CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL

Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial

Proyecto Industrial Terminal:

Rediseño del prototipo brazo derrickman

Para obtener la especialidad de

"TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA"

006936

CONACYT CIDESI
CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN TECNOLÓGICA
Unidad de Formación Académica Posgradual

Presenta:

Ing. Ángel Antonio Uc Ku
Ing. Jorge Luis Cauich Pech

Tutor Académico: Dr. José Alfredo Manzo Preciado

Colaborador: M.C. José Luis González López

Querétaro, Qro. Enero 2014.

RESUMEN

La finalidad principal de este proyecto es diseñar un brazo robótico que sea capaz de ayudar en las maniobras de ensamble y desensamble de la tubería en la torre de perforación, con ello optimizar el trabajo del chango en plataformas, para poder reducir el riesgo de accidentes en el trabajo que este realiza.

El contenido de este proyecto es muy extenso, por tal motivo se dividió en dos partes.

1. Rediseño del brazo columna vertical. Este tema se encuentra en el capítulo 3
2. Sistema de sujeción para tuberías, este tema se encuentra en el capítulo 4

La parte que a continuación se verá es el rediseño del brazo columna vertical del brazo robótico y la mordaza inferior.

El brazo columna vertical es la parte que lleva colocados las mordazas guías y la mordaza inferior, en el cual se definirá el sistema de deslizamiento ya que esta estructura constará de 2 partes, la estructura exterior y la interior, por ello se diseñará dicho sistema, esto para evitar el desgaste y la fricción que puede ocurrir entre estas piezas.

De la misma manera se designara la ubicación del pistón que desplazará la estructura interna para salir y entrar de la estructura exterior.

El rediseño del brazo columna se hará para reducir el peso, y sus dimensiones debido a que el anterior diseño era demasiado grande para el lugar donde estará ubicado, de igual manera una de las causas de este rediseño es debido a que se llegó a un acuerdo para que el brazo robótico sea solo para 2 medidas específicas de tubos.

ÍNDICE

Pag.

1.- INTRODUCCIÓN. 1

1.1.- JUSTIFICACIÓN. 2

1.2.- OBJETIVOS 2

2.- ANTECEDENTES. 3

2.1.- HISTORIA DEL PETRÓLEO. 3

2.2.- PLATAFORMAS MARINAS EN MÉXICO. 4

2.2.1.- Plataformas Marinas en la Sonda de Campeche. 4

2.3.- CHANGO DE PLATAFORMAS. 7

2.3.1.- El Trabajo del Changuero. 8

2.3.2.- Condiciones de Trabajo. 8

2.3.3.- ¿Qué se necesita tener para el trabajo? 9

3.- BRAZO COLUMNA. 11

3.1.- SISTEMA DE DESLIZAMIENTO PARA EL BRAZO COLUMNA 11

3.1.1.- Patines de deslizamiento 11

3.1.2.- Tipos de patín 11

3.1.3.- Selección del tipo de patín de deslizamiento 12

3.1.4.- Formas en las Cuales se Puede Moldear de Poliamida 13

3.1.5.- Ertalyte TX 14

3.2.- DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE LA COLOCACIÓN DEL PISTÓN 15

3.2.1.- Selección del pistón. 15

3.3.- REDISEÑO DEL BRAZO COLUMNA 17

3.3.1.- Selección del tipo de perfil 17

3.3.2.- Simulación de Elementos Finitos para Cargas y Esfuerzos en Solid Works 19

4.- SISTEMA DE SUJECIÓN PARA TUBERÍAS 28

4.1.- SISTEMA DE SUJECIÓN 28

4.1.1.- Mordaza superior 29
4.1.2.- Sujeción media 29
4.1.3.- Sujeción inferior 30
4.2.- DESCRIPCIÓN DE TUBERÍAS 30
4.2.1.-Selección del tipo de perfil para la elaboración de la mordaza 32
4.3.- SOLUCIÓN DE PROBLEMA 33
4.3.1.- Fuerza De Sujeción De Tubería De 2 3/8 33
4.3.2- Tubería de 2 7/8 36
4.4.- ANÁLISIS DE LA MORDAZA 37
5.- CONCLUSIÓN. 41
6.- BIBLIOGRAFÍA 42

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Fig. 1.-	Las plataformas petroleras en la Sonda de Campeche	7
Fig. 2.-	Esquema general de una torre de perforación	10
Fig. 3.-	Conjunto de deslizamiento FBW50110XR	11
Fig. 4.-	Guía lineal	12
Fig. 5.-	Rueda con pestaña de poliamida.	13
Fig. 6.-	Rueda y ruedecilla echa con poliamida	13
Fig. 7.-	Poliamida utilizada en algunos sistemas de deslizamiento de grúas hidráulicas	14
Fig. 8.-	Dimensiones del perfil interior	17
Fig. 9.-	Dimensiones del perfil exterior	17
Fig. 10.-	Puntos de restricción y fuerza	20
Fig. 11.-	Resultados de Von Mises	20
Fig. 12.-	Resultados del desplazamiento	21
Fig. 13.-	Ubicación de las restricciones y el área donde se aplica la presión	21
Fig. 14.-	Resultado Von Mises con restricciones por el sistema de deslizamiento	22
Fig. 15.-	Resultado del desplazamiento con las restricciones por el sistema de deslizamiento	22
Fig. 16.-	Aplicación de presión en el extremo de la estructura interior	23
Fig. 17.-	Resultado Von Mises y de deformación de la carga aplicada	24
Fig. 18.-	Resultados de Von Mises, deformación y punto de restricción	25
Fig. 19.-	Simulación de un golpe lateral del perfil exterior (resultado Von Mises y Deformación)	26
Fig. 20.-	Simulación del perfil exterior simulando una carga (resultado Von Mises y Deformación)	27
Fig. 21.-	Partes de la mordaza	28
Fig. 22.-	Mordaza superior	29

Fig. 23.- Mordaza media 29
Fig. 24.- Mordaza inferior 30
Fig. 25.- Mordaza 32
Fig. 26.- Sujeción de tubo 34
Fig. 27.- Sujeción de tubería de 2 3/8 35
Fig. 28.- Tubería con área de contacto 36
Fig. 29.- Tubería de 2 7/8 áreas de contactos 37
Fig. 30.- Aplicación de presión en un determinado área 38
Fig. 31.- Análisis de la mordaza con la fuerza de tubería de 2 7/8 38
Fig. 32.- Área de la presión aplicada 39
Fig. 33.- Análisis de tubería simulando tubería de 2 3/8 40
Fig. 34.- Zona de deformación. 40

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.-	Medidas de los perfiles, los puntos azules marcan las medidas escogidas para los 2 perfiles	18
Tabla 2.-	Cuadro de los grados de tuberías	30
Tabla 3.-	Características de tuberías	31
Tabla 4.-	Especificaciones de tubería así la mordaza	31
Tabla 5.-	Propiedades mecánicas del acero A36	32
Tabla 6.-	Coeficientes de fricción	33
Tabla 7.-	Resultados de la simulación	40

1.- INTRODUCCIÓN.

El petróleo se ha utilizado como combustible desde hace años, empezando en los países del oriente. La primera destilación del petróleo ocurrió gracias a un árabe.

México empezó a darse a conocer como uno de los mejores productores de petróleo en el siglo pasado. Solamente en la sonda de Campeche, México tiene instaladas más de 100 plataformas marítimas.

En la plataforma uno de los trabajos de alta peligrosidad es el que se lleva a cabo para el manejo de tubería en el piso de perforación, parte de dicho trabajo es ejercido por el chango, su trabajo consiste en estar en la torre de perforación a una altura de alrededor de 20 a 25 metros sobre el piso de perforación, sostenido solamente por su arnés o cuerda de vida, casi aventándose para poder pasar una línea alrededor del tubo jalándolo hacia el para poder quitar el seguro de la mordaza del top drive que sostiene el tubo para que este lo suelte, luego posteriormente poderlo acomodar en su lugar correspondiente en el rack y viceversa acomodando el tubo en el pozo para utilizarse ya sea para perforación o extracción de petróleo.

1.1.- JUSTIFICACIÓN.

La elaboración de un brazo robótico, para plataforma surge de la necesidad que actualmente existe por los riesgos y peligros que presenta el operador de torre o mejor conocido como changuero, al igual instalar un brazo robótico en las plataformas es para que dichas estructuras poco a poco se vayan evolucionando para que sean de sexta generación.

1.2.- OBJETIVOS.

Diseñar un brazo robótico con la finalidad de implementarse en plataformas petroleras para sustituir al trabajador llamado "chango", que es una persona encargada de realizar un trabajo muy riesgoso, colocando las tuberías de perforación en el lugar correspondiente (rack).
Automatizar, reducir el riesgo de accidentes en plataformas petroleras y obtener mayor producción gracias a la eficacia del brazo robótico.

Rediseñar el brazo columna vertical, cambiando el sistema de deslizamiento para mejorar el movimiento de arriba hacia abajo del pistón, al igual cambiar las dimensiones del diseño actual para ajustarse a las dimensiones de la torre de perforación y con ello reducir el peso del brazo robótico.

El rediseño de la mordaza inferior es de suma importancia ya que es la parte de la columna que sostiene la tubería y de igual manera la levanta a una determinada altura para que la tubería no tenga ningún obstáculo, las mordazas inferior están diseñadas para la manipulación para dos medidas de tuberías, las cuales son 2(3/8") y 2(7/8") se utilizan para la perforación y la reparación de pozos petroleros

2.- ANTECEDENTES.

2.1.- HISTORIA DEL PETRÓLEO.

Desde la antigüedad el petróleo aparecía de forma natural en ciertas regiones terrestres como son los países de Oriente Medio. Hace 6.000 años en Asiria y en Babilonia se usaba para pegar ladrillos y piedras, en medicina y en el calafateo de embarcaciones; en Egipto, para engrasar pieles; las culturas precolombinas de México exactamente en Talpa de Allende pintaron esculturas con él; y los chinos ya lo utilizaban como combustible.

La primera destilación de petróleo se atribuye al sabio árabe de origen persa Al-Razi en el siglo IX, inventor del alambique, con el cual obtenía queroseno y otros destilados, para usos médicos y militares. Los árabes a través del Califato de Córdoba, actual España, difundieron estas técnicas por toda Europa.

Durante la Edad Media continuó usándose únicamente con fines curativos.
En el siglo XVIII y gracias a los trabajos de G. A. Hirn, empiezan a perfeccionarse los métodos de refinado, obteniéndose productos derivados que se utilizarán principalmente para el engrasado de máquinas.

En el siglo XIX se logran obtener aceites fluidos que empezaran pronto a usarse para el alumbrado. En 1846 el canadiense A. Gesnerse obtuvo queroseno, lo que incrementó la importancia del petróleo aplicado al alumbrado. En 1859 Edwin Drake perforó el primer pozo de petróleo en Pensilvania.

La aparición de los motores de combustión interna abrió nuevas e importantes perspectivas en la utilización del petróleo, sobre todo en uno de los productos derivados, la gasolina, que hasta entonces había sido desechada por completo al no encontrarle ninguna aplicación práctica.

Es de señalar, que derivado de la crisis del petróleo de 1973 y como respuesta a la OPEP, en 1974 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE, crea la Agencia Internacional de Energía o AIE, con el objetivo de que los países consumidores de crudo coordinaran las medidas necesarias para asegurar el abastecimiento del petróleo.

Las principales empresas estatales son Aramco (Arabia Saudita), National Iranian Oil Company (Irán), Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima PDVSA (Venezuela), China National Petroleum Corporation, Kuwait Petroleum Company, Sonatrach, Nigerian National Petroleum Corporation, Libya National Oil Co, Petróleos Mexicanos (PEMEX) (México) y Abu Dhabi National Oil Co. En el caso de la mayor empresa rusa, Lukoil, la propiedad gubernamental es parcial.

2.2.- PLATAFORMAS MARINAS EN MÉXICO.

La tradición de México como gran productor de petróleo inició en el comienzo del siglo pasado con la explotación de la conocida Faja de Oro, región que abarcaba parte de los estados de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí. Esa zona petrolera fue la principal fuente productora durante casi 70 años y aún hoy, sigue produciendo con la utilización de nuevas tecnologías.

En 1971, la declinación de esos campos se superó con el descubrimiento y la explotación de uno de los yacimientos marinos más grandes del mundo: Cantarell, en una región que es la continuación submarina de la Península de Yucatán, denominada Sonda de Campeche.

