopoda: The Squids and Octopuses. In “Intertidal Invertebrates of California”.  
Stanford California: Standford University press.
- Hunt SA, et al. (2007) The rotator interval: anatomy, pathology, and strategies for treatment.  
J AM Acad Orthop Surg
- IIM-CSIC, I. d. I. M. d. V.-C. S. d. I. C. (2009). Fisiología, Nutrición y Cultivo de Moluscos.  
España, <http://nautilus.iim.csic.es/FaroDeVigo/MaryPesca/>.

- IMARPE (1996) “Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú”  
Editorial STELLA
- Klett-Traulsen, A. (1996). Pesquería de “calamar gigante” *Dosidicus gigas*. Pp 127- 149 In Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (eds.).  
Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. I, 350 pp Centro de Estudios Tecnológicos del Mar, México
- Kreuzer, R. (1984) Cephalopods: handling, processing and products. FAO Fish. Tech. Pap; (254): 108 p
- Ley General de Pesca aprobada por el DECRETO LEY N° 25977
- Lilian Abugoch J, Abel Guarda M, Luz María Pérez R, M. Paulina Paredes G (1999) Determinación de la composición químico-proximal y la formulación de un producto tipo gel jibia (*Dosidicus gigas*)  
Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 49(2), 156-161.
- Markaida, U. y O. Sosa-Nishizaki. (2001). Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997.  
Fisheries Research, Volume 54, Issue 1, December 2001
- Nesis, K. N. (1971). Genus *Dosidicus* Steenstrup, 1957. In Zuev, G. V. y K. N. Nesis (Eds.), Squids (Biology and Fisheries).  
Fishing Industry Press, Moscow
- Nesis, K. N. (1983). *Dosidicus gigas*. Pp. 215-231. En P. R. Boyle (Ed.), *Cephalopod Life Cycles* Vol. I, Species Accounts.

Academic Press, London

- Nevárez-Martínez, M.O., Méndez-Tenorio, F.J., Cervantes-Valle, C., López-Martínez, J., Anguiano-Carrasco, M.L. (2006) Growth, mortality, recruitment, and yield of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off Guaymas, Mexico  
Fisheries Research, Volume 79, Issues 1-2
- Nigmatullin, Ch. M., K. N. Nesis y A. I. Arkhipkin. (2001). Biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae).  
Fisheries Research, Volume 56, Issue 2, May 2002
- Perrigiorgio Corbetta (2007) Metodología y Técnicas de Investigación Social  
Editorial S.S. MCGRAW-HILL/Interamericana de España
- Pueyo Bravo, Luis (2004) Manual de la trucha y su pesca en México  
Editorial Arco Iris Sport Fishing
- Reglamento de la Ley General de Pesca aprobado por DECRETO SUPREMO N° 012-2001-PE
- Tafur, R y M. Rabí. (1997) Reproduction of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*  
Scientia Marina 61 (SCI MAR)
- Valenzuela Pamela y Terán Karen. (2013). Estudio de pre-factibilidad de producción y exportación de conservas de pota a china y española.  
Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

