

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEJORA CONTINUA PARA REDUCIR  
EL DESGASTE EN EL MECANISMO DE EMBRAGUE DOBLE DISCO SECO,  
MEDIANTE DISEÑO DE SOPORTES ESTRUCTURALES.

WILLIAM NARCISO ORTEGA LOBO  
CÉDULA 80064594 DE BOGOTÁ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

TECNOLOGIA INDUSTRIAL

YOPAL – CASANARE

2016

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEJORA CONTINUA PARA REDUCIR  
EL DESGASTE EN EL MECANISMO DE EMBRAGUE DOBLE DISCO SECO,  
MEDIANTE DISEÑO DE SOPORTES ESTRUCTURALES.

WILLIAM NARCISO ORTEGA LOBO  
CÉDULA 80064594 DE BOGOTÁ

DIRECTOR

ING. EDWIN RÚA RAMÍREZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍA E INGENIERÍA

TECNOLOGIA INDUSTRIAL

YOPAL – CASANARE

2016

## Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a Dios que me ha bendecido para poder culminar con esta etapa de mi carrera profesional, a mi familia por su apoyo y comprensión, a mi gran Amigo Sebastián Velásquez por su gran colaboración y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y profesores por su orientación y Enseñanza.

## CONTENIDO

	Pág.
1 OBJETIVO GENERAL	7
2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
2.1 Análisis de la constante de falla, formulación de hipótesis de la falla.	8
2.2 Formular propuestas con análisis tecnológico y de ingeniería.	8
2.3 Implementación y seguimiento de la propuesta.	8
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1 Desgaste prematuro de componentes	9
4 ANÁLISIS DE LA CONSTANTE DE FALLA, ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.	16
4.1 Descripción principal de la falla.	16
4.2 Acciones de Verificación.	17
5 LAS HIPÓTESIS DE CAUSA DE LA FALLA	19
5.1 Fuerza ejercida, mayor durante desembrague.	19
5.2 Contacto constante metal – metal, por pérdida de material, o por causa externa.	19
5.3 Comprobación:	19
6 DESARROLLO	21
6.1 Formular propuestas con análisis tecnológico y de ingeniería.	21
6.2 Implementación y seguimiento de la propuesta.	21
7 CRONOGRAMA	22
7.1 MES 1 - SEMANA 1 y 2.	23
7.1.1 DESARROLLO	23
7.2 Mes 1, Semana 3 y 4.	24
7.2.1 Realizar dibujo de plano de estructura de soporte.	24
7.2.2 Análisis geométrico:	25

8 MES 2, SEMANA 1 – 2	27
8.1 Realizar dibujo de plano de estructura de soporte	27
8.2 ANÁLISIS FEA PARA VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA Y SEGURIDAD.	30
8.3 MES 2, SEMANA 3, 4.	44
8.3.1 Proceso de manufactura de soporte estructural.	44
8.4 ESPECIFICACIONES ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 36	45
8.5 MANUFACTURA - CORTE	46
8.6 PROCESO DE SOLDADURA	47
8.7 OPERACIÓN DE TALADRO	49
8.8 MES 3, SEMANA 1.	51
8.9 MES 3, SEMANA 2.	52
8.9.1 Instalación de soporte y lubricador automático.	52
8.10 MES 3 SEMANA 3 – 4	55
8.11 MES 3, SEMANA 4	56
9 CONCLUSIONES	58
10 BIBLIOGRAFÍA	59
11 LISTA DE FIGURAS	60
12 LISTA DE TABLAS	62
13. LISTA DE ANEXOS	64

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto entrega soluciones prácticas al problema de desgaste prematuro de un sistema de embrague bi disco seco que hace parte de un equipo principal de re bombeo de producto viscoso de operación continua y de cumplimiento de nominaciones diarias, cualquier parada no programada de este equipo causa afectaciones en diferentes sistemas y reduce el cumplimiento a clientes interrumpiendo los objetivos de la planta industrial. Para ello se identificó oportunidades de mejora que optimizo los procesos a un bajo costo de implementación aplicando herramientas técnicas, tecnológicas, de ingeniería y diferentes asignaturas de mayor enfoque como son: diseño industrial, mantenimiento industrial, dibujo tecnico, metodología de la investigación y aprendizaje autónomo como el manejo de software básico afín. El aporte como estudiante permite abrir campo para futuros egresados de la UNAD, para la búsqueda de soluciones, no solo estratégicas o administrativas sino practicas con implementación de sistemas de ingeniería básico aplicada y análisis tecnológico como la implementación de un soporte estructural con análisis de ingeniería que permitió en un primer plano dimensional identificar todo los componentes Mecanicos por medio de software analizando los puntos de mayor impacto al desgaste y que se modificaron sin afectar las características internas pero si mejorando su funcionamiento en el tiempo.

## 1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de mejora continua para reducir el desgaste en el mecanismo de embrague doble disco seco, que permita el incremento de la confiabilidad del equipo a largo plazo.

## 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Análisis de la constante de falla, formulación de hipótesis de la falla.
- 2.2 Formular propuestas con análisis tecnológico y de ingeniería.
- 2.3 Implementación y seguimiento de la propuesta.



### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de los antecedentes de solución del problema no se tiene ninguno conocido; desde su inicio de operación las unidades han presentado los siguientes problemas.

#### 3.1 Desgaste prematuro de componentes

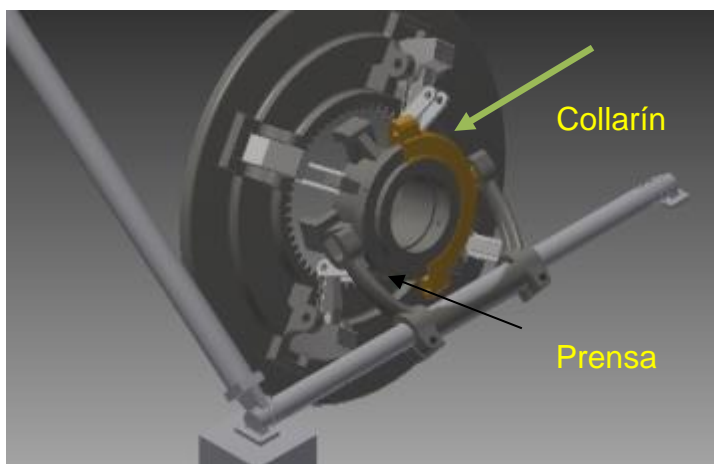
Lubricación por capa limite deficiente, es muy probable que la película de grasa se pierda por la acción de contacto metal – metal constante por carga adicional al embrague del brazo de accionamiento y grasa no apropiada para aplicación.