2.2.1.- Plataformas Marinas en la Sonda de Campeche.

En la Sonda de Campeche, México tiene más de 100 plataformas marítimas en las que viven permanentemente rotándose, desde luego-alrededor de 5 mil personas; con frecuencia las instalaciones son verdaderos conjuntos modulares de varias plataformas, una principal y otras satélites, unidas por gigantescas tuberías que a la vez sirven de estructuras para los puentes colgantes.

La Sonda de Campeche es una extensión marina que tiene una profundidad media de 180 metros, de la cual se ha obtenido una enorme riqueza que el país ha traducido en beneficios económicos, pero también en crecimiento científico, tecnológico, industrial y comercial.

En la actualidad, Pemex tiene en operación cientos de plataformas marinas de diversos tipos, tamaños y características, desde las cuales perfora, explota, transporta, transforma y distribuye los hidrocarburos que obtiene de yacimientos y Activos como Cantarell, Ku-Maloob-Zaap, Abkatún –Pol-Chuc y Litoral de Tabasco, en los que miles de petroleros laboran diariamente las 24 horas de los 365 días del año.

Trabajar en una plataforma petrolera es aceptar y adoptar una forma de vida diferente a cualquier otra. Es salir de tu casa, sabiendo que una jornada laboral no será de 8 o 10 horas, sino de 14 o hasta 28 días.

La mayor parte de las plataformas marítimas tienen la función de extraer petróleo crudo y gas natural, que invariablemente surgen combinados. En algunos pozos predomina el líquido, pero siempre con algún porcentaje de gas; en otros, la composición es al revés. Esta característica geológica obliga a separar en las instalaciones oceánicas ambos tipos de hidrocarburos, para luego bombearlos hacia tierra firme, pues tienen dos destinos perfectamente diferenciados: el gas se concentra en la planta de rebombeo de Atasta, Campeche, y el crudo en el puerto tabasqueño de Dos Bocas, construido ex profeso.

Estas plataformas de explotación (en las que llegan a vivir en cada una aproximadamente 300 personas) son estructuras metálicas sustentadas en pilotes profundamente incrustados en el lecho marino, de manera que son instalaciones fijas que suelen tener muchos pisos, formando verdaderos y raros edificios. Su parte inferior es un muelle y la superior un helipuerto. Cada plataforma cuenta con

006956

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN TECNOLÓGICA
Unidad de Formación Académica Posgradual

toda clase de servicios, desde los técnicos directamente vinculados con la producción y el mantenimiento, hasta los de apoyo y domésticos, como son los excelentes comedores y la panadería.

Las plataformas son autosuficientes en alta medida: obtienen agua potable a través de plantas desaladoras de agua marina (las aguas negras son tratadas); tienen generadores termoeléctricos que funcionan con gas natural; los abastecimientos externos los lleva semanalmente el barco que transporta los alimentos perecederos.

Otro grupo de plataformas son de exploración, las cuales, precisamente por ello, no son plataformas fijas sino móviles, con patas hidráulicas elevables que se apoyan en el fondo del mar, o con pontones que se llenan o vacían de agua por medio de bombeo, con un mecanismo similar al de los submarinos.

Un tercer grupo de plataformas son las de apoyo, tanto técnico -para rebombeo en alta mar u otras necesidades- como administrativo; tal es el caso de un extraordinario hotel flotante, que alberga a cientos de trabajadores que laboran en las plataformas de exploración y que diariamente son movidos por vía marítima, pues no sería costeable construir viviendas en plataformas que pudieran resultar efímeras; en estas instalaciones se cuenta incluso con alberca.

Dentro de este último grupo de estructuras sobresale la "plataforma cerebro" de la Sonda de Campeche, que es la torre de telecomunicaciones, dotada con radios y equipos de radar computarizados para el control del intenso tráfico marítimo. El equipo comprende de radares con sintetizadores que dibujan en las pantallas el tipo de la embarcación captada, y una especie de zoom o telefoto para hacer impresionantes acercamientos del barco en cuestión.

La seguridad es un elemento fundamental en la Sonda de Campeche: hay barcos bombas que lanzan cortinas de agua para impedir la transmisión del calor de

algunos mecheros hacia las plataformas más cercanas; tales mecheros (que también tienen los pozos terrestres) a los profanos nos parecen un perenne desperdicio de combustible que se quema sin ningún provecho, pero lo cierto es que son elementos básicos de seguridad, pues vienen a hacer las veces de los "pilotos" de cualquier estufa doméstica: en lugar de que se acumulen desechos gaseosos explosivos, se queman de inmediato gracias a ese mecanismo. Las tuberías se limpian periódicamente, ¡por dentro!, haciendo pasar elementos sólidos a presión. Hay un equipo de buzos para reparaciones bajo el mar.

En Ciudad del Carmen opera un moderno helipuerto con capacidad para 40 aparatos de turbina, y más que una instalación de nuestra industria petrolera parece una gran terminal aérea pública, con alegre bullicio y movimiento permanente.

Las estructuras petroleras en la Sonda de Campeche son una contundente prueba del nivel que ha alcanzado la tecnología mexicana en esta materia, la cual incluso se exporta a otros países.

Fig. 1.- Las plataformas petroleras en la Sonda de Campeche

2.3.- CHANGO DE PLATAFORMAS.

Derrickman también llamados changos o las mujeres, son miembros de la tripulación en las plataformas de petróleo o gas en alta mar. Ellos trabajan en una plataforma unida a la torre de perforación (mástil), por lo general alrededor de 20 a 25 metros por encima del piso de perforación. La torre o mástil soporta conjunto de perforación de la plataforma. Los trabajan bajo la supervisión de la taladradora.

2.3.1.- El Trabajo del Changuero.

El changuero tiene muchas responsabilidades y debe tener habilidades como se mencionan a continuación:

- El cuidado de la tubería a la que está unido el taladro de aceite.
- Manipulación de las secciones de la tubería de perforación.
- Operar el equipo de elevación cuando la tubería se está ejecutando en o fuera del agujero de perforación.
- Controlar el barro (el lubricante utilizado para la broca) que se hace circular por la tubería de perforación cuando se perfora.
- Supervisar el funcionamiento de las bombas de lodo y mezclar otras sustancias necesarias en el lodo, utilizando indicadores para medir la densidad del lodo y la realización de pruebas de regularidad viscosidad.
- El mantenimiento de la condición del sistema que hace circular el lodo.
- La supervisión de los operadores de la bomba de lodo o floorhands.
- El mantenimiento de la torre de perforación.

2.3.2.- Condiciones de Trabajo.

El trabajo que ejerce el changuero se encuentra en plataformas ya sea en tierra o en alta mar, a continuacion se mencionan las condiciones de trabajo a los cuales se encuentra expuesto:

- Trabajar en una plataforma o plataforma al aire libre en condiciones que pueden ser muy frío, húmedo, ventoso, ruidoso y peligroso.
- Existe el riesgo de lesiones por accidentes, especialmente cuando se trabaja en altura, como lo sería la mayor parte del tiempo.

- Trabajar en alta mar para 2 o 3 semanas, seguido de un período de descanso de 2 ó 3 semanas en tierra. Esto significa pasar largos períodos lejos de su hogar y su familia.
- No puede usar los teléfonos móviles (a menudo no hay señal), pero hay teléfonos públicos y acceso a internet de banda ancha por lo general.
- Trabajar un turno de 12 horas, incluyendo el descanso y las comidas, con 12 horas fuera de servicio.
- Los empleadores proporcionan alojamiento gratuito (cabañas generalmente compartidas) y las comidas. Por lo general hay buenas instalaciones de ocio.
- El alcohol y el tabaco están prohibidos en las plataformas.
- Los empleadores proporcionan todo el equipo de seguridad necesario como trajes térmicos, guantes, botas y un casco.
- El trabajador tiene que transportarse en helicóptero (por lo general un gran 18 plazas) o en barcos hacia la plataforma y viceversa.
- Normalmente, se necesita experiencia previa de trabajo en alta mar. Muchos principiantes comienzan como peones y trabajan hasta ser un operador de la torre o la mujer.
- El trabajador necesita estar en forma, ya que este trabajo implica la escalada, la elevación y el uso de equipo pesado.
- El trabajador tiene que pasar un examen médico cada 2 años el cual puede incluir pruebas de abuso de sustancias nocivas.

2.3.3.- ¿Qué se necesita para el trabajo?

Tener:

- Buenas habilidades de mano.
- Buena condición física.
- Agilidad y no tenerle miedo a las alturas.
- Un fuerte sentido de la responsabilidad.
- El conocimiento de temas de salud y seguridad en todo momento.

Ser capaz de:

- Trabajar al aire libre en todos los tiempos climáticos.
- Vivir en una plataforma o flotel durante largos períodos de tiempo
- Viajar en helicóptero o barcos hacia y desde la plataforma.
- Vivir y trabajar como miembro de un equipo.
- Respetar las normas y seguir cuidadosamente las instrucciones.

Aunque algunos trabajadores pasan muy poco tiempo en las plataformas, muchos otros pasan la mayor parte de su carrera, a menudo más de 20 años en alta mar.

El tiempo que hace el trabajador en plataforma depende del trabajo que realice, el puesto que tenga a cargo o ya sea por motivos personales y económicos, también influye la empresa para la cual este trabajando.

La imagen inferior muestra un esquema general de una torre de perforación con sus partes principales.

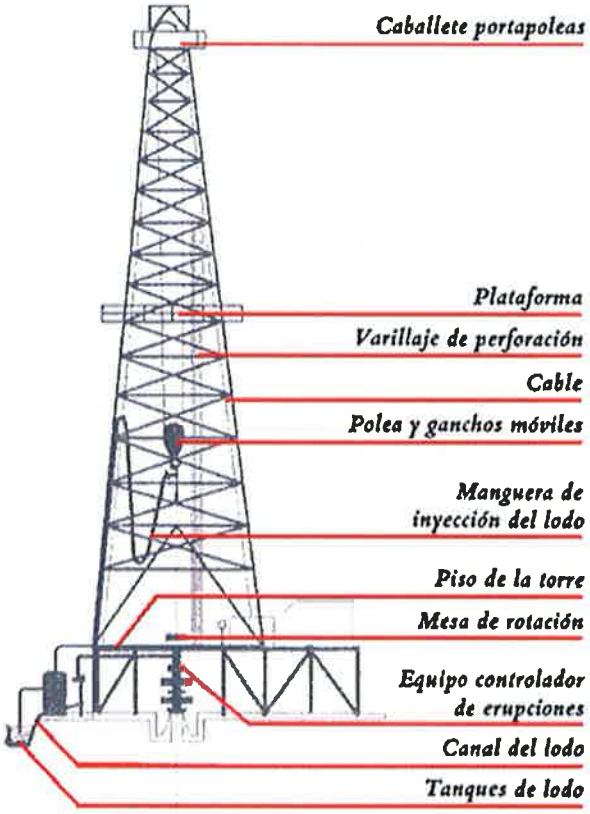

Fig. 2.- Esquema general de una torre de perforación

3.- BRAZO COLUMNA.

3.1.- SISTEMA DE DESLIZAMIENTO PARA EL BRAZO COLUMNA

El sistema de deslizamiento es una de las partes importantes del brazo robótico ya que evitará el desgaste entre piezas por contacto, el cual proporcionara un deslizamiento suave.

3.1.1.- Patines de deslizamiento

Los patines son elementos que permiten el deslizamiento de las secciones interiores, reduciendo rozamiento y proporcionando una superficie de contacto que permite distribuir mejor los esfuerzos que producen las cargas manipuladas.

3.1.2.- Tipos de patín

En el mercado existen una amplia gama de patines de deslizamiento utilizados para diferentes tipos de trabajos, cada uno de los patines diseñados cumplen con la finalidad de que dos estructuras distintas se puedan deslizar entre sí, sin provocar rozamiento entre ellos y por consecuencia provocar desgastes entre las piezas por la fricción provocada.