## LISTA DE TABLAS

Ilustración 1 Pesca de Jibia (Pota), embarcación don Chelo, VIII región, Chile..Fuente. - <a href="https://youtu.be/QksyrvsmMrs">https://youtu.be/QksyrvsmMrs</a> .....	- 8 -
Ilustración 2 Peso (Kg) promedio para individuos de pota capturados en el Perú durante 1991 al 2013. Fuente. - IMARPE .....	- 10 -
Ilustración 3 Pota (Dosidicus Gigas). Fuente. - Ilustración Anónima.....	- 11 -
Ilustración 4 Color real de la Pota. Fuente. – SERNAPESCA - Chile .....	- 12 -
Ilustración 5 Distribución de la Pota. Fuente. - Wormuth, 1988 .....	- 14 -
Ilustración 6 Distribución Pota, costa del Perú 1999-2015. Fuente. - IMARPE 2016- 15 -	
Ilustración 7 Productos obtenidos de la Pota. Fuene. – PROMPERU .....	- 18 -
Ilustración 8 Desembarque (t) anual de pota por la flota artesanal. Fuente. - PRODUCE .....	- 19 -
Ilustración 9 Embarcación Artesanal. Fuente. – Diario Gestión .....	- 20 -
Ilustración 10 Poteras. Fuente. – Foto Anónima. ....	- 25 -
Ilustración 11 Línea de pesca tejida de la marca PowerPro. Fuente. - PowerPro....	- 26 -
Ilustración 12 Primera opción del diseño. Fuente. – Elaboración propia.....	- 37 -
Ilustración 13 Segunda opción del diseño. Fuente. – Elaboración propia.....	- 37 -
Ilustración 14 Tercera opción del diseño. Fuente. – Elaboración propia.....	- 38 -
Ilustración 15 Relación Talla – Peso. Fuente. - IMARPE Compendio biológico tecnológico, Marzo de 1996 .....	- 41 -

Ilustración 16 Mecanismo de medición de la potencia humana. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003 ..... - 46 -

Ilustración 17 Potencia en relación al aguante. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003. .... - 47 -

Ilustración 18 Sensación de cansancio en la escala Borg en relación al tiempo. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003. .... - 47 -

Ilustración 19 Escala Borg. Fuente. - Arjen Janse y Peter Slob, 2003. .... - 48 -

Ilustración 20 Diagrama de cuerpo libre general. Fuente. – Elaboración propia. - 50 -

Ilustración 21 Disposición real de la línea de pesca en el carrete. Fuente. - Elaboración propia. .... - 60 -

Ilustración 22 Disposición teórica para el cálculo. Fuente. – Elaboración propia. - 61 -

Ilustración 23 Deformación del carrete. Fuente. – Elaboración propia. .... - 64 -

Ilustración 24 Ejemplo de nudo de carrete. Fuente. – Ilustración anónima. .... - 65 -

Ilustración 25 Factor de geometría, engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. .... - 69 -

Ilustración 26 Factor de proporción del piñon, engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. .... - 70 -

Ilustración 27 Factor de alineamiento del engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. .... - 71 -

Ilustración 28 Factor de espesor de orilla, engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. .... - 71 -

Ilustración 29 Factor dinámico, engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. ....	- 72 -
Ilustración 30 Factor de geometría, engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. ....	- 74 -
Ilustración 31 Bosquejo del eje del carrete. Fuente. – Elaboración propia.....	- 77 -
Ilustración 32 Eje del carrete. Fuente. – Elaboración propia.....	- 77 -
Ilustración 33 Par torsional en el eje del carrete. Fuente. – Elaboración propia. -	78 -
Ilustración 34 Fuerza en el eje de carrete en el plano vertical. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 78 -
Ilustración 35 Fuerza en el eje de carrete en el plano horizontal. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 79 -
Ilustración 36 Diagrama de fuerza cortante para el eje del carrete.....	- 79 -
Ilustración 37 Diagramas de esfuerzos en el eje de carrete. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 80 -
Ilustración 38 Resistencia a la tensión dependiendo del tipo de maquinado. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott....	- 82 -
Ilustración 39 Posición de los transmisores de potencia. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 86 -
Ilustración 40 Detalle geométrico del eje de manivela. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 86 -
Ilustración 41 Par torsional eje de carrete. Fuente. - Elaboración propia.....	- 87 -