La acción correctiva es el cambio de componentes afectados (cambiar piezas), mantenimiento correctivo no planeado, con implicaciones de pérdida de producción, inversión de horas hombre y repuestos fuera de programación.

En los sistemas de embrague se presenta afectación continua y repetitiva de la integridad del collarín (componente interno de desgaste estático fabricado en bronce) y la prensa (componente interno rotativo, material de fabricación aleación de hierro) su función en conjunto es unir los discos para posición de embragado o liberar los discos para posición de desembragado. Su movimiento proviene del cilindro neumático, por comando del operador de la máquina.

En la Figura 1, se detalla el conjunto collarín – prensa, componentes afectados principalmente por la posición errónea del brazo de accionamiento

**FIGURA 1**

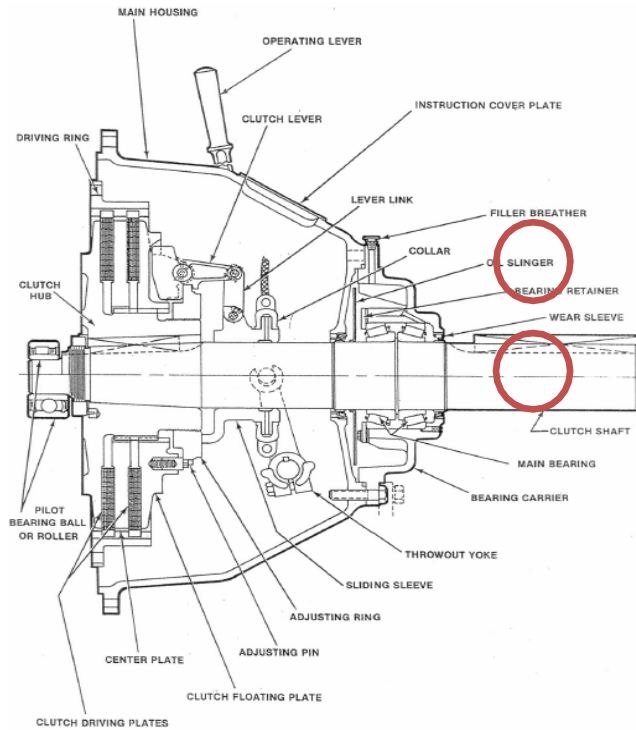


*Fuente Vista de componentes internos de embrague (2015), realizada en software de computador, INVENTOR 2013, recorte de impresión en PDF.*

Este elemento presenta un desgaste máximo en un término de tres meses (la vida útil planeada puede llegar en teoría de 15 a 18 meses).

En la Figura 2. Se demuestra un corte transversal del embrague y se resalta la holgura entre collarín y prensa, punto de lubricación exterior

**FIGURA 2**



*Fuente de Manual de Operación y Mantenimiento Toma Fuerza Twin Disc, modelo SP218. Corte Transversal de Embrague (2007),*

Se realiza revisión de órdenes correctivas en sistema de gestión de mantenimiento SAP, para documentar la relación de las paradas no programadas de los equipos de bombeo fase II, con fallas en conjunto de embrague. A continuación se presenta tabla 1, con datos de mantenimientos correctivos y preventivos desde enero de 2015 hasta la fecha.

Tabla 1, historial de Mantenimientos Embragues, Preventivos - correctivos

Fecha de aviso	Orden	Descripción	Clase de aviso	Denominación de objeto técnico

05/01/2015	4044256	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
24/01/2015	4170289	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
28/01/2015	4044524	embrague no funciona como debe	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
25/01/2015	4170290	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
20/02/2015	4044792	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
26/01/2015	4170291	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
06/04/2015	4044993	Falla embrague TWIN DISC	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
24/04/2015	417314	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
29/04/2015	4045261	Falla	Z2	Embrague

		embrague		TWIN DISC Unidad A MON II
25/04/2015	417315	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
22/05/2015	4045529	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
26/04/2015	417316	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
06/07/2015	4045797	Falla embrague MON II	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
23/07/2015	417317	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
29/07/2015	4046065	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
24/07/2015	417658	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
21/08/2015	4046333	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC

				Unidad C MON II
25/07/2015	417659	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
05/10/2015	4046601	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
21/10/2015	417660	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
28/10/2015	4046869	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
22/10/2015	418259	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
20/11/2015	4047137	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
23/10/2015	418260	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
04/01/2016	4047282	Falla embrague EN FUNCIONAM	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad B MON

				II
19/01/2016	418261	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
27/01/2016	4047550	Falla embrague	Z2	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
20/01/2016	418854	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
21/01/2016	418855	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
18/04/2016	418856	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
19/04/2016	419663	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
20/04/2016	419664	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
17/07/2016	419665	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II

18/07/2016	419854	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
19/07/2016	419855	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II
15/10/2016	419758	PVO Embrague TWIN DISC Unidad B	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad B MON II
16/10/2016	419652	PVO Embrague TWIN DISC Unidad A	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad A MON II
17/10/2016	419888	PVO Embrague TWIN DISC Unidad C	Z1	Embrague TWIN DISC Unidad C MON II