Algunos tipos de patines son los siguientes:

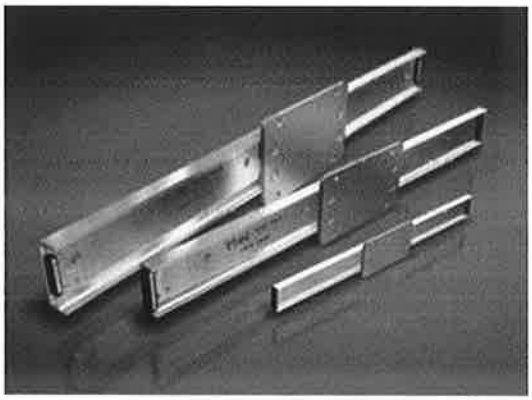

Fig. 3.- Conjunto de deslizamiento FBW50110XR

El conjunto de deslizamiento es una guía lineal económica configurada con un patín prensado y ríeles laminados. Este producto ligero y compacto proporciona un movimiento flexible.

Fig. 4.- Guía lineal

Sistema de guía para deslizar piezas entre si, suave y fácilmente, deslizándose por medio de una base rígida movida sobre unos ejes lubricados con aceite.

3.1.3.- Selección del tipo de patín de deslizamiento

La poliamida es un material que es utilizado en el sistema de deslizamiento de las plumas o prolongas hidráulicas para evitar la fricción entre piezas y fácil deslizamiento.

Este tipo de material proporciona las siguientes características, facilitadas por el fabricante:

No necesitan lubricación: El material incorpora lubricantes sólidos ligados a la estructura molecular, lo que garantiza la presencia de lubricante durante toda la vida útil de la pieza. Ideales para zonas de difícil acceso o donde la lubricación sea problemática.

Movimiento fácil y suave: Ya que no presentan efecto stick-slip (movimientos bruscos en las áreas de contacto), lo que significa que el inicio del movimiento sea suave y controlado (característica fundamental en maquinaria para elevar o transportar personas).

Excelente resistencia al desgaste: Incluso sin lubricación tienen una duración muy superior al resto de productos substitutivos.

Buena capacidad de carga: Al presentar una amplia superficie de contacto (sin penalizar el deslizamiento), la carga se distribuye de forma más uniforme.

Resistentes a la corrosión: Ideales para su uso externo, incluso en ambientes marinos. Además, el lubricante interno que incorporan sirve para proteger la zona de la pluma por la que deslizan.

Rendimiento a altas temperaturas
Temperatura de fusión 343°C (649 °F).
Temperatura continua de uso 260°C (500 °F) (UL 746B).

Propiedades ante el fuego y toxicidad
• Muy estable ya que no requiere de aditivos de combustión.
• La composición y pureza inherente de los materiales da como resultado una emisión extremadamente baja de humo y gases tóxicos en situaciones de incendio.

3.1.4.- Formas en las Cuales se Puede Moldear la Poliamida

Este material se puede moldear en formas distintas según sea el uso y trabajo que se pretenda realizar.
Ejemplos de formas moldeadas:

Fig. 5.- Rueda con pestaña de poliamida.

Fig. 6.- Rueda y ruedecilla echa con poliamida.

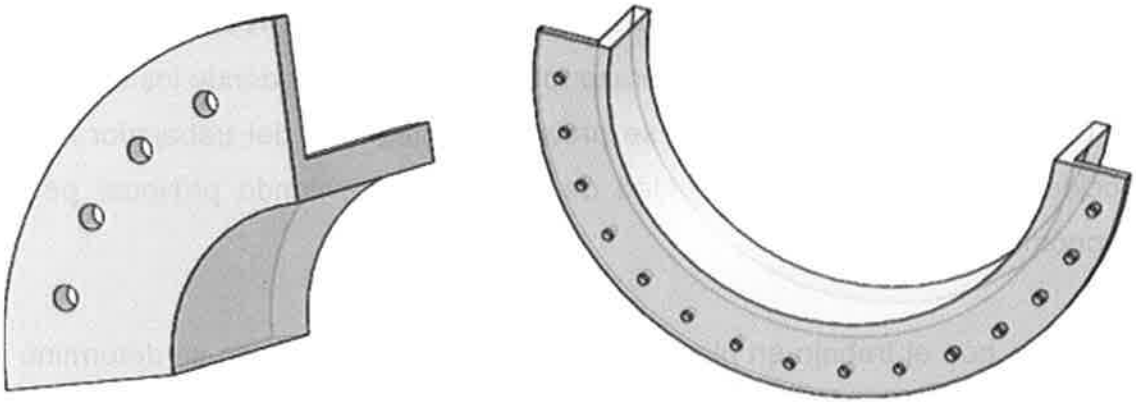

Fig. 7.- Poliamida utilizada en algunos sistemas de deslizamiento de grúas hidráulicas.

Una vez que se tienen las propiedades mecánicas de la poliamida, se procedió a la búsqueda de un material que contenga como aleación base la poliamida, en la cual se encontró el Ertalyte TX.

3.1.5.- Ertalyte TX

El Ertalyte TX es un poliéster termoplástico internamente lubricado que provee una resistencia mejorada al desgaste y se mantiene sin reaccionar químicamente aún mejor que el nylon (PA) y al acetal (POM). Por su contenido de lubricante sólido uniformemente disperso, el Ertalyte TX provee un mejor rango de desgaste y coeficiente de fricción que los poliésteres sin modificar, tales como el PET o el PBT e incluso que materiales lubricados como el Delrin AF Blend.

El Ertalyte TX es superior bajo condiciones de alta presión y velocidad. También es idealmente adecuado para aplicaciones que involucran metales suaves y plásticos en contacto superficial. El Ertalyte TX cumple con la normatividad de la FDA, USDA y 3A-*Dairy*.

Debido a las propiedades que posee este material se llegó a la conclusión de que sería el material adecuado para cumplir como una goma para el sistema de deslizamiento, otra de las cualidades de este material es que posee un bajo coeficiente de absorción de agua, cualidad que es primordial debido a la ubicación donde estará instalado el brazo robótico.

3.2.- DETERMINACION DE LA ZONA DE LA COLOCACION DEL PISTON

La zona donde estará ubicado el brazo robótico es un lugar donde los trabajos son de 24 horas continuas, por ello se protege la integridad del trabajador evitando accidentes, así como la integridad de la empresa evitando provocar pérdidas económicas.

Debido a que el trabajo en plataformas es muy rudo y riesgoso se determinó que es recomendable colocar el pistón dentro de la estructura del brazo columna ya que con ello se evitara que el vástago del pistón pueda estar expuesto a golpes que pueden provocar deformación del mismo.

Entonces la finalidad de tener el pistón dentro de la estructura del brazo es para protegerlo de los golpes a cuales pudiera estar expuesto, el cual puede provocar el paro inmediato del funcionamiento del brazo lo que provocaría un accidente hacia los trabajadores que se encuentren laborando en su cercanía por la posible caída de los tubos que se encuentre manipulando el brazo robótico al tender a forzar la carrera del vástago del pistón del brazo columna.

3.2.1.- Selección del pistón.

Para la selección del pistón se debe calcular las dimensiones del mismo, sabiendo de igual manera la presión a la que se requiere a que este trabajando.

Los datos que se conocen son:

1.-Presion (1500 PSI)

2.-Fuerza (3306.9 lb)

3.- Carrera del actuador hidráulico de 100 cm.

Datos que se requieren conocer:

1.-Superficie (Área) del embolo.

2.-Diámetro del pistón.

3.-Volumen del cilindro.

1.-Para calcular la superficie del embolo se despeja el área de la siguiente formula y se sustituyen los valores:

$$P = \frac{F}{A} \qquad\qquad A = \frac{F}{P}$$

$$A = \frac{3306.933932773 \text{ lb}}{1500 \ lb/plg^2}$$

$$A = 2.204622622 \ plg^2$$

$$A = 14.2233433081 \ cm^2$$

2.-Conociendo el área, sé despeja el diámetro en la formula siguiente y se sustituyen los valores:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \qquad\qquad D^2 = \frac{4A}{\pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(2.204622622)}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{2.807012704}$$

$$D = 1.675414189$$

3.-Para calcular el volumen del cilindro se sustituyen los valores en la siguiente formula:

$$Volumen\ del\ cilindro = (superficie\ del\ cilindro)x\ (carrera)$$

$$Vol.\ del\ cilindro = (14.2233433081)\ x\ (100)$$

$$Vol.\ del\ cilindro = 1422.334331\ cm^3$$

3.3.- REDISEÑO DEL BRAZO COLUMNA

Para el rediseño del brazo columna vertical lo primero que se procedió hacer fue buscar un tipo de perfil estructural que cumpliera con las especificaciones, teniendo en cuenta que la estructura interna debería de tener la misma distancia de separación en ambos lados, con respecto a las dimensiones internas de la estructura externa ya que en su interior estaría ubicado y para diseñar la forma del sistema de deslizamiento con la poliamida.

3.3.1.- Selección del tipo de perfil

La forma del perfil escogido fue el de forma cuadrada para que ambos lados contara con las mismas medidas. Las medidas de los perfiles son: interior 140mm x 140mm, y espesor de 8mm, exterior 200mm x 200mm, y espesor de 8mm, como se muestra a continuación.

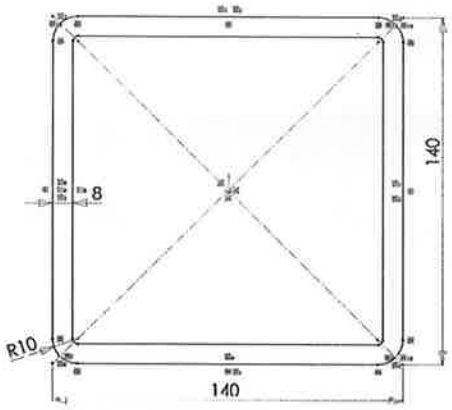

Fig. 8.- Dimensiones del perfil interior.

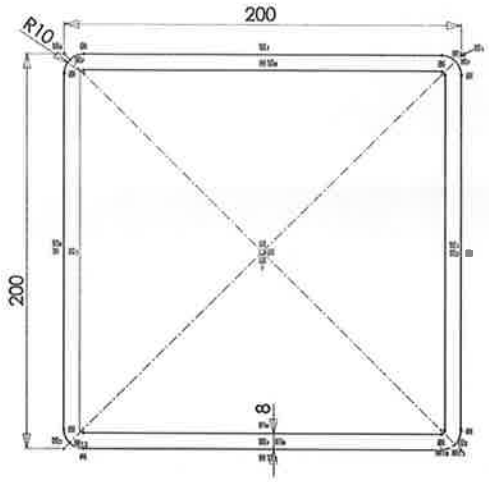

Fig. 9.- Dimensiones del perfil exterior.

La forma y las dimensiones también fueron escogidas ya que se pretende simular el deslizamiento suave que tienen las plumas de las grúas hidráulicas al momento de salir y contraerse sin que presenten ningún problema con la ayuda del pistón hidráulico.

Al igual se pretendía que en el interior todos sus lados tengan las mismas distancias entre las paredes de las estructuras.