Ilustración 42 Fuerzas en el eje de manivela. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 87 -
Ilustración 43 Diagrama cortante eje carrete. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 88 -
Ilustración 44 Diagrama flexionante eje carrete. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 88 -
Ilustración 45 Diseño del sello. Fuente. – SKF.....	- 96 -
Ilustración 46 Datos del sello. Fuente. - SKF. ....	- 97 -
Ilustración 47 Diagrama de cuerpo libre del brazo de soporte. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 98 -
Ilustración 48 Reacciones y deformaciones fuerza puntual en un extremo y empotramiento unilateral. Fuente. - "Resistencia de materiales Pytel" Pytel Slinger, Cuarta edición. ....	- 99 -
Ilustración 49 Reacciones y deformaciones fuerza puntual y empotramiento unilateral. Fuente. - "Resistencia de materiales Pytel" Pytel Slinger, Cuarta edición. .....	- 100 -
Ilustración 50 Tipos de carga para distintas uniones. Fuente. - Norma E. 010-	105 -

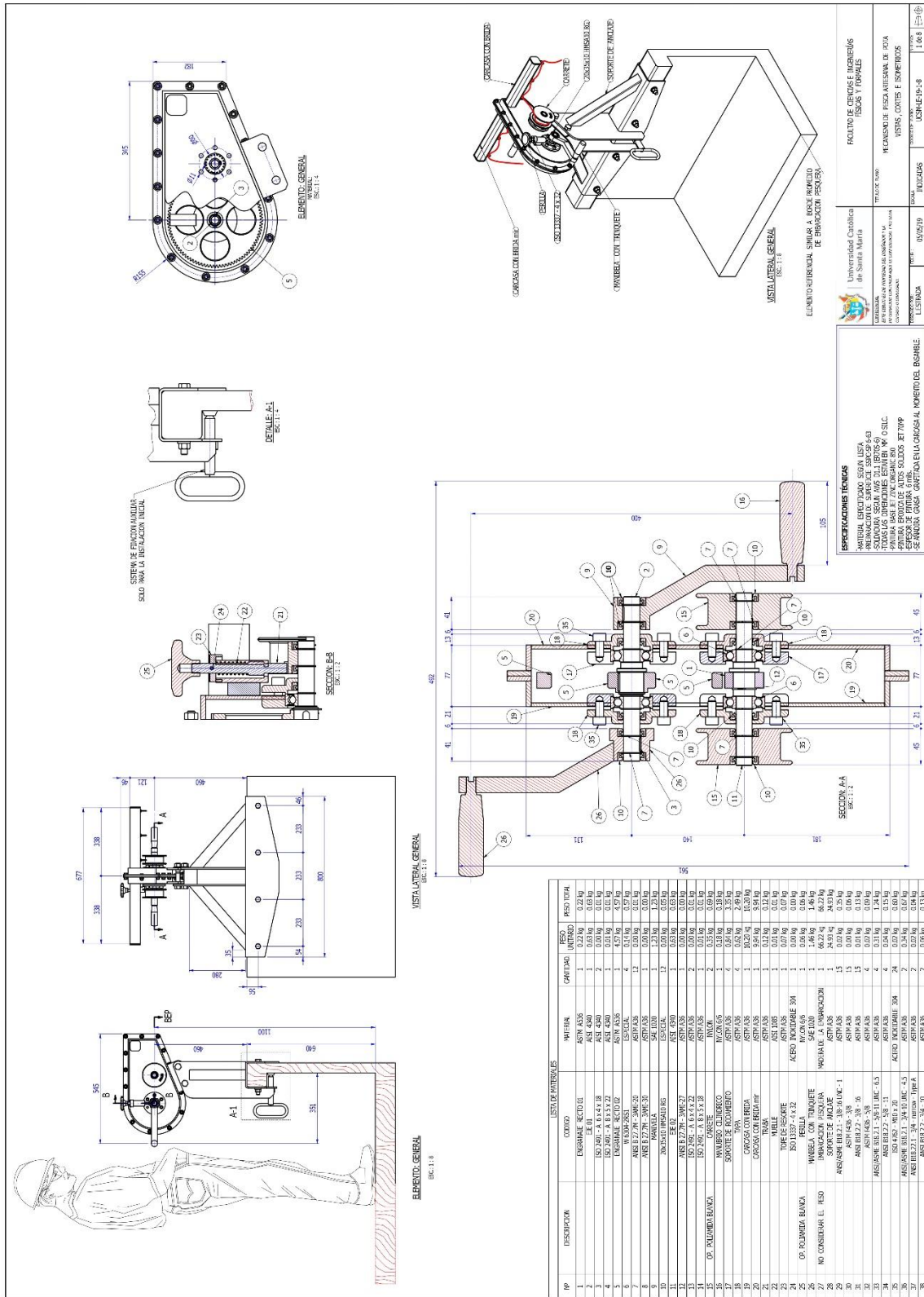
## LISTA DE FIGURAS

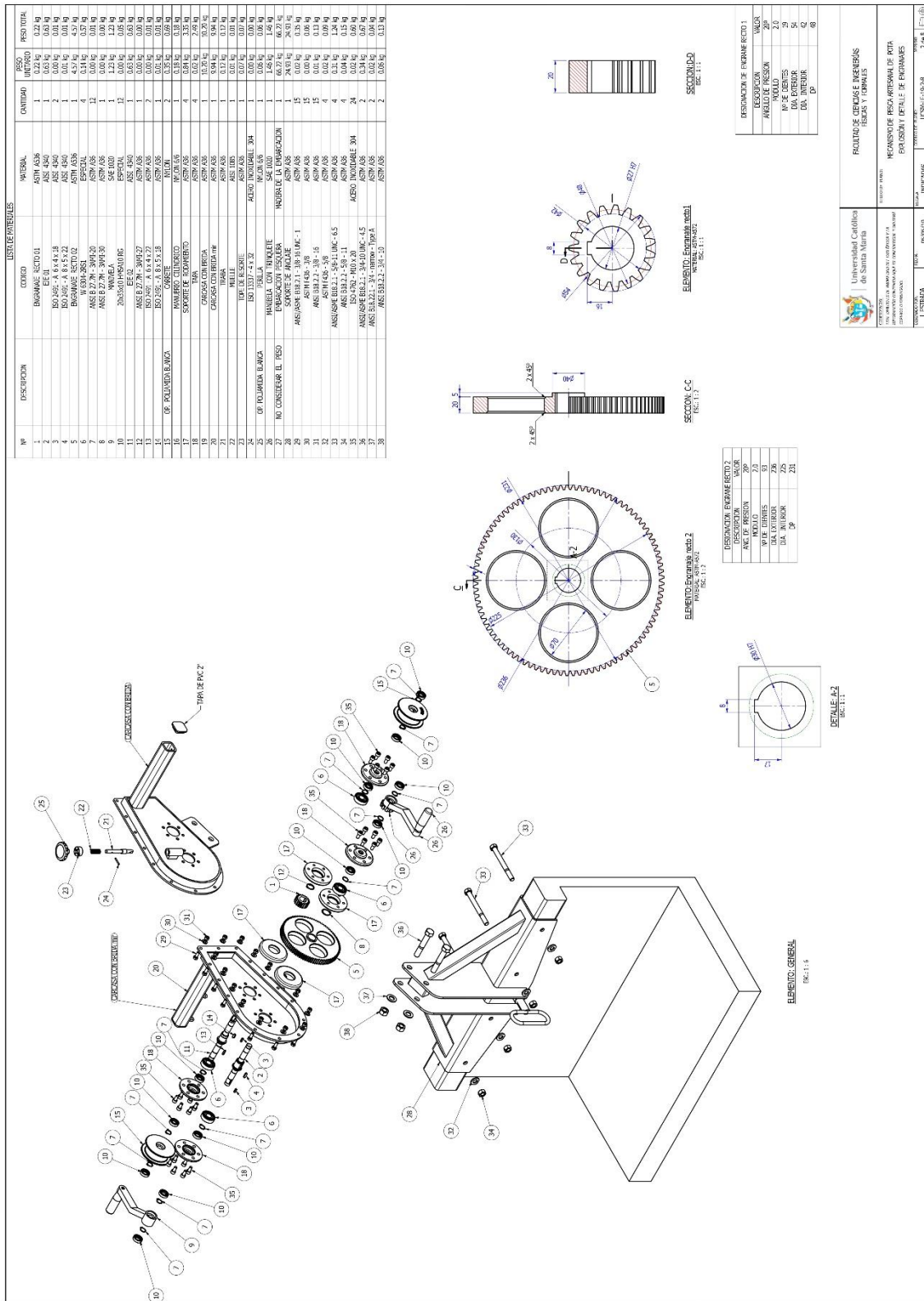
Tabla 1 Ganancias y gastos para una faena promedio en el puerto de Matarani	
Fuente. - Paredes, 2013 .....	- 22 -
Tabla 2 Distribución de los pescadores artesanales. Fuente. - INEI 2012.....	- 23 -
Tabla 3 Nivel educativo de los pescadores artesanales. Fuente. – INEI 2012 .	- 23 -
Tabla 4 Tabla de deseos y exigencias. Fuente. – Elaboración propia .....	- 35 -
Tabla 5 Tabla morfológica. Fuente. – Elaboración propia.....	- 36 -
Tabla 6 Matriz de decisión. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 39 -
Tabla 7 Peso de la pota para el diseño. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 45 -
Tabla 8 Diámetro del carrete y fuerza del usuario para extraer una pota. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 52 -
Tabla 9 Diámetro del carreta y velocidad lineal de extracción de una pota. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 54 -
Tabla 10 Diámetro del carrete y fuerza del usuario para extraer dos potas. Fuente. – Elaboración propia .....	- 56 -
Tabla 11 Diámetro del carreta y velocidad lineal de extracción de una pota. Fuente. – Elaboración propia.....	- 57 -
Tabla 12 Diámetros dependiendo del ancho del carrete. Fuente. – Elaboración propia. ....	- 62 -
Tabla 13 Factor de sobrecarga, engranaje. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. ....	- 69 -
Tabla 14 Factor de tamaño Ks. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. ....	- 70 -