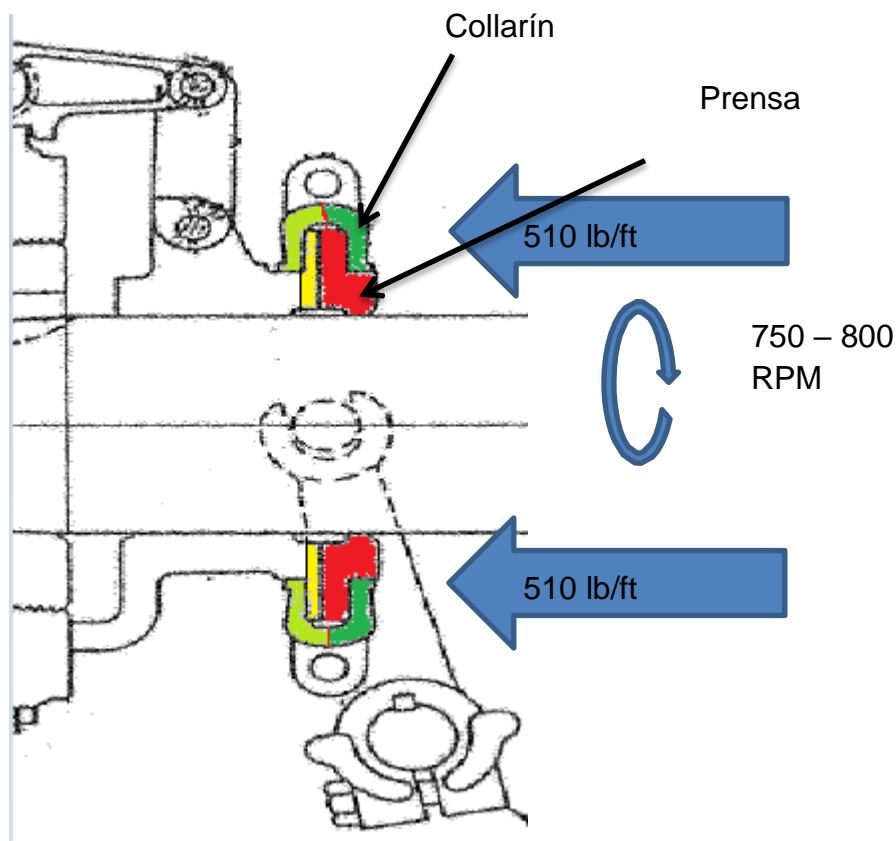
De acuerdo a estadística descargada de sistema de información de mantenimiento, se puede reflejar la incidencia de falla de periodos que oscilan entre 3 y 4 meses.

#### 4 ANÁLISIS DE LA CONSTANTE DE FALLA, ANÁLISIS CAUSA RAÍZ.

##### 4.1 Descripción principal de la falla.

Desgaste prematuro de conjunto Collarín .prensa, en el lado de contacto durante proceso de desembrague, en imagen 3 se demuestra la fuerza requerida para embrague que es en promedio de 510 Lb/Ft con varias condiciones críticas, temperatura de operación a 140 °F, Eje del motor girando entre 750 y 810 RPM,

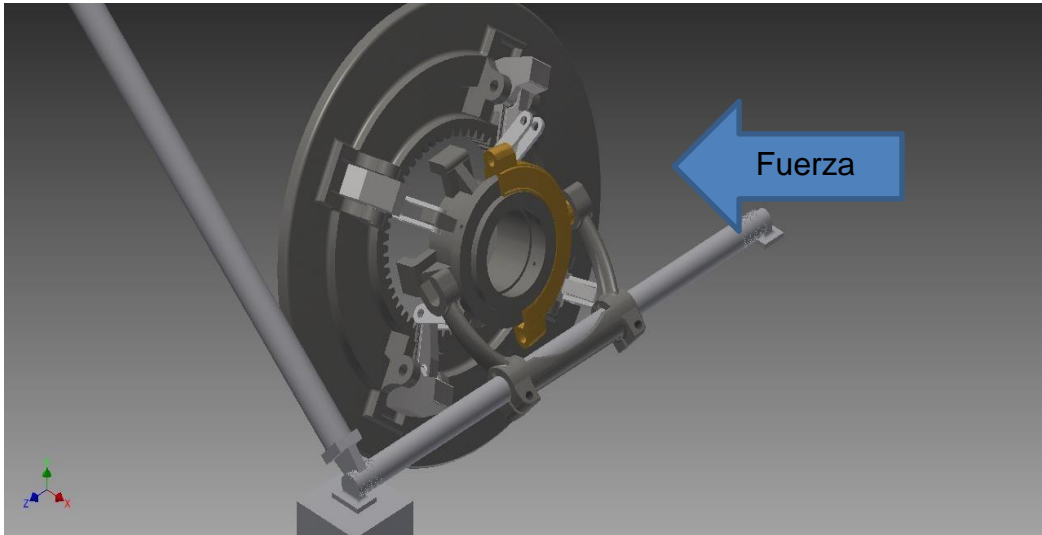
FIGURA 3



*fuelle en Corte de imagen de seccionamiento de embrague, tomada de manual de operación y mantenimiento Twin Disc modelo SP218, 1016062. En teoría la parte resaltada como roja en prensa en conjunto con la parte resaltada de verde oscuro en collarín son la de mayor desgaste, por construcción son más robustas para aguantar la carga.*



FIGURA 4, representación de conjunto prensa – collarín indicando parte de mayor carga y posición de montaje.

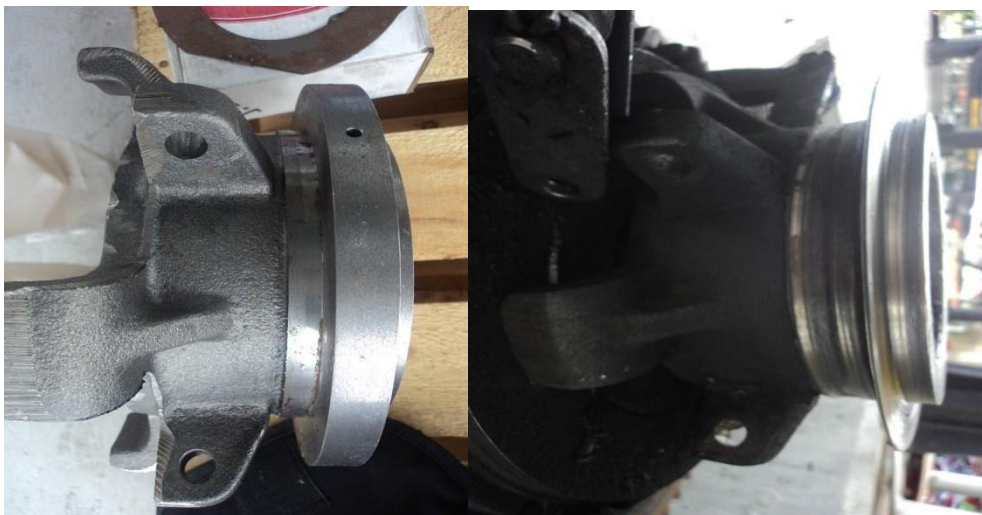


Fuente, Plano de ensamble completo conjunto embrague simulación, (*Software de computador*).