Las medidas de los perfiles fueron escogidos de acuerdo al cuadro siguiente:

Cuadrado milímetros	Rectangular milímetros	ESPESORES milímetros 3	3,2	4	5	5,6	6	6,3	7 / 7,1	8	8,8	10	12	12,5	14	14,2	16	17,5
130 x 130	180 x 80	12,02	12,70	15,80	19,50	22,09	23,20	24,78	27,74	30,40	34,01	37,30	43,90	47,17	52,31	52,99		
135 x 135	180 x 90		13,20	16,40	20,30		24,20			31,70		38,90	45,80					
140 x 140	180 x 100	12,80	13,50	16,90	21,00	23,84	24,90	26,72	29,97	32,60	36,77	40,00	47,00	51,10	56,71	57,45	64,02	
	200 x 80	12,80	13,50	16,90	21,00	23,84	24,90	26,72	29,97	32,60	36,77	40,00	47,00	51,10	56,71	57,45	64,02	
150 x 150	180 x 120			18,20	22,60	25,60	26,80	28,69	32,20	35,10	39,54	43,10	50,80	55,02	58,10	61,91	69,05	
	200 x 100			18,20	22,60	25,60	26,80	28,69	32,20	35,10	39,54	43,10	50,80	55,02	58,10	61,91	69,05	
	220 x 80			18,20	22,60	25,60	26,80	28,69	32,20	35,10	39,54	43,10	50,80	55,02	58,10	61,91	69,05	
	250 x 50			18,20	22,60	25,60	26,80	28,69	32,20	35,10	39,54	43,10	50,80	55,02	58,10	61,91	69,05	
160 x 160	200 x 120				24,10	27,36	28,70	30,67	34,43	37,60	42,30	46,30	54,60	58,95	62,50	66,37	74,07	
170 x 170	220 x 120				26,07	29,12	30,00	32,65	36,66	39,10	45,06	47,80	60,50	62,87	69,90	70,83	79,09	
175 x 175	200 x 150				26,10	30,00	31,00	33,64	37,77	40,40	46,45	49,40	57,90	64,84	72,10	73,06	81,61	
	250 x 100				26,10	30,00	31,00	33,64	37,77	40,40	46,45	49,40	57,90	64,84	72,10	73,06	81,61	
	300 x 50				26,10	30,00	31,00	33,64	37,77	40,40	46,45	49,40	57,90	64,84	72,10	73,06	81,61	
180 x 180					27,30	30,88	32,50	34,63	38,89	42,70	47,83	52,50	62,10	66,80	74,29	75,28	84,12	
	260 x 120				29,21	32,64	34,91	36,61	41,11	46,15	50,59	57,19	68,04	70,72	78,69	79,74	89,14	
200 x 200	250 x 150			24,73	30,40	34,39	36,20	38,59	43,35	47,70	53,35	58,80	69,60	74,65	80,10	84,20	94,17	
	260 x 140			24,73	30,40	34,39	36,20	38,59	43,35	47,70	53,35	58,80	69,60	74,65	80,10	84,20	94,17	
	300 x 100			24,73	30,40	34,39	36,20	38,59	43,35	47,70	53,35	58,80	69,60	74,65	80,10	84,20	94,17	
220 x 220	260 x 180				33,50		40,00	42,54	47,8	52,70		65,10	77,20	82,50	88,90	93,12	104,21	
	300 x 150				34,71		40,40	43,53	48,92	53,00		65,10	76,80	84,46	94,08	95,35	106,73	
250 x 250	300 x 200				38,30	43,19	45,70	48,48	54,49	60,30	67,17	74,50	88,50	94,27	102,00	106,50	119,29	130,00
	350 x 150				38,30	43,19	45,70	48,48	54,49	60,30	67,17	74,50	88,50	94,27	102,00	106,50	119,29	130,00
	400 x 100				38,30	43,19	45,70	48,48	54,49	60,30	67,17	74,50	88,50	94,27	102,00	106,50	119,29	130,00
260 x 260							47,60	50,45	56,72	62,80		77,70	92,20	98,20	106,00	110,96	124,31	
	400 x 150						50,92	53,42	60,07	67,50		83,88	100,07	104,08	116,06	117,64	131,85	
300 x 300	350 x 250						55,10	58,37	65,64	72,80	81,00	90,20	107,00	113,90	124,00	128,79	141,00	158,00
	400 x 200						55,10	58,37	65,64	72,80	81,00	90,20	107,00	113,90	124,00	128,79	141,00	158,00
	400 x 250						60,34	63,31	71,21	80,06	87,89	99,58	118,91	123,71	138,04	139,94	156,97	171,03
350 x 350	400 x 300			Peso teórico Kg./m.			64,50	68,26	76,79	85,40	94,80	106,00	126,00	133,52	146,00	151,08	166,00	
	450 x 250						64,50	68,26	76,79	85,40	94,80	106,00	126,00	133,52	146,00	151,08	166,00	
	500 x 200						64,50	68,26	76,79	85,40	94,80	106,00	126,00	133,52	146,00	151,08	166,00	
400 x 400	500 x 300									97,90	108,62	122,00	145,00	153,14	168,00	173,78	191,00	

Tabla 1.- Medidas de los perfiles, los puntos azules marcan las medidas escogidas para los 2 perfiles.

3.3.2.- Simulación de Elementos Finitos para Cargas y Esfuerzos en Solid Works

La simulación de cargas y esfuerzos se realizó en Solid Works la cual es una herramienta que fue diseñada con la finalidad de someter un diseño de estructuras o mecanismos a diferentes esfuerzos antes de ser fabricadas para determinar si dicho diseño soportará él trabajó para el cual está siendo creado, tomando en cuenta el tipo de material seleccionado.

Una vez tenido las dimensiones de las estructuras se procedió a simularlas en Solid Works sometiéndolas a cargas de esfuerzo para ver las deformaciones que pueden sufrir dichas estructuras debido a que pueden sufrir golpes accidentales.

En esta simulación la estructura interior se le aplicó una carga de 980 N en el extremo, considerándolo como una viga en cantiléver tal como se muestra en la figura 10. Para que la carga no se aplique un en punto específico (esto para evitar un concentrador de esfuerzos), se aplicó una carga en un área.

Se aplicó una carga de 35000 N/m^2 en una de sus superficies laterales para simular un golpe, teniendo en cuenta que la estructura se encuentra verticalmente con una longitud de 4300.00mm y que el material utilizado es un acero **AISI 1045.**

Los valores de la carga aplicada se sacó de acuerdo a las fórmulas como se demuestran a continuación, tomando de referencia una masa de 100kg, de ahí se procedió a buscar la fuerza aplicando la formula siguiente:

$$F = kg * \mathrm{g} \qquad F = (100)(9.8) = 980\ N$$

Como la fuerza se aplica en un área específica, se sacó la presión de acuerdo a la formula siguiente:

$$P = \frac{F}{A} \qquad P = \frac{980}{0.028} = 35000\ {}^{\mathrm{N}}/_{m^2}$$

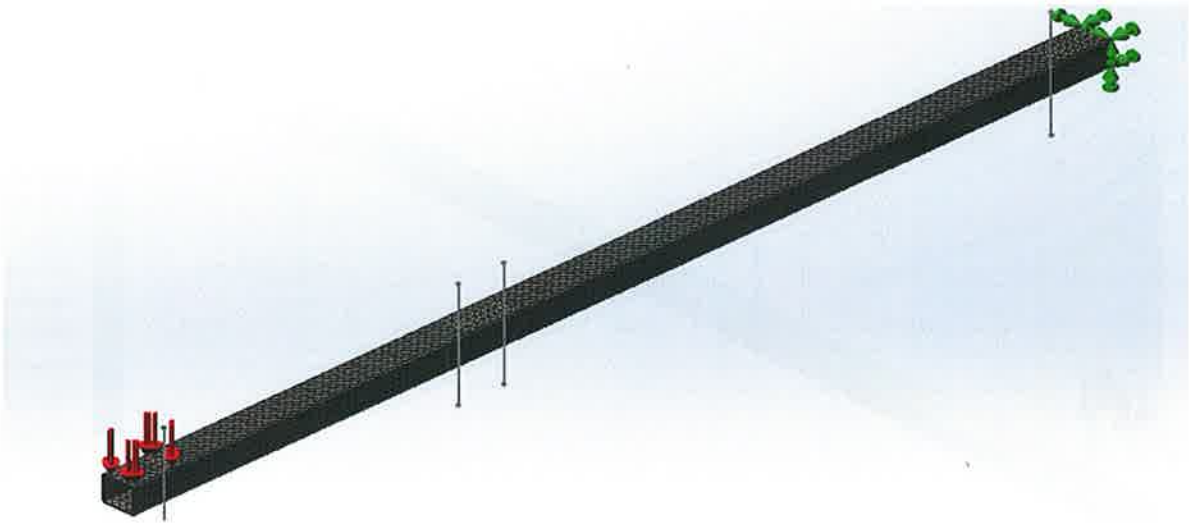

Fig. 10.- Puntos de restricción y fuerza.

Como se aprecia en la figura 10, se muestran las flechas verdes que están marcando la restricción de la estructura interior en una de sus caras, las flechas rojas marcan el área donde se está aplicando la presión y el sentido en el cual se está aplicando.

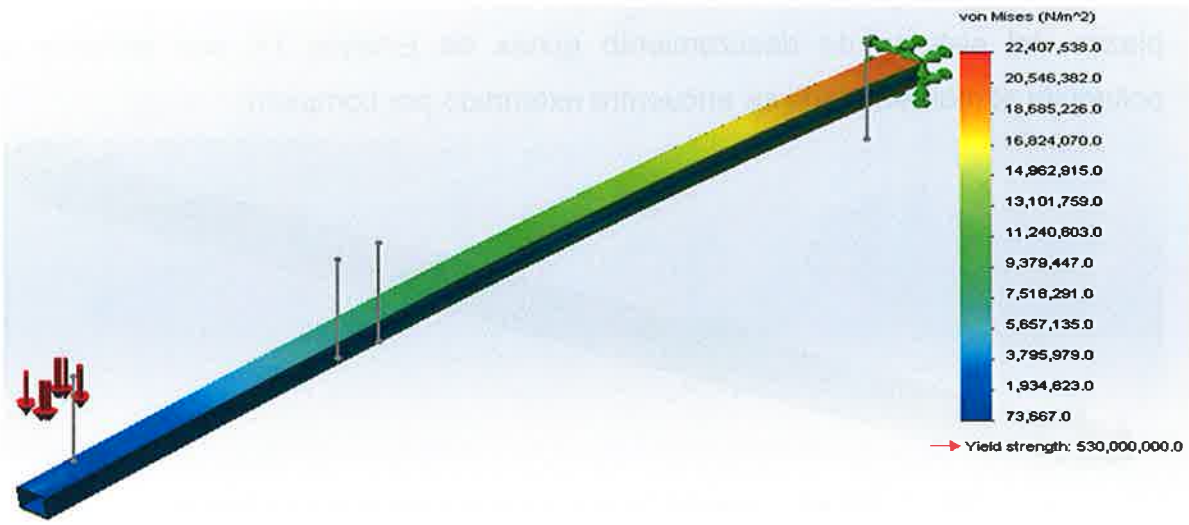

Fig. 11.- Resultados de Von Mises

En la figura anterior se muestra la deformación del perfil interior en la cual se puede apreciar que la deformación se encuentra por debajo del límite elástico ya que dio como resultado de Von Mises de 22, 407, 538 MPa.

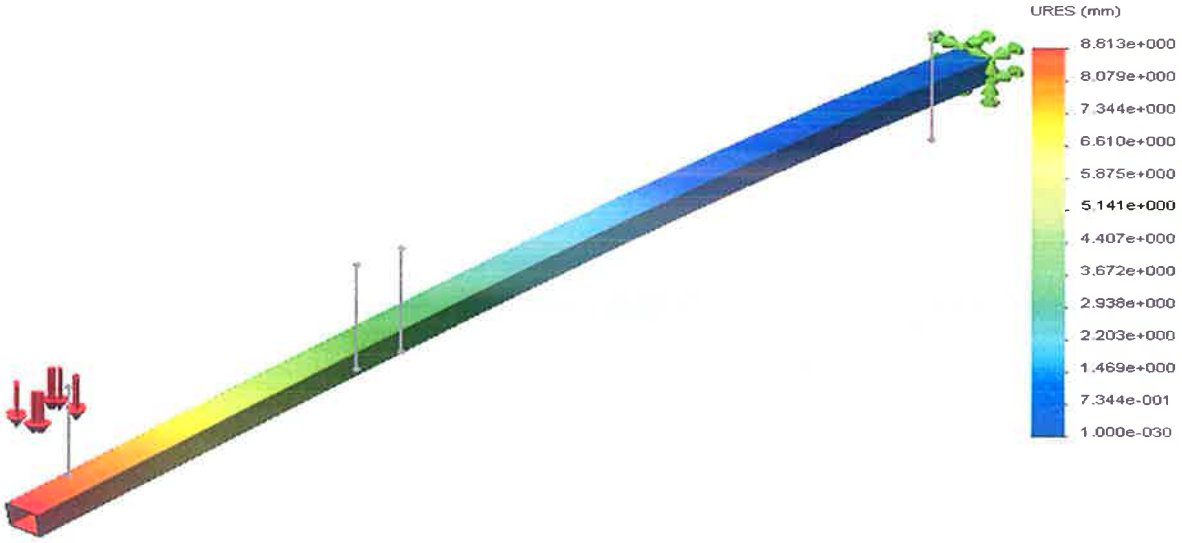

Fig. 12.- Resultados del desplazamiento.

De acuerdo a la figura 12 se muestra el desplazamiento del perfil interior, el cual dio como resultado 0.00881304 m.

A continuación se simula la misma estructura interior restringiendo 4 de sus caras en determinadas distancias expresando las partes donde harán contacto las piezas del sistema de deslizamiento echas de Ertalyte TX con aleación de poliamida al momento que se encuentre extendido por completo.