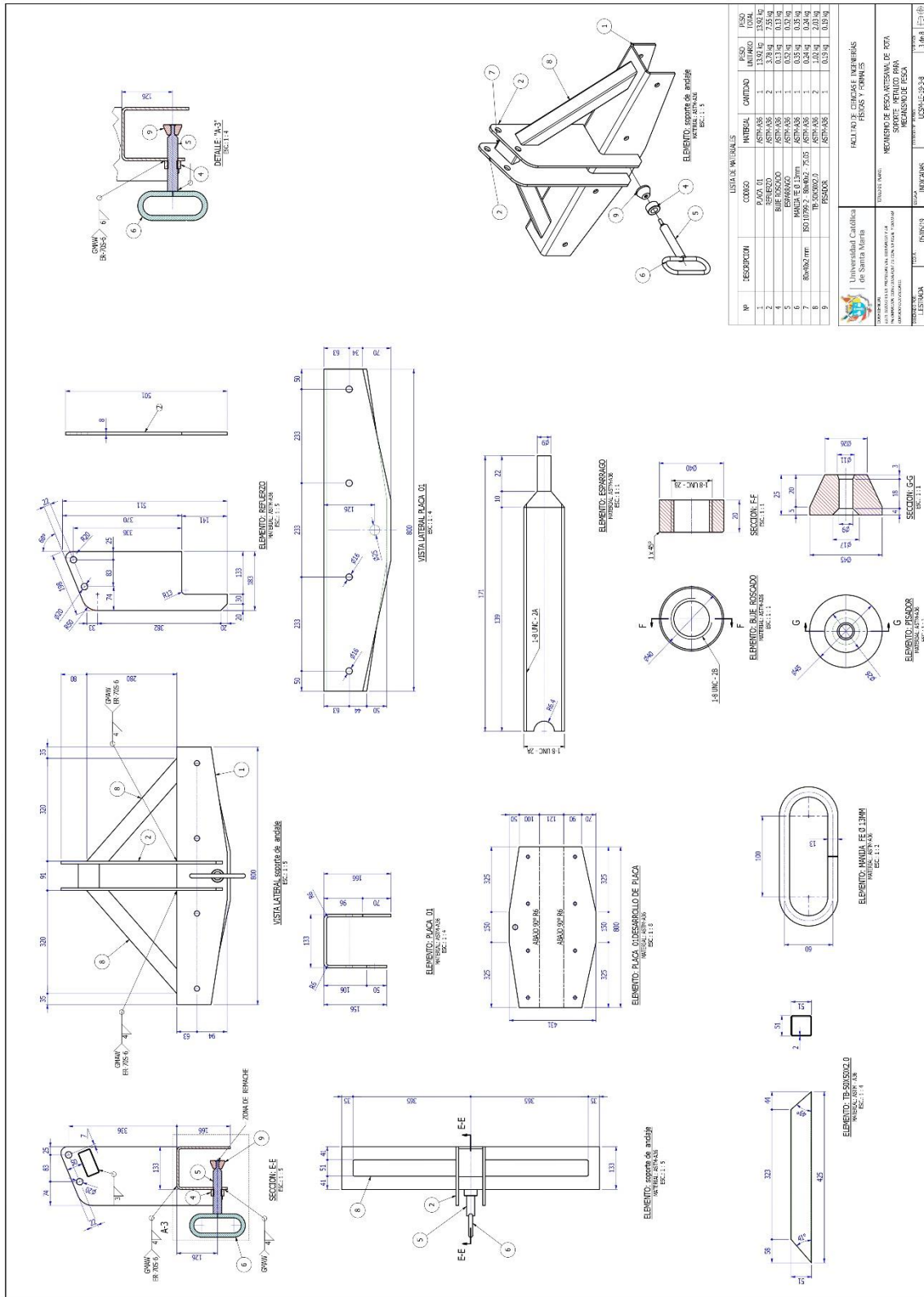
Tabla 15 Composición química del material de ejes. Fuente. – AISI. ....	- 81 -
Tabla 16 Propiedades mecánicas acero 4340. Fuente. - AISI .....	- 81 -
Tabla 17 Factor del material. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. ....	- 82 -
Tabla 18 Factor del tamaño. Fuente. - “Diseño de elementos de máquinas”, cuarta edición de Robert L. Mott. ....	- 83 -
Tabla 19 Dimensiones y propiedades de un tubo cuadrado estructural. Fuente. -	
Tablas LFRD .....	- 102 -
Tabla 20 Grupo dependiendo de la densidad. Fuente. - Norma E.010 .....	- 104 -
Tabla 21 Esfuerzos admisibles dependiendo del grupo. Fuente. - Norma E.010 ....	- 104 -
Tabla 22 Módulo de elasticidad dependiendo del grupo. Fuente. - Norma E. 010...	- 104 -
Tabla 23 Cargas admisibles para uniones empernadas. Fuente. - Norma E. 010...	- 106 -
Tabla 24 Costos de la estructura de soporte. Fuente. - Elaboración propia. ...	- 108 -
Tabla 25 Costos de las partes móviles. Fuente. - Elaboración propia. ....	- 110 -