#### 4.2 Acciones de Verificación.

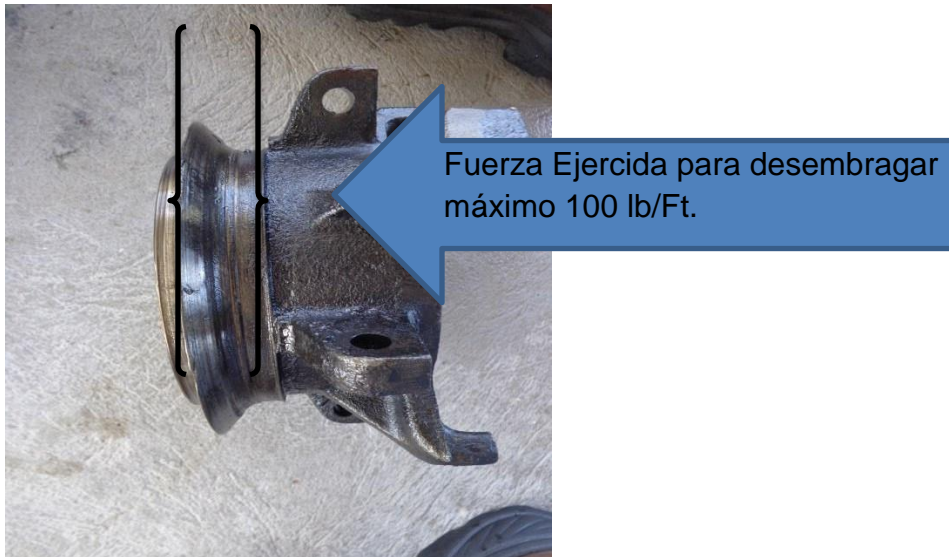
En la Figura 5, prensa nueva en comparación con prensa en falla.

FIGURA 5.



Fuente Registro fotográfico Prensa Nueva – prensa usada en falla.

FIGURA 6



*Fuente, Prensa en falla típica, tomada de unidad "B", Enero 04 de 2016, embrague Twin Disc. Área de desgaste área localizada.*

Área demarcada entre paréntesis en imagen 8, es el área de contacto durante desembragado de equipo, estado normal del equipo en reposo, cero RPM, y fuerza inferior a 100 Lb/Ft.

FIGURA 7



*Fuente, registro fotográfico Collarín en falla típica, tomada de unidad "B", Enero 04 de 2016, embrague Twin Disc. Autor William Ortega.*

La pestaña o área de contacto con prensa en sentido de desembrague se encuentra con pérdida de material a falla, desprendimiento total de material y desgaste prematuro.

## 5 LAS HIPÓTESIS DE CAUSA DE LA FALLA

5.1 Fuerza ejercida, mayor durante desembrague.

5.2 Contacto constante metal – metal, por perdida de material, o por causa externa.

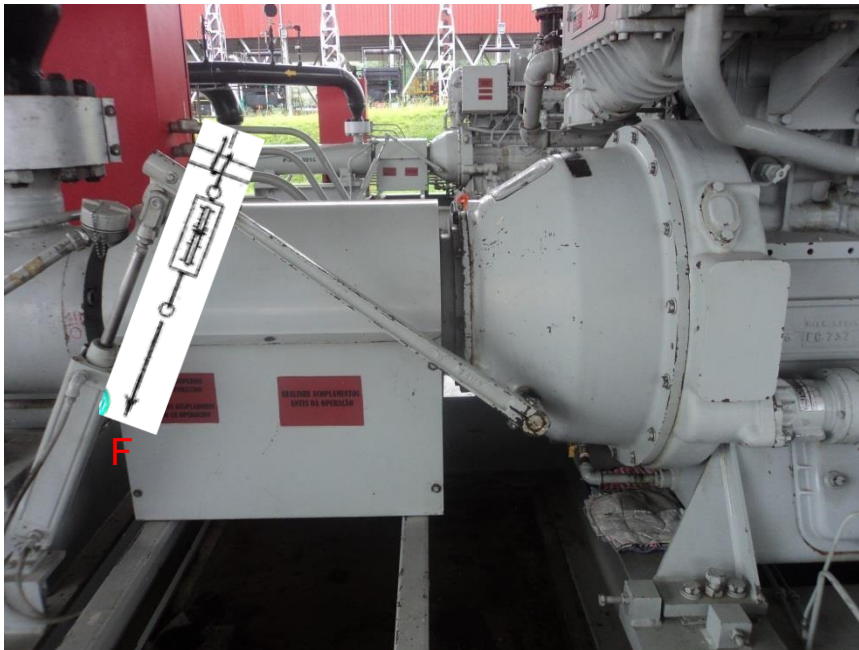
5.3 Comprobación:

Fuerza ejercida, mayor durante desembrague.

Descartada; durante seguimiento en campo, la unidad desembraga cuando el motor se encuentra fuera de línea, es decir, con cero RPM.

Contacto constante metal – metal. Por perdida de material, o por causa externa. VALIDADA, ya existe palanca y cilindro de accionamiento ejerciendo presión constante después de embragar y hasta que este es apagado. Cuando se ejerce presión para embragar, el cilindro neumático es despresurizado luego de que el equipo es embragado, en este momento queda libre de aire industrial pero queda colgando, permitiendo que el conjunto collarín – prensa este en contacto todo el tiempo de operación.

FIGURA 8



*Fuente, Montaje original, fuerza constante ejercida sobre en conjunto collarín – prensa, ocasionando el contacto metal – metal, desplazando el lubricante en capa limite desgastando las piezas de forma prematura. Autor William Ortega.*

De acuerdo a las evidencias detalladas de la falla y la comprobación de las hipótesis planteadas se define realizar modificación en altura del cilindro neumático.