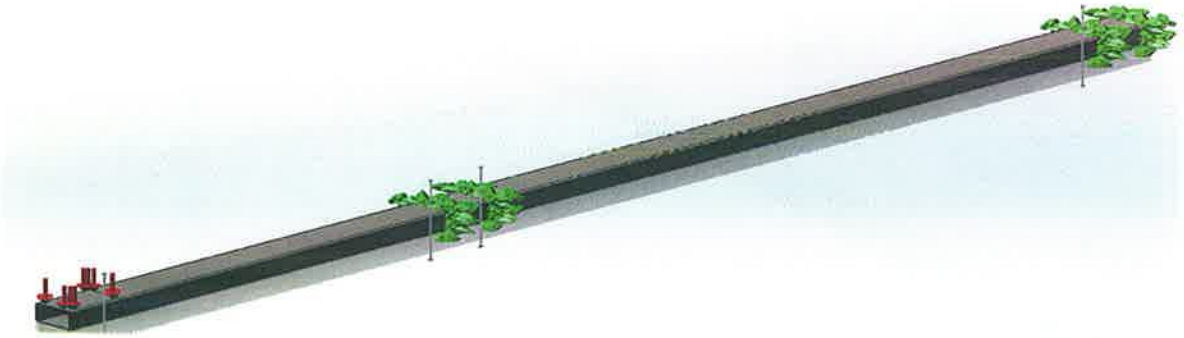

Fig. 13.- Ubicación de las restricciones y el área donde se aplica la presión.

En la figura 13 se muestran las áreas donde se encuentran las flechas verdes simulando las ubicaciones que harán contacto con las gomas del sistema de deslizamiento, las flechas rojas muestran el área donde se aplica la carga de 35000 N/m^2 simulando un golpe. Entre las áreas de las restricciones medias y el área donde se aplica la fuerza existe una distancia de 1000 mm que es la distancia que se deslizara la estructura interna fuera de la estructura externa.

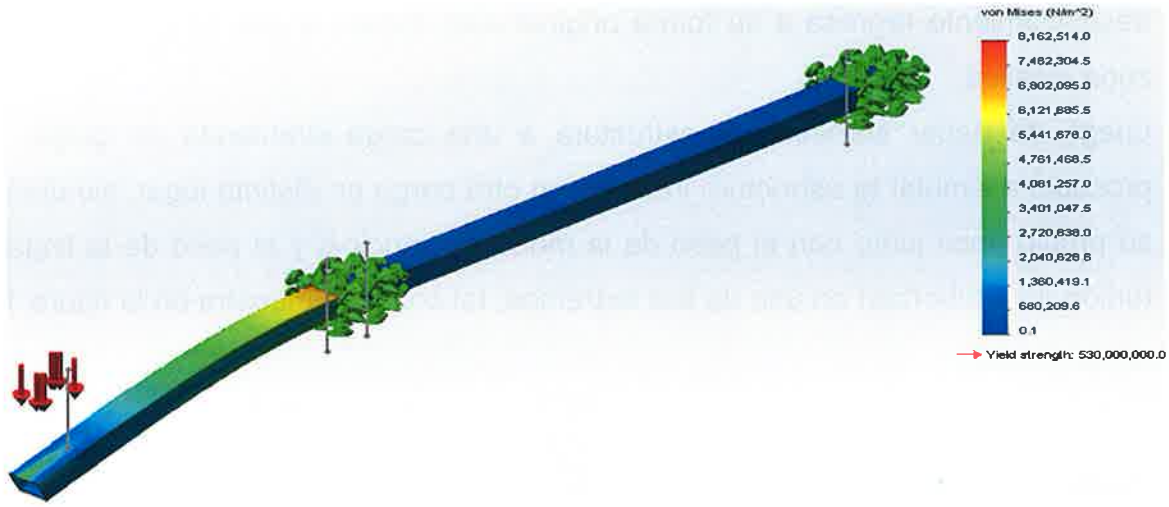

Fig. 14.- Resultado Von Mises con restricciones por el sistema de deslizamiento.

En este resultado, de igual manera se observa que aún con las restricciones del sistema de deslizamiento del perfil interior puede soportar un golpe lateral de 100 kg porque sigue estando por debajo de su límite elástico ya que dio un resultado de Von Mises de 8, 162, 514 MPa.

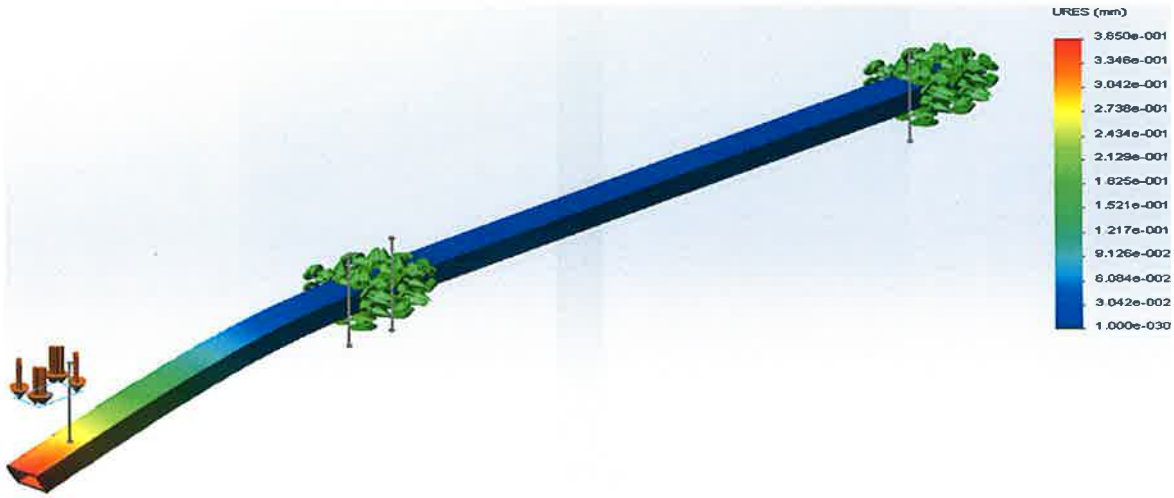

Fig. 15.- resultado del desplazamiento con las restricciones por el sistema de deslizamiento.

El resultado muestra como el perfil interior se desplaza 0.00036504m con las restricciones y presión aplicadas.

Este resultado de desplazamiento es mínimo por lo cual no afecta para que el perfil interior mantenga el ángulo de deformación, ya que con ese mínimo

desplazamiento regresa a su forma original esto debido a que está dentro de la zona elástica.

Luego de haber sometido la estructura a una carga simulando un golpe, se procedió a simular la estructura interna con otra carga en distinto lugar, simulando su propio peso junto con el peso de la mordaza principal y el peso de la lingada (unión de 3 tuberías) en uno de sus extremos, tal como se muestra en la figura 16.

Fig. 16.- Aplicación de presión en el extremo de la estructura interior.

En la figura 16 se muestra como es aplicada una carga específica a la estructura provocando tensión que simula el peso de 1000 kg, tomando en cuenta el factor de seguridad de 2.5.

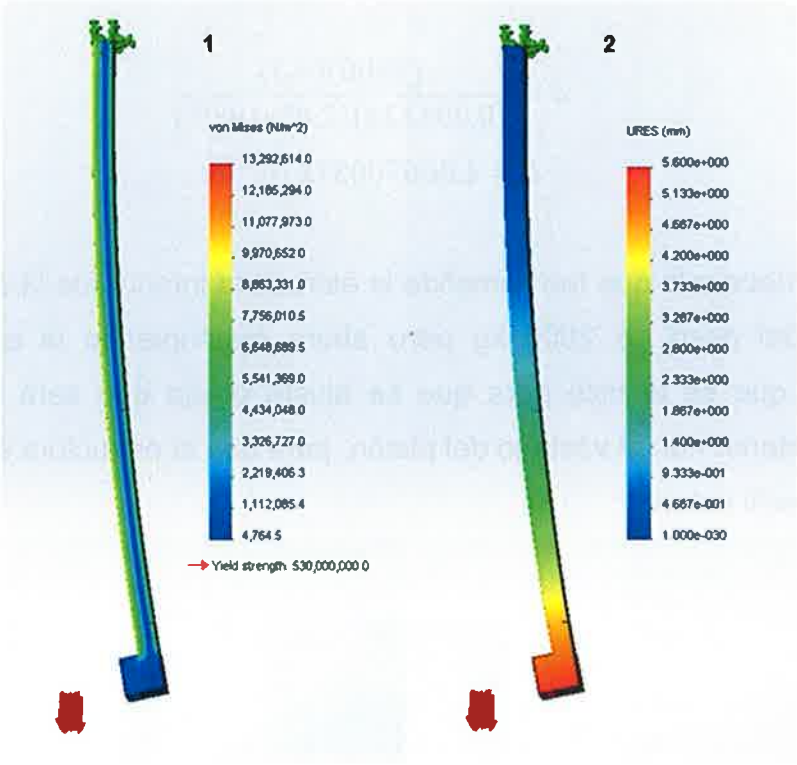

Fig. 17.- Resultado Von Mises y de deformación de la carga aplicada.

En la figura anterior se muestran los resultados de los esfuerzos suministrados al perfil interior:

1. Resultado Von Mises es de 13, 292, 614 Pa, con lo cual no sobrepasa el límite de elasticidad.
2. Se corrobora que el perfil interior soporta el peso al cual fue sometido, debido a que la deformación dio como resultado $5.6\text{x}10^{000} mm$ lo cual es mínimo y por ello regresa a su forma original.

Para corroborar los datos obtenidos en el software, se procedió a calcular la deformación a tensión manualmente.

$$\delta = \frac{PL}{AE}$$

Datos conocidos:

P=Presión (9800 N)

L=Longitud (4.3 m)

E=Modulo de Elasticidad ($2.05\text{x}10^{011}\ N/m^2$)

A=Área (42.24 cm^2)

$$\delta = \frac{(9800)(4.3)}{(0.004224)(2.05x10^{011})}$$

$$\delta = 4.86650037x10^{-5}m$$

La última prueba a la que fue sometida la estructura interior fue la simulación de la aplicación del peso de 2000 kg pero ahora restringiendo la estructura en la perforación que se le hizo para que se ajuste el eje que será el que unirá la estructura interior con el vástago del pistón, para que la estructura se pueda mover dentro del perfil exterior.

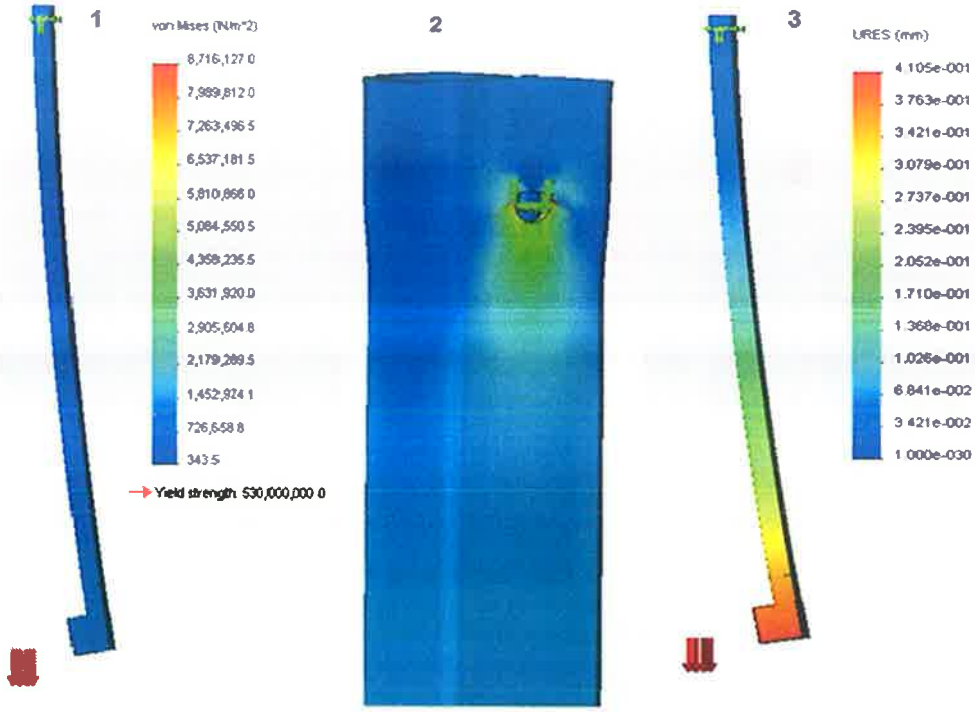

Fig. 18.- Resultados de Von Mises, deformación y punto de restricción

Los resultados mostrados en la figura se expresan a continuación.