## ANEXOS





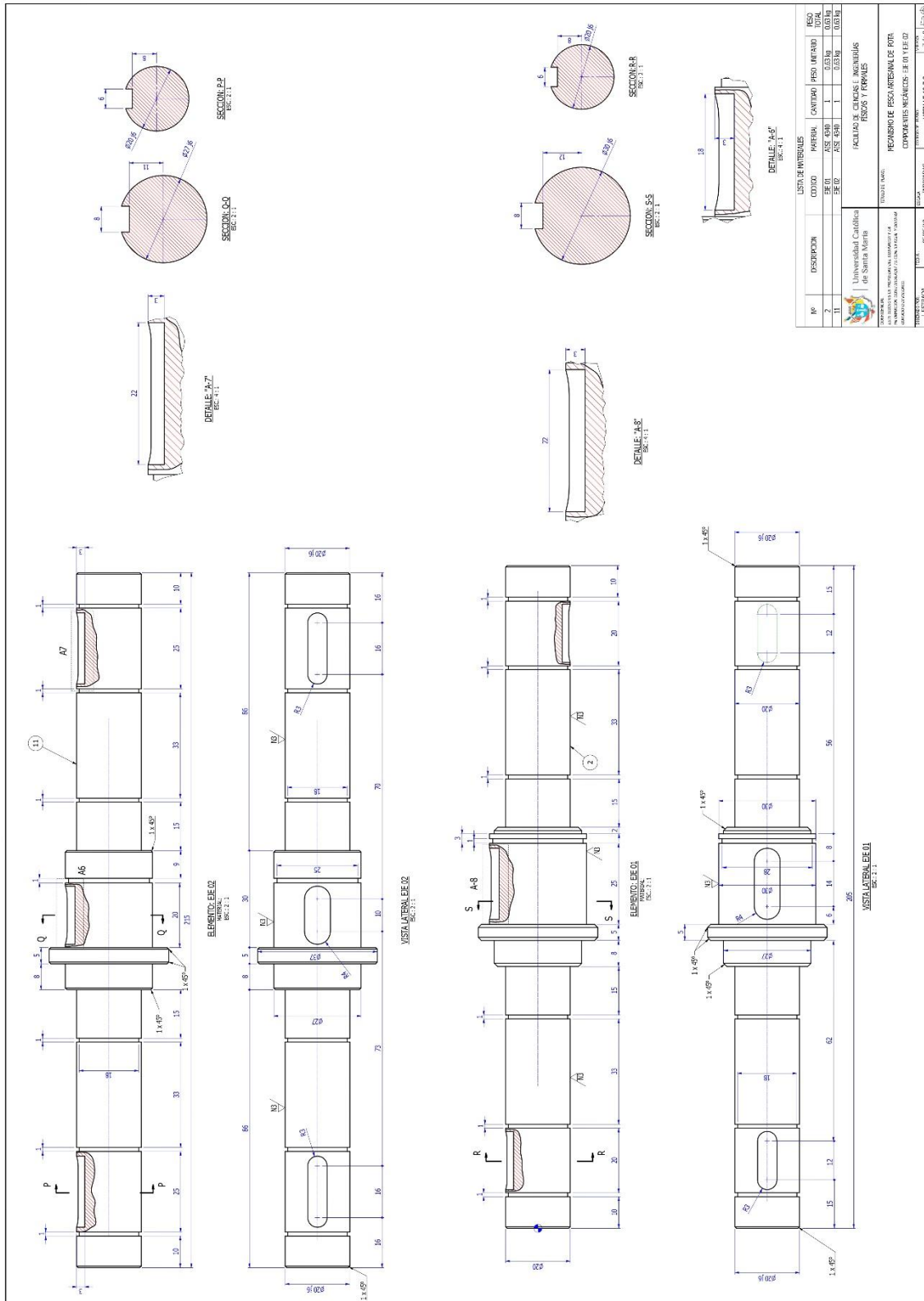












R#	DESCRIPCION	LISTA DE MATERIAS			RESO TOTAL
		CODIGO	CANTIDAD	UNIDAD	
1	ALUMINIO 6061	1	0.0318	0.0318	
2	ACERO 304	1	0.0318	0.0318	
3	ACERO 304	1	0.0318	0.0318	
4	ACERO 304	1	0.0318	0.0318	

UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO	INGENIERÍA MECÁNICA
CARRERA	INGENIERÍA MECÁNICA
PROFESOR	INGENIERO MECÁNICO
ESTUDIANTE	INGENIERO MECÁNICO
TÍTULO	PROYECTO DE MECANISMO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
FECHA	2023-08-24