## 6 DESARROLLO

La primera propuesta del proyecto es mejorar el ángulo de accionamiento del cilindro del embrague con un soporte estructural.

Para ello se desarrollaran los objetivos específicos:

6.1 Formular propuestas con análisis tecnológico y de ingeniería.

6.2 Implementación y seguimiento de la propuesta.

Y se propone cronograma de trabajo para desarrollo del proyecto.

## 7 CRONOGRAMA

Distribución de actividades en el tiempo para desarrollo del proyecto.

Tabla 2. Cronograma de Actividades para desarrollo del proyecto.

Actividades	Meses (Semanas)											
	Mes 1			Mes 2			Mes 3					
Levantamiento de información en campo, toma de registros de funcionamiento actual.	■	■										
Realizar dibujo de plano de estructura de soporte			■	■								
Se envía plano a ingeniería para análisis geométrico, y evaluación de resistencia.					■	■						
Proceso de manufactura de soporte estructural						■	■					
Evaluación de estado de embrague									■			
Instalación de soporte y lubricador automático									■	■		
Pruebas funcionales, documentación de resultados y seguimiento durante una semana									■	■		
Seguimiento continuo												■

## 7.1 MES 1 - SEMANA 1 y 2.

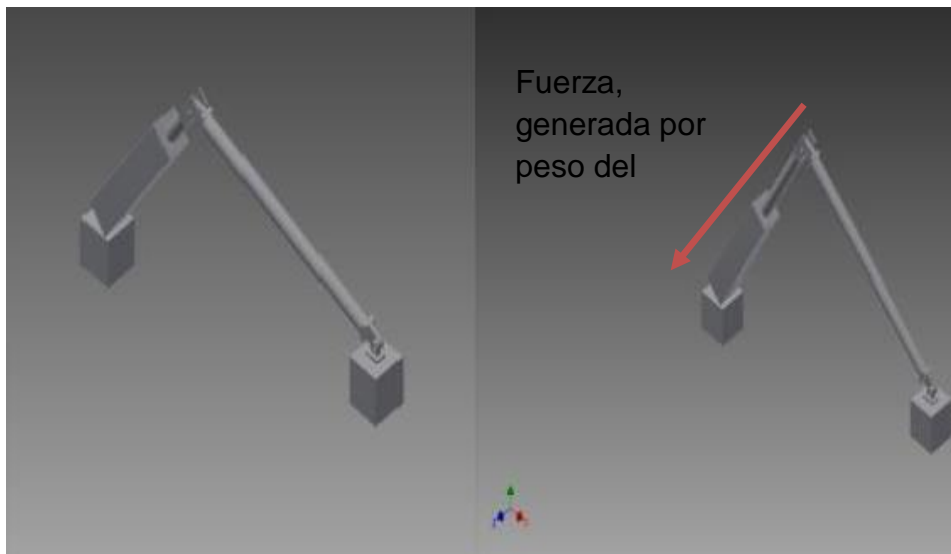
Levantamiento de información en campo, toma de registros de funcionamiento actual.

### 7.1.1 DESARROLLO

Posición inicial del brazo de accionamiento y cilindro neumático.

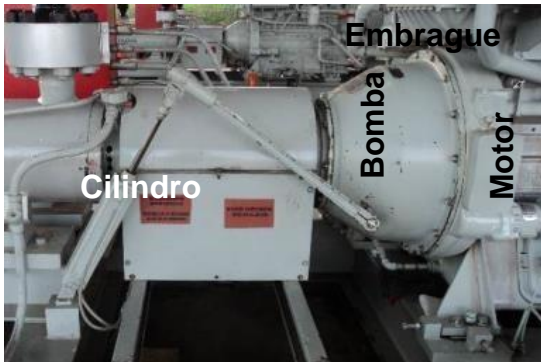
El cilindro neumático es un sistema de doble efecto su recorrido se acciona mediante una válvula solenoide para pasar de estado de reposo a estado embragado, una vez el sistema se encuentra embragado, el giro y potencia del motor transmitido a la bomba el aire del cilindro es liberado para dejar de ejercer fuerza sobre los componentes de desgaste, es allí donde la prensa y el collarín deber permanecer libres de fricción o contacto, pero actualmente al liberar el cilindro este por su peso ejerce fuerza en sentido de desembrague ocasionando el constante contacto de las piezas, pérdida de película de lubricación y desgaste prematuro.

FIGURA 9



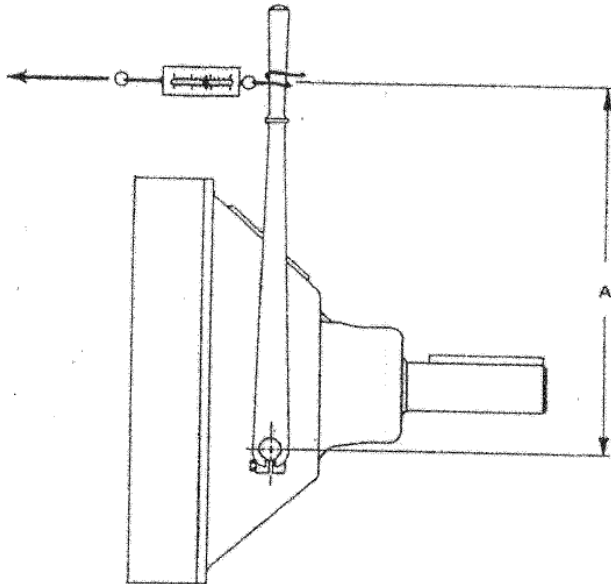
*Fuente Ensamble actuador posición actual. (2015), realizada en software INVENTOR 2013, recorte de impresión en formato PDF. el embrague dispuesto en la unidad registró real.*

FIGURA 10



*Fuente Embrague montaje real, posición embragado, unidad "A".*

FIGURA 11



*Diagrama definido de para altura de accionamiento de brazo neumático, tomada de manual de operación y mantenimiento Twin Disc Modelo sp218.*

7.2 Mes 1, Semana 3 y 4.

7.2.1 Realizar dibujo de plano de estructura de soporte.

Fue necesario aplazar el diseño y dibujo del soporte para la semana 1 y 2 del mes 2, para cambio de ángulo de accionamiento, ya que se requirió definir la geometría inicial del soporte de tal forma que la apertura total del actuador permitiera accionamiento vertical de la palanca del embrague.