1. La pieza es restringida en las perforaciones, lo cual da como resultado de Von Mises 8, 716, 127 Pa y a pesar de ello no sobrepasa el límite elástico, lo cual indica que la pieza es aún muy resistente.
2. Punto crítico de la pieza en el cual se izó la restricción.
3. Resultado de deformación, se muestra como la pieza se deforma $4.105x10^{-1}mm$ y por esa misma razón regresa a su forma original.

Una vez acabadas las pruebas a la estructura interna, se procedió a realizar las pruebas de elementos finitos con Solid Works a la estructura exterior con una longitud de 4765.00mm.

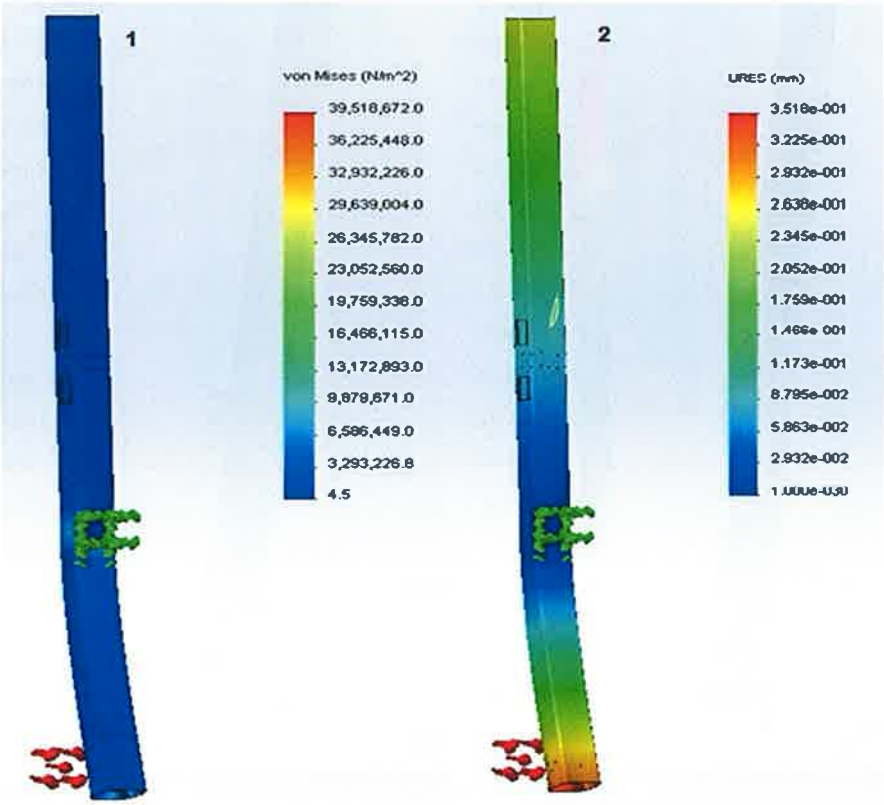

Fig. 19.- Simulación de un golpe lateral del perfil exterior (resultado Von Mises y Deformación).

Como se muestra en la figura, la estructura se restringió en un costado, que sería el área donde estará unido el brazo columna con la tijera y de otro de sus costados se le aplicó una fuerza de 100kg.

1. El resultado de Von Mises es de 39.5 MPa, como se muestra en la estructura simulada el cual no sobrepasa su límite elástico.
2. La deformación que sufre la estructura al aplicarle la carga es $3.51x10^{-1}mm$ y debido a esa mínima deformación la estructura regresa a su forma original.

La última prueba es aplicarle una carga de 2000 kg al perfil exterior, tomando en cuenta el factor de seguridad de 2.5 y con ello simular el peso total del brazo columna vertical.

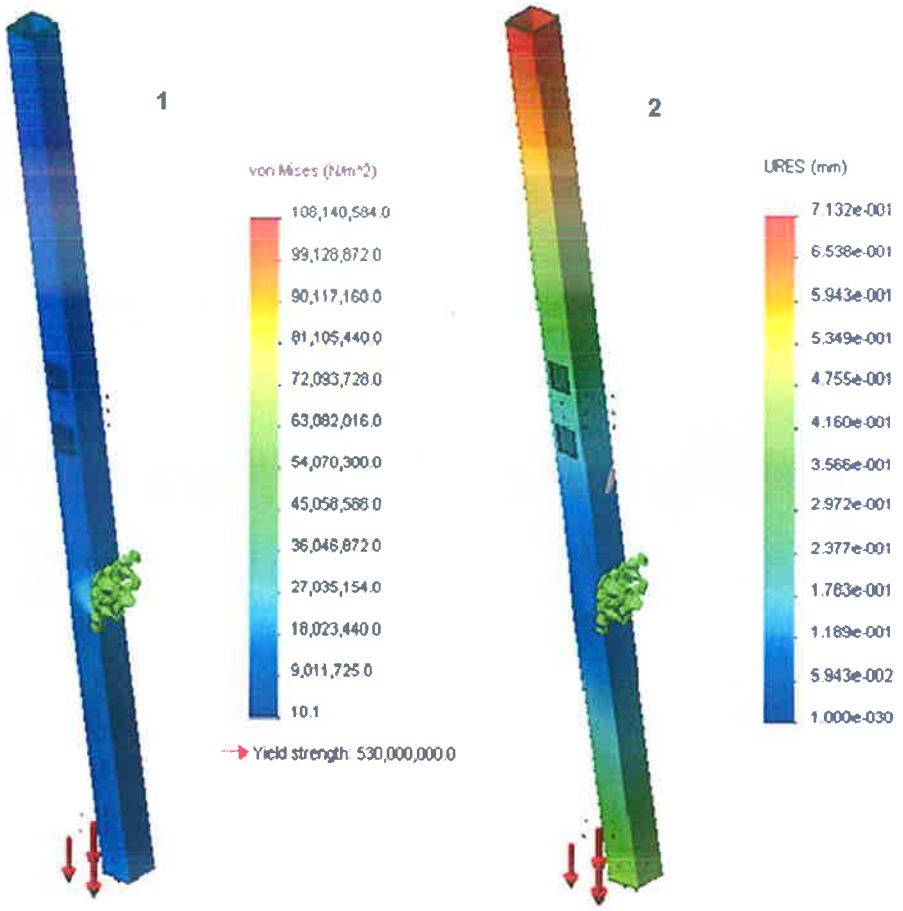

Fig. 20.- Simulación del perfil exterior simulando una carga (resultado Von Mises y Deformación)

En la figura anterior se muestran los resultados que se comentan a continuación:

1. El resultado Von Mises es de 106.14 MPa comparado con el límite de fluencia del material, no sobrepasa su valor.
2. En la figura se aprecia como la estructura sufre una pequeña deformación de $7.132x10^{-1}mm$, ya que la deformación es mínima, la estructura regresa a su forma original.

Las simulaciones echas a las piezas del brazo columna fueron muy esenciales ya que por medio de ellas se pueden conocer todas las partes criticas las que tienden a deformarse al estar sometidas a cargas.

Las partes que sufren más deformaciones son las mostradas en las figuras: 18 y 20. Estas deformaciones a pesar de ser las más grandes no interfieren en el funcionamiento del brazo ya que no sobrepasan su límite de deformación, por ello las deformaciones no quedan permanentemente.

4.- SISTEMA DE SUJECIÓN PARA TUBERÍAS

4.1.- SISTEMA DE SUJECIÓN

Este apartado se enfoca en lo que es el sistema de sujeción del brazo derrickman, dicho brazo cuenta con tres sistemas de sujeción, la mordaza inferior es la que realiza el mayor trabajo, en este apartado se habla de la mordaza inferior ya que dicha mordaza se rediseñó en base a las medidas de sujeción.

Lo que se pretende es rediseñar las mordazas inferiores ya que anteriormente estaban diseñadas para manipular tubos de hasta 5 pulgadas de diámetro exterior, pero se vio la necesidad y se llegó en la conclusión de que en este proyecto, sea capaz de manejar al mismo tiempo los dos tipos de tuberías, que son principalmente los que se utilizan más en el ámbito petrolero, los diámetros son los siguientes 2 3/8" y 2 7/8" ya que estas sirven para perforación y reparación de pozos.

El sistema de sujeción del prototipo derrickman está compuesto por tres mordazas, las cuales se puede apreciar en la imagen:

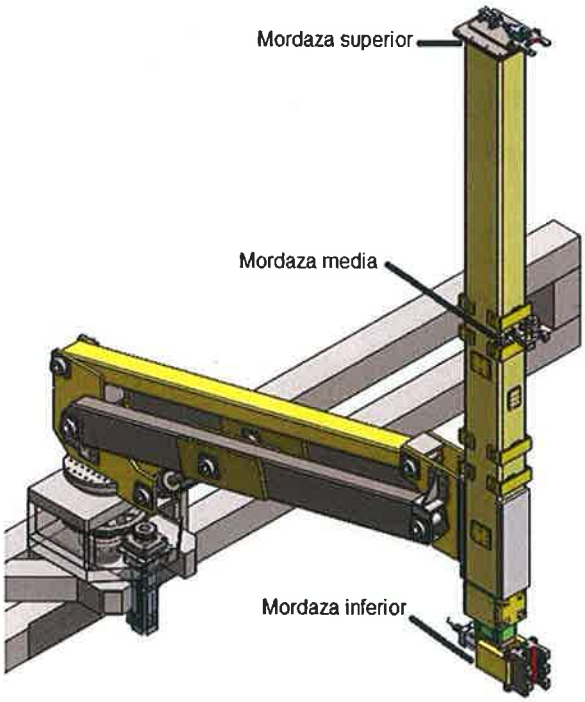

Fig.21.- Partes de la mordaza

4.1.1.- Mordaza superior

La finalidad de esta mordaza es brindarle una mejor posición al tubo que no tienda a flexionarse en ningún momento, se podría decir que esta mordaza solo es para que se apoye el tubo, tiene la finalidad de sujetar el tubo pero con una pequeña fuerza.

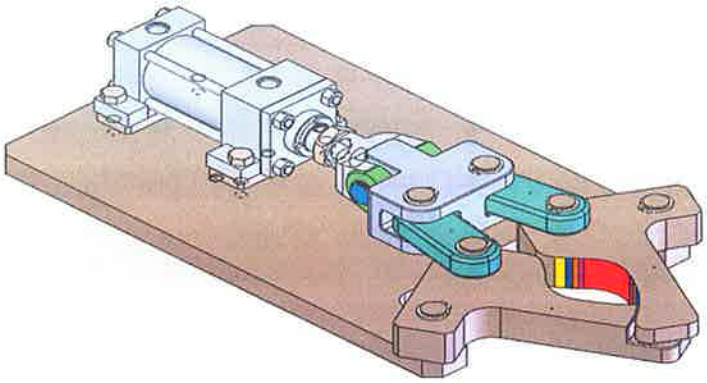

Fig.22.- Mordaza superior

4.1.2.- Sujeción media

Esta mordaza tiene la función solo para mantener la tubería en posición recta y está en medio de las dos mordazas.