### 7.2.2 Análisis geométrico:

El análisis geométrico planteado para la solución del problema consistió de modelos de alcance de los elementos incorporados, con el fin de reducir al mínimo las modificaciones en la máquina y disminuir el costo igualmente. De esta forma se planteó el modelo inicial y se planteó la mejora con el objetivo de accionamiento del brazo del embrague en posición horizontal con el fin de verificar la hipótesis de mejora del componente en desgaste prematuro.

El modelo inicial de accionamiento se muestra a continuación donde la barra verde demuestra el brazo de palanca hidráulico y los centros de los círculos son los apoyos de la palanca de embrague y base del brazo hidráulico. Las medidas reales de la maquinaria están definidas en el modelo plano de análisis. El brazo hidráulico tiene dos posiciones, una es cerrada o recogido y otro es abierto; de tal forma que el ángulo que describe el recorrido es de  $29^\circ$ . Este ángulo debe cumplirse igualmente para cualquier posición que adopte el brazo hidráulico con el fin de embragar la máquina adecuadamente. Es así que el ángulo se traslada a una posición horizontal de tal forma que allí sea la ubicación final del dispositivo.

Mediante el análisis geométrico de la estructura se pudo determinar las mejores configuraciones del sistema de embragado en una posición donde la fuerza de accionamiento del cilindro hidráulico no tenga componentes adicionales a una dirección horizontal, pues se ha observado detenidamente en la práctica que el accionamiento de una pequeña parte de fuerza en el sentido vertical genera desgaste prematuro en el embragado de las unidades. Al llevar a cabo el análisis se encontró que la longitud correcta para la fabricación del soporte estructural es de 930 mm con ubicación en los soportes actuales de tal forma que la intervención fuera mínima en el diseño original.

FIGURA 12

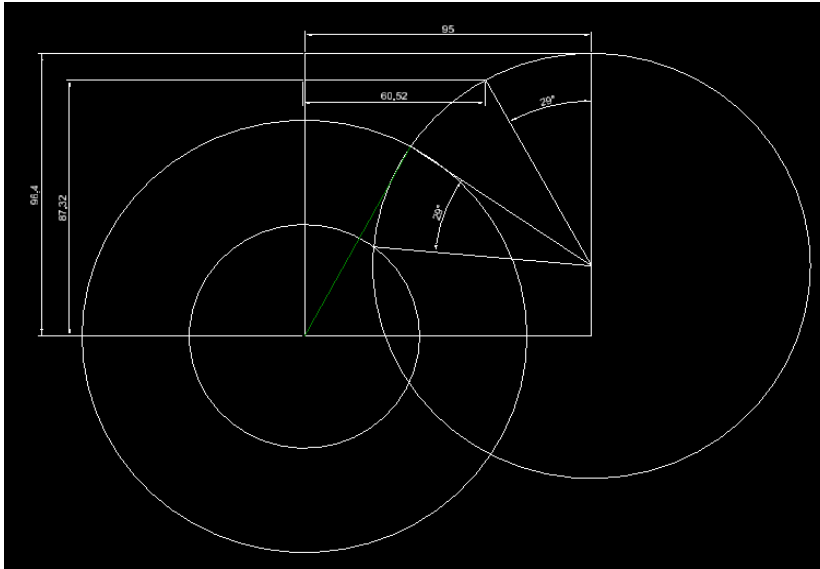
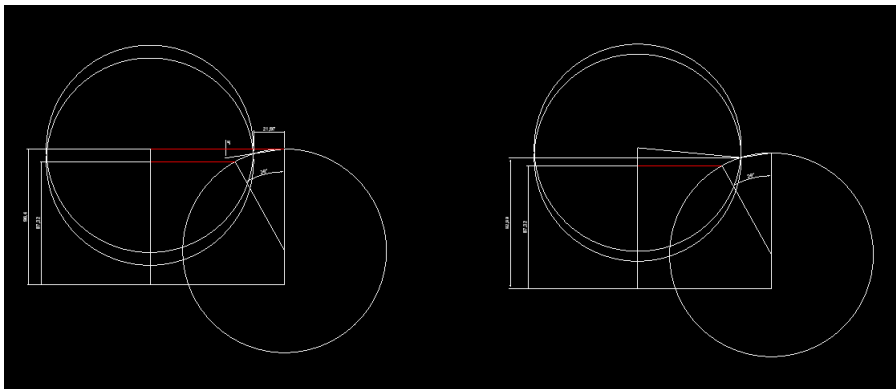


Figura 15. Análisis geométrico inicial, desarrollada en software inventor, autor Sebastian Velasquez, Ingeniero Aprendiz, Abril de 2016.

FIGURA 13



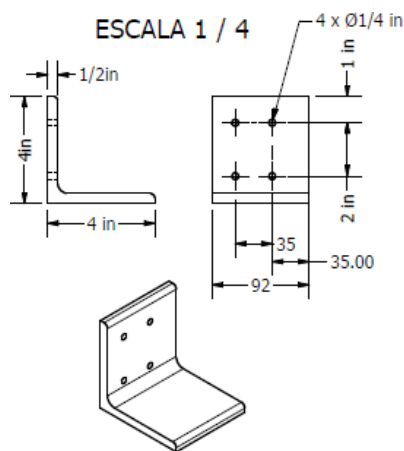
Fuente, Análisis Geométrico Final, simulación completa de accionamiento de cilindro y brazo sobre eje de rotación, autor Sebastian Velasquez, Ingeniero Aprendiz, Abril 2016.

## 8 MES 2, SEMANA 1 – 2

### 8.1 Realizar dibujo de plano de estructura de soporte

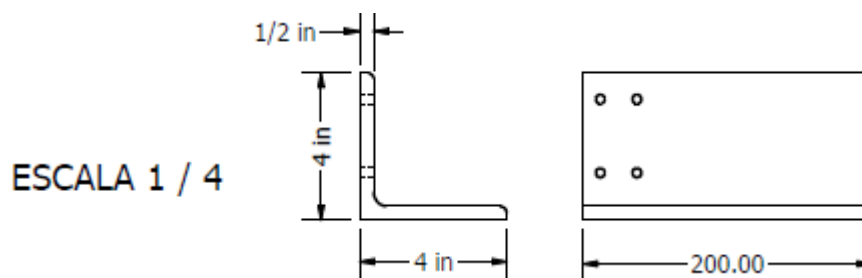
Se realiza dibujo de soporte mediante herramienta informática INVENTOR, se aclara que el aporte en herramienta tecnológica se realiza bajo autoaprendizaje para el manejo básico del programa, dibujo esquemático sencillo que reemplaza el dibujo a mano.

FIGURA 14



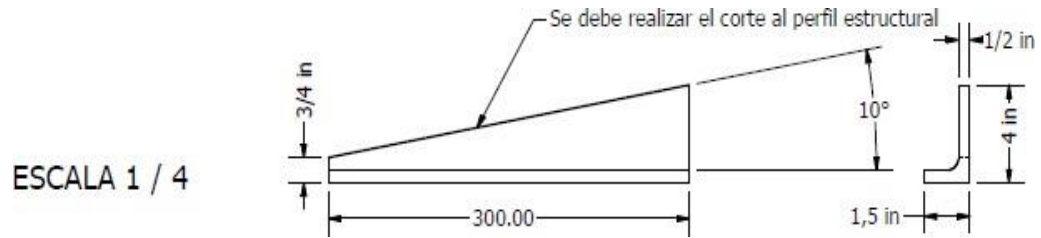
Fuente, *sección angular de acero parte inferior de soporte, plano de construcción (Software de computador).*

FIGURA 15



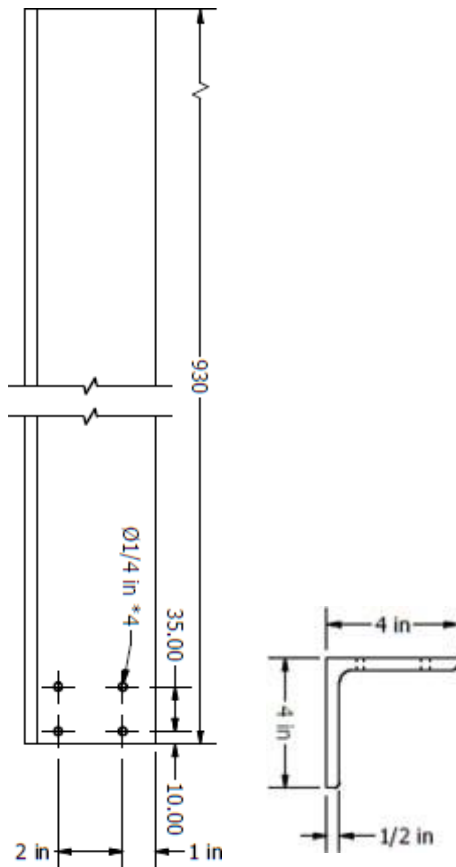
*Figura 19, sección angular de acero parte inferior de soporte. Sección de anclaje de soporte parte frontal, plano de construcción (Software de computador).*

FIGURA 16



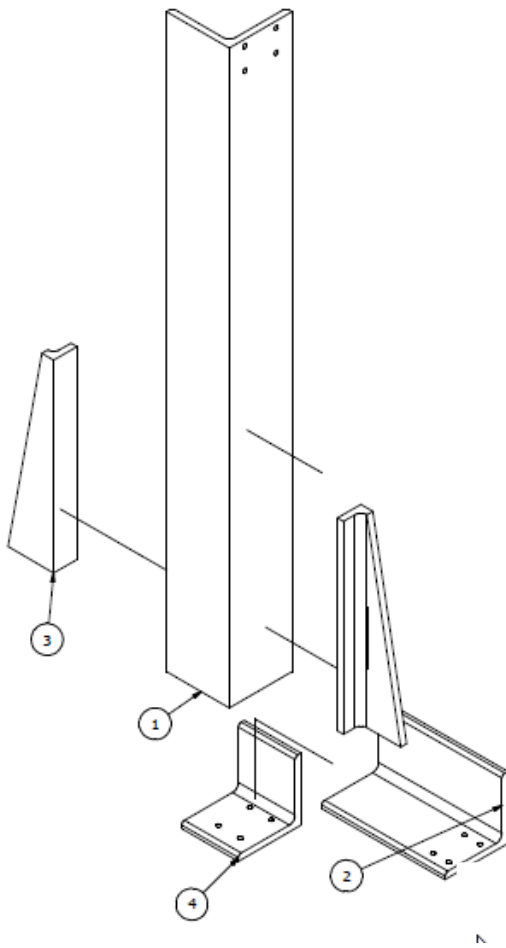
*Fuente, Pie de amigo perfil principal y base parte frontal plano de construcción (Software de computador).*

FIGURA 17



*Fuente, Perfil principal plano de construcción (Software de computador).*

FIGURA 18



*Fuente, Plano de construcción perfiles completos (Software de computador).*

## 8.2 ANÁLISIS FEA PARA VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA Y SEGURIDAD.

Análisis de elementos finitos: El análisis de elementos finitos es un método matemático de análisis por medio de condiciones de frontera, estudio de elementos diferenciales y comportamiento de materiales acorde a sus propiedades. El análisis siempre plantea tres estados

Pre procesamiento: dentro de este esquema se definen las condiciones iniciales del sistema, las cuales pueden ser condiciones geométricas, de materiales, diseños, restricciones, cargas, entre otras.

Análisis: Es aquí donde se procesa el modelo cargado con anterioridad y se definen la cantidad de elementos diferenciales a analizar, es importante resaltar que la condiciones de frontera funcionan como condiciones iniciales en la generación de un sistema matricial de ecuaciones que se solucionan por medio de algoritmos matemáticos.

Post procesamiento: Muestra los resultados del análisis desarrollado mediante los pasos definidos previamente.