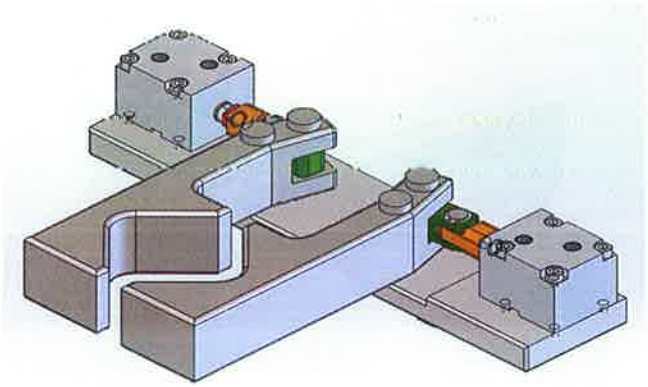

Fig. 23.- Mordaza media

4.1.3.- Sujeción inferior

La finalidad de esta mordaza es poder sujetar el tubo con una fuerza necesaria, para poder cargar o levantar el tubo a una altura, aproximada de 50 cm, pero sin dañar la misma, de igual manera la fuerza aplicada será la necesaria, sin que esta dañe la tubería al mismo tiempo para que al momento de levantar la tubería no haya deslizamiento

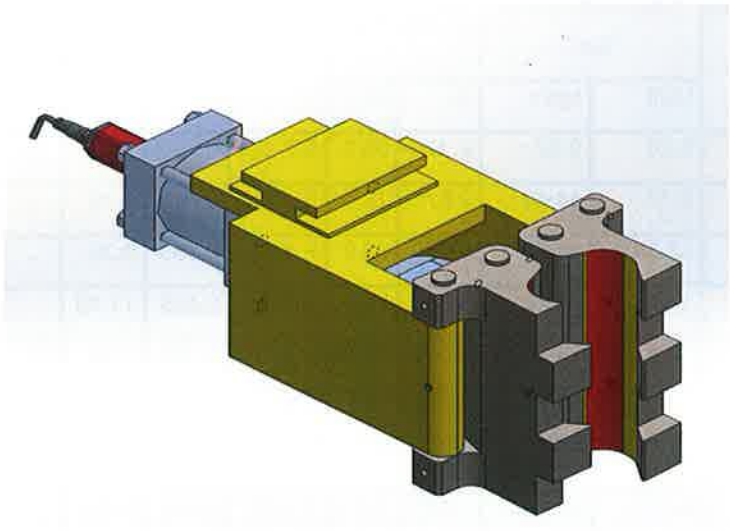

Fig.24.- Mordaza inferior

4.2.- DESCRIPCIÓN DE TUBERÍAS

En la perforación de pozos petroleros se maneja una variedad de tuberías con características muy diferentes, las cuales se clasifican en cuatro grados diferentes, como se aprecia en el cuadro, esto es bajo la norma de API 5D,

Grupo	Grado	Limite elástico				Resistencia a la tracción	
		Mínimo		Máximo		Mínimo	
		psi	Mpa	psi	Mpa	psi	Mpa
1	E-75	75000	517	105000	724	100000	689
3	X-95	95000	655	125000	862	105000	724
	G-105	105000	724	135000	931	115000	793
	S-135	135000	931	165000	1138	145000	1000

Tabla.2.- Cuadro de los grados de tuberías

Estas mordazas están rediseñadas para poder manipular dos tipos de tuberías las cuales son de 2 3/8" y 2 7/8", estas son las más utilizadas para perforación, en este cuadro siguiente se puede apreciar los diferentes tipos de tuberías utilizadas en las plataformas de perforación.

Tamaño	Designación de peso	Peso lineal calculado (plain-end)		Diámetro externo		Grado	Grosor de la pared		Tubos con extremos de mayor espesor para uniones de tubería soldadas
		Lb/ft	kg/m	In	mm		In	mm	
2 3/8	6.65	6.26	9.32	2.375	60.3	E,X,G,S	0.280	7.11	EU
2 7/8	10.40	9.72	14.48	2.875	73.0	E,X,G,S	0.362	9.19	IU o EU
3 1/2	13.30	12.31	18.34	3.500	88.9	E,X,G,S	0.368	9.35	IU o EU
3 1/2	15.50	14.63	21.79	3.500	88.9	X,G,S	0.449	11.40	EU o IEU
4	14.00	12.93	19.26	4.000	101.6	E,X,G,S	0.330	8.38	IU o EU
4 1/2	16.60	14.98	22.31	4.500	114.3	E,X,G,S	0.337	8.56	EU o IEU
4 1/2	20.00	18.69	27.84	4.500	114.3	E,X,G,S	0.430	10.92	EU o IEU
5	16.25	14.87	22.15	5.000	127.0	X,G,S	0.296	7.52	IU
5	19.50	17.93	26.71	5.000	127.0	X,G,S	0.362	9.19	EU o IEU
5	25.60	24.03	35.79	5.000	127.0	X,G,S	0.500	12.70	EU o IEU

Tabla.3.- Características de tuberías

En la imagen siguiente se puede apreciar parte de la mordaza, de igual manera se puede observar la zona donde hacen contacto, la cual está marcado con dos colores ya que son las dos medidas de las tuberías que se pretende manipular sin tener ningún problema al momento de manejar dicha tubería, al igual se presenta un pequeño cuadro indicando los áreas de contacto de cada uno de las medidas de las tuberías que se manipulan con el brazo derrickman

Medida de tubería (diámetro)	Área de contacto	Color
2 3/8 = 60.325 mm	12540.75mm ^2	Rojo
2 7/8 = 73.025 mm	10058.83 mm^2	Amarillo

Tabla. 4.- Especificaciones de tubería así la mordaza

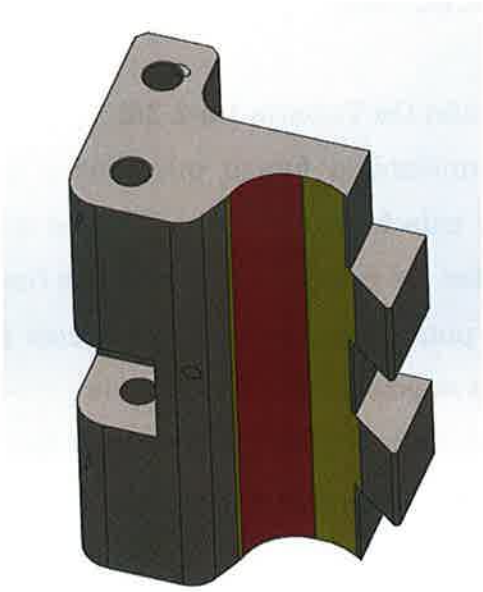

Fig.25.- Mordaza

4.2.1.- Selección del tipo de perfil para la elaboración de la mordaza

A continuación se presentan las propiedades mecánicas de material A36, que es el material seleccionado y con dicho material se realizará la elaboración de las mordazas inferiores, se seleccionó ese tipo de material porque sus características son suficientes para soportar el trabajo requerido.

Propiedades mecánicas	Valor
Coeficiente de poisson	0.26
Módulo de elasticidad	20 e 10 N/m^2
Modulo cortante	7.93 e 10 N/m^2
Densidad	7,850 kg_m/m^3
Límite elástico (esfuerzo máximo)	250,000,000 N/m^2

Tabla.5.- Propiedades mecánicas del acero A36

4.3.- SOLUCION DE PROBLEMA

4.3.1.- Fuerza De Sujeción De Tubería De 2 3/8

A continuación se determinará la fuerza que tendrá que aplicarse para poder soportar la tubería, pero esta fuerza no tiene dañar o maltratar la tubería ya que son tuberías muy delgadas, es por esa razón que nos basaremos en la fórmula de la teoría de Parker, pero para ello es importante conocer algunos datos que son de suma importancia para la realización de los cálculos

Para empezar a realizar los cálculos, se investigó lo que es el coeficiente de fricción cuando dos aceros rozan, por la misma razón nos enfocaremos en el cuadro que se aprecia, de igual modo se pueden observar los diferentes tipos de coeficientes de fricción que hay en diferentes materiales. Cabe mencionar que para este análisis se utiliza un coeficiente de fricción de 0.10 lubricado, se tomó ese porque la tubería a la que se le aplicará la fuerza será lubricada.

MATERIALES EN CONTACTO	(Rozamiento en reposo)			(Rozamiento en movimiento)		
	En seco	Lubricado	Mojado con agua	En seco	Lubricado	Mojado con agua
Acero sobre acero	0,15	0,10	—	0,12	0,08	—
Acero sobre bronce	0,19	0,10	—	0,18	0,06	—
Acero sobre fundición gris	0,28	0,15	—	0,20	0,08	—
Acero sobre madera dura	0,56	0,10	—	0,50	0,09	0,24
Banda de acero sobre fundición	—	—	—	0,18	—	0,10
Bronce sobre bronce	—	—	—	0,20	—	0,15
Corcho sobre metal	0,60	0,25	0,62	0,25	0,12	0,25
Cuero sobre metal	—	—	—	0,35	0,30	—
Fundición gris sobre bronce	0,30	0,15	—	0,28	0,08	0,10
Fundición gris sobre fundición gris	0,28	0,10	—	0,20	0,08	0,15
Fundición gris sobre latón	0,28	—	—	0,20	0,08	—
Guarnición de freno sobre acero	—	—	—	0,45	—	—
Madera de álamo sobre acero	—	—	—	0,30	0,20	—
Madera de álamo sobre fundición	—	—	—	0,28	0,10	0,20
Poliamida 66 sobre acero	0,35	0,11	0,30	—	—	—
Poliamida 66 sobre poliamida 66	0,37	0,15	0,23	—	—	—
Tejido de algodón con resina artificial sobre acero o fundición	—	—	—	0,40	0,15	0,25
Tejido de amianto con resina artificial sobre acero o fundición	—	—	—	0,51	0,15	0,25

Tabla.6.- Coeficientes de fricción

La fórmula que se utilizó para poder realizar el cálculo de la fuerza de clampeo, se basa en la teoría de Parker y es la siguiente:

$$2F1 = \frac{w}{\mu} \int f$$

Dónde:

2F1 = fuerza.

w = masa o peso de la tubería.

μ = coeficiente de fricción.

∫ f = factor de seguridad.

Datos de la tubería:

Diámetro exterior: 2.375 in = 60.325 mm

Diámetro interior: 1.815 in = 46.101 mm

Peso: 6.65 lb/pie = 9.32 kg/m

Longitud: 27 m

Espesor: 0.280 in = 7.112 mm

Factor de seguridad: 2.5

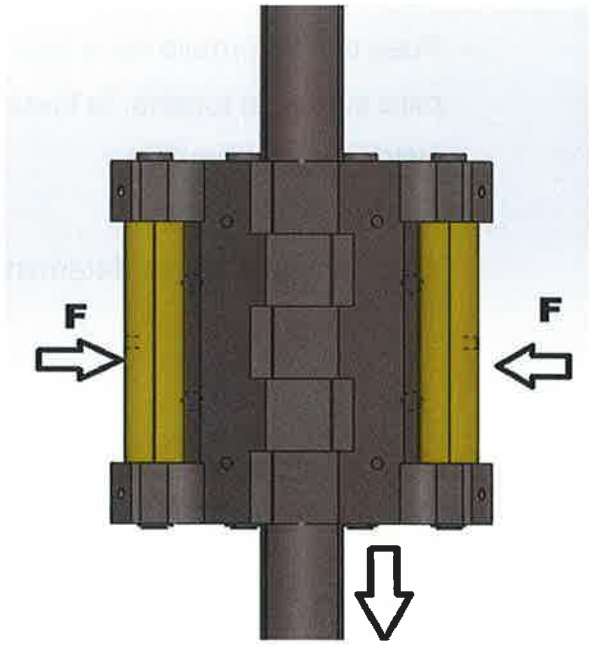

Fig.26.- Sujeción de tubo

En este apartado se puede observar los cálculos que fue necesarios realizar para obtener la fuerza que se necesitara para poder sostener la lingada, de igual manera la fuerza encontrada es la que el pistón requiere para mantener la tubería:

$$9.32 \frac{kg}{m} * 27\ m = 251.64\ kg$$

$$(251.64\ kg)\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) = 2468.5884\ N$$

Luego de tener el peso total de la lingada se multiplica con la gravedad y procedemos a utilizar lo que es la teoría de Parker como se aprecia:

$$2F1 = \frac{w}{\mu} \int f$$

$$2F1 = \frac{2468.5884\ N}{0.16} * 2.5 = 3871.69375\ N$$

$$3871.69375\ N\ \div 2 = 19285.84688\ N$$

Pues con la fórmula de la teoría de Parker se obtuvo la fuerza que se necesita para sujetar la tubería, la fuerza encontrada se utilizará para la selección del pistón que se requiere.

Ya obtenida la fuerza determinamos presión del sistema hidráulico

$$presion = \frac{fuerza}{area}$$

$$presion = \frac{30846.81757\ N}{12540.75\ mm\text{^}2} = 2.4597\ N/mm\text{^}2$$

$$\frac{N}{mm^2} \rightarrow\ Psi = 356.7493235\ Psi$$

$$\frac{N}{mm^2} \rightarrow \frac{N}{m^2} = 2459700\ N/m\text{^}2$$

En la imagen se puede observar como la mordaza hace contacto con la tubería en una determinada área de igual manera se muestra la tubería y el área donde se agarra o bien donde los dos aceros hacen contacto

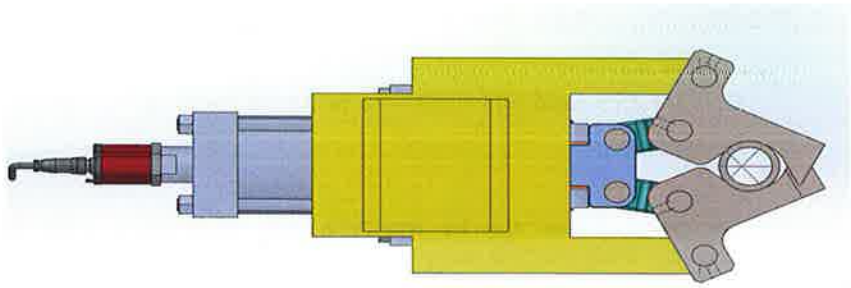

Fig. 27.- Sujeción de tubería de 2 3/8

Fig.28.- Tubería con área de contacto

4.3.2.- Tubería de 2 7/8

El mismo procedimiento que se realizó para encontrar la fuerza de sujeción de la tubería de 2 3/8, la misma se utilizará para encontrar la fuerza de la tubería de la medida de 2 7/8. Aplicando la teoría de Parker sabemos.

$$2F1 = \frac{w}{\mu} \int f$$

Datos de la tubería:

Diámetro exterior: 2.875 in = 73.025 mm

Diámetro interior: 2.15 in = 54.65 mm

Peso: 9.72 lb/pie = 14.48 kg/m

Longitud: 27 m

Espesor: 0.362 in = 9.19 mm

Factor de seguridad: 2.5

$$14.48\ \frac{kg}{m} * 27\ m = 390.96\ kg$$

$$(390.96\ kg)\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) = 3835.3176\ N$$

$$2F1 = \frac{w}{\mu} \int f$$

$$2F1 = \frac{3835.3176\ N}{0.16} * 2.5 = 59926.8375\ N$$

$$59926.8375\ N\ \div 2 = 29963.41875\ N$$

Obteniendo la fuerza se puede calcular lo que es la presión de fuerza que se requiere de la siguiente manera

$$presion = \frac{fuerza}{area}$$

$$presion = \frac{29963.41875\ N}{9737.9\ mm\text{^}2} = 3.077\ N/mm\text{^}2$$

$$\frac{N}{mm^2} \rightarrow\ Psi = 446.281119\ Psi$$

$$\frac{N}{mm^2} \rightarrow \frac{N}{m^2} = 3077000\ N/m\text{^}2$$

En la imagen se puede apreciar el área de contacto de la tubería de 2 7/8 en una mordaza

Fig.29.- Tubería de 2 7/8 áreas de contactos

4.4.- ANÁLISIS DE LA MORDAZA

Ya obteniendo las fuerzas de las dos tuberías a utilizar, procedemos a analizar la mordaza para ver la resistencia de dicho material, en la imagen se puede apreciar la parte donde fueron aplicadas las presiones tanto en la tubería de 2 7/8 y 2 3/8

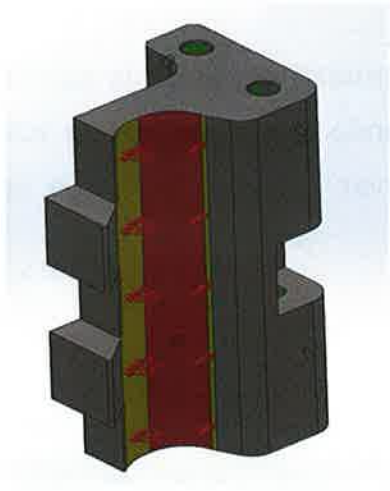

Fig.30.- Aplicación de presión en un determinado área

Luego que se la aplicaron las presiones, se prosigue a realizar el análisis para poder observar en donde los valores de las deformaciones, esto se aprecia en la figura siguiente.

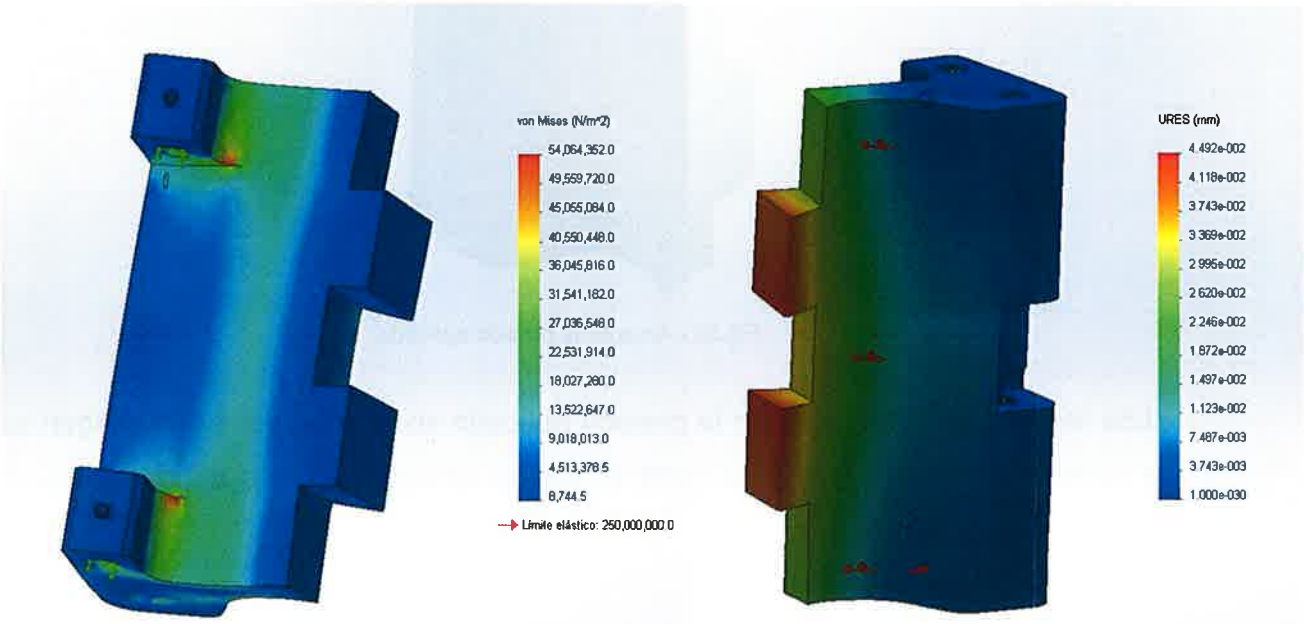

Fig.31.- Análisis de la mordaza con la fuerza de tubería de 2 7/8

En la imagen anterior se puede apreciar que el material está en estado de elasticidad ya que tiene 54, 064,352.0 N/m^2, y una deformación de 4.492e-002 mm, obteniendo estos resultados del análisis de la mordaza se puede decir que es un material resistente. Para ello se le aplicó una presión de $3077000\ N/m$^2

Después de analizar la mordaza sujetando la tubería de 2 7/8, se prosigue con la siguiente mordaza simulando la sujeción de la tubería de 2 3/8, en la imagen siguiente se puede observar la parte donde fue aplicada la presión para dicha simulación.

Fig.32.- Área de la presión aplicada

Los resultados obtenidos con la presión aplicada se pueden ver en la imagen que a continuación se presenta, al igual se puede apreciar la parte donde existe una pequeña deformación.

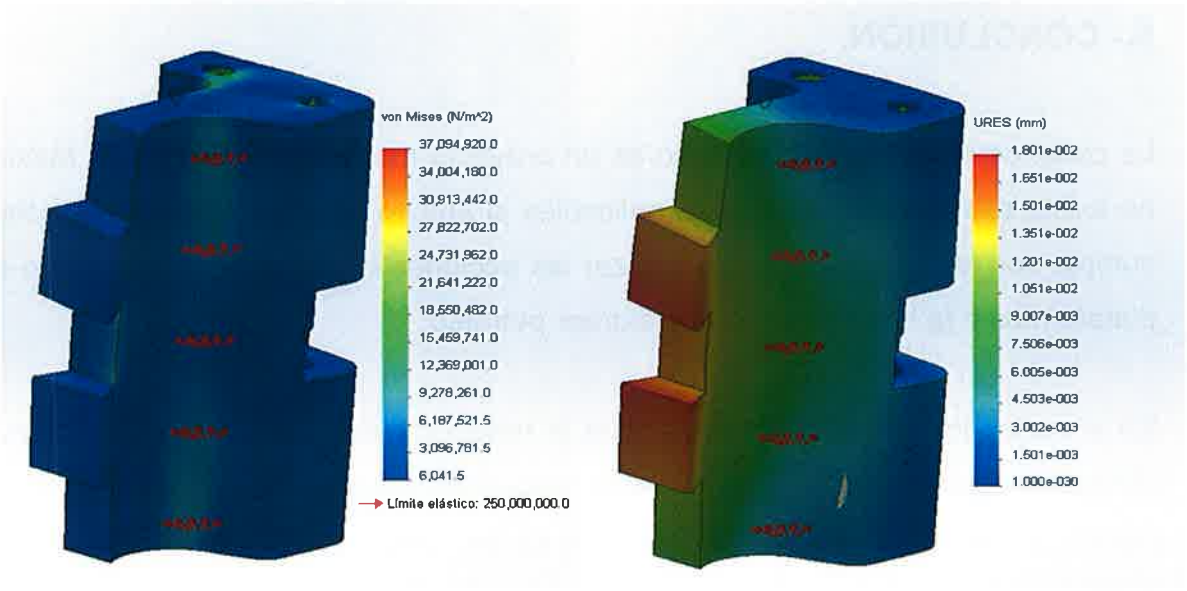

Fig.33.- Análisis de tubería simulando tubería de 2 3/8

Fig.34.- Zona de deformación

Podemos observar en la imagen que el material con el que se fabricarán las mordazas, obtenemos una elasticidad de 37,094,920.0 N/m^2 y sufre una deformación de 1.801e-002 mm, esto es con una presión de $2459700\frac{N}{m^2}$. En el cuadro siguiente se aprecia el límite de elasticidad del acero A36, al igual los resultados obtenidos

Mordaza simulando tubo	Resultados obtenidos	Límite de elasticidad del A36
Simulación tubería 2 7/8	54, 064,352.0 N/m^2	250,000,000 N/m^2
Simulación tubería 2 3/8	37,094,920.0 N/m^2	250,000,000 N/m^2

Tabla. 7.- Resultados de la simulación

5.- CONCLUSIÓN.

La construcción del brazo robótico es un proyecto muy factible ya que en México no existe ese tipo de tecnologías aplicables al ámbito petrolero. El brazo robótico cumple con las expectativas de realizar las acciones que realiza el changuero en plataformas a la hora de perforar y extraer petróleo.

En el rediseño del brazo columna para la reducción de peso se tomó en cuenta eliminando los patines de deslizamiento propuestos anteriormente, sustituyéndolos por las gomas de aleación con poliamida ya que gracias a ello el peso disminuyó considerablemente, eso influye al peso que sostendrá el brazo columna.

Gracias a los datos obtenidos tanto en el software y en los cálculos se pudo corroborar que reduciendo el grosor de los perfiles del brazo columna tomando en cuenta el tipo de material utilizado, la estructura responde adecuadamente a la carga de trabajo a la cual estará sometido.

Todas las deformaciones sufridas aplicando las cargas a los perfiles son mínimas, por ello la estructura regresa a su forma original ya que no sobrepasa su límite elástico.

6.- BIBLIOGRAFIA

http://es.wikipedia.org/wiki/Petr%C3%B3leo#Historia

http://empleospetroleros.org/2012/11/09/plataformas-marinas-en-mexico/

http://www.mexicodesconocido.com.mx/las-plataformas-petroleras-en-la-sonda-de-campeche.html

http://www.planitplus.net/careerzone/areas/?PID=nf&SECL=10EO&ID=72

http://www.thk.com/?q=es/node/4281

http://www.directindustry.es/prod/colson-europe/ruedas-ruedecillas-poliamida-29252-563646.html

http://www.webaero.net/ingenieria/varios/Expo%20Industria/Historia%20Industria/busca_petroleo.htm

http://www.pipefair.com/spanish/pipe_fair_products_content.asp?id=86

http://spanish.globalmarket.com/product-info/e75-2-7-8-drill-pipe-3057638.html

http://www.sovonex.com/drill-pipes.php

http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/tubo-perforacion-82647.html

http://spanish.alibaba.com/product-gs/api-5dp-drill-pipe-manual-tongs-703512876.html