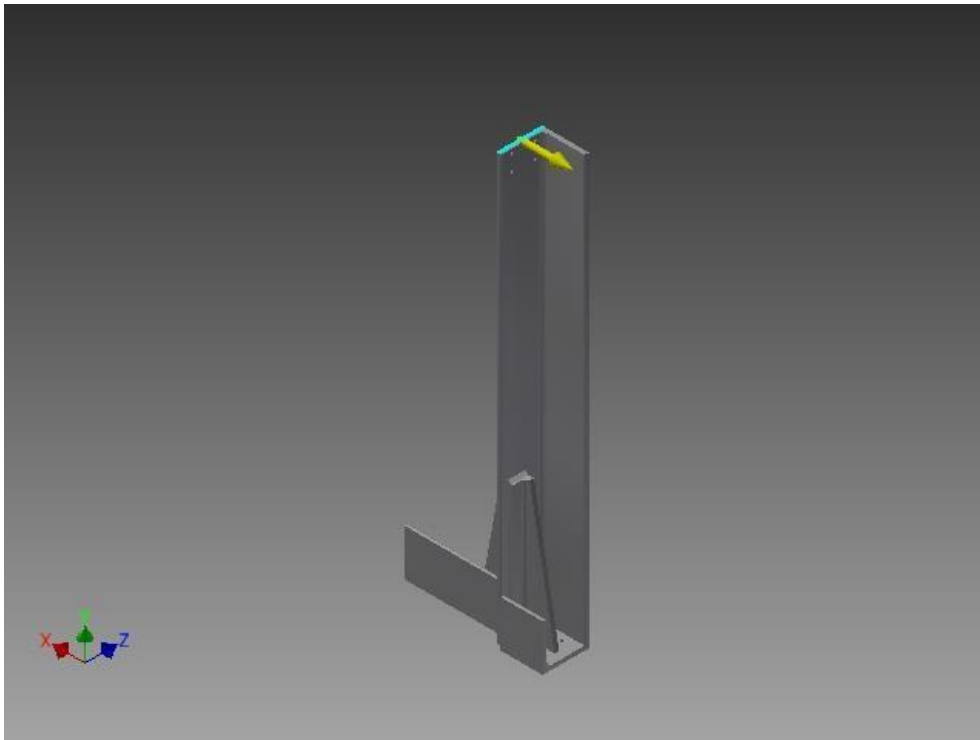
El análisis de elementos finitos es una herramienta de mucha versatilidad e importancia puesto que permite la visualización de elementos tan complejos geométricamente que de otra forma no sería posible verificar su comportamiento físico ante condiciones tan variadas como las condiciones de uso específico en ingeniería.

El método fue adoptado en el proyecto por el hecho de la complejidad geométrica del soporte estructural y la evaluación de los diversos componentes implicados, como perfiles estructurales y soldaduras críticas. Tomado de página Web. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/jimenez\\_p\\_a/capitulo2](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/jimenez_p_a/capitulo2).

Los resultados son:

Los esfuerzos máximos (16,23 ksi) demuestran que bajo un material de acero estructural común ( $s_y=36$  ksi) el soporte funciona adecuadamente incluso con un factor de seguridad de 1,85. La instalación del soporte es mediante uniones atornilladas y la adhesión de las secciones angulares de acero se realizara mediante soldadura Típicamente de chaflán en “V” ensanchada y Bisel.

FIGURA 19



*Fuente, Estructura en análisis FEA (software de computador), 2016.*

Tabla 3 Fuerza ejercida sobre el soporte

Load Type	Force
Magnitude	786.831 lbforce
Vector X	-786.831 lbforce
Vector Y	-0.000 lbforce
Vector Z	-0.000 lbforce

Pie de amigo5 pulgadas, FS 2,5 cargar 3500 N

Tabla 4. Objetivo general y ajustes.

Objetivo del Diseño	Single Point
Tipo de simulación	Análisis estático
Detectar y Eliminar Modos de Cuerpo Rígidos	No
Tensiones separadas en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

Tabla 5. Ajuste de Malla.

Promedio Tamaño del elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Min. Tamaño del elemento (fracción del tamaño promedio)	0,2
Grado Factor	1,5
Max. Angulo de giro	60°
Crear elementos de malla curvados	No
Utilizar la medida basada en partes para la malla de ensamblaje	Yes

Tabla 6. Material.

Nombre	Acero Suave	
General	Densidad de masa	0,283599 lbmass/in <sup>3</sup>
	Rendimiento	30022,8 psi
	Resistencia a la tracción	50038 psi

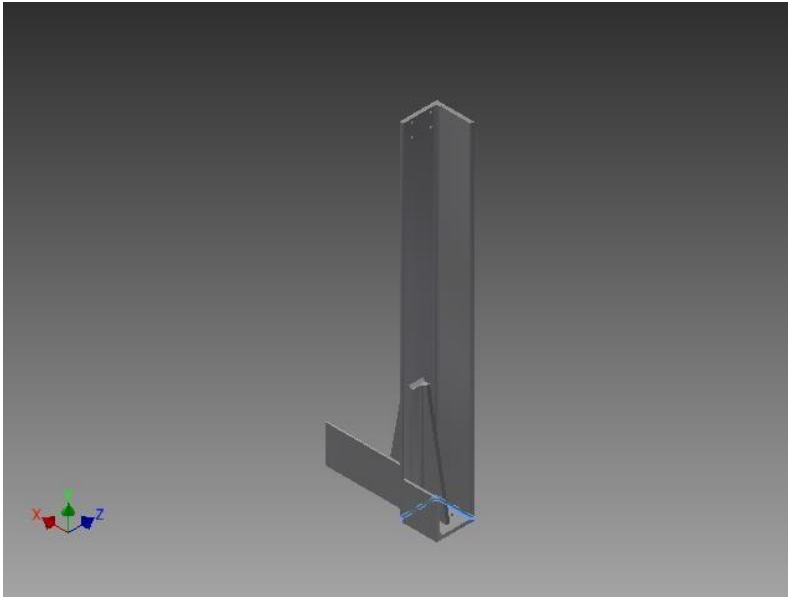


Tensión	Resistencia a la tracción	31 308,3 ksi
	El coeficiente de Poisson	0,275 ul
	Módulo de corte	12 513,1 ksi
Part Name(s)	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm	
	AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 20 cm	
	AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 45 cm	
	AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 45 cm	
	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm	

Tabla 7. Condiciones de Operación fuerza ejercida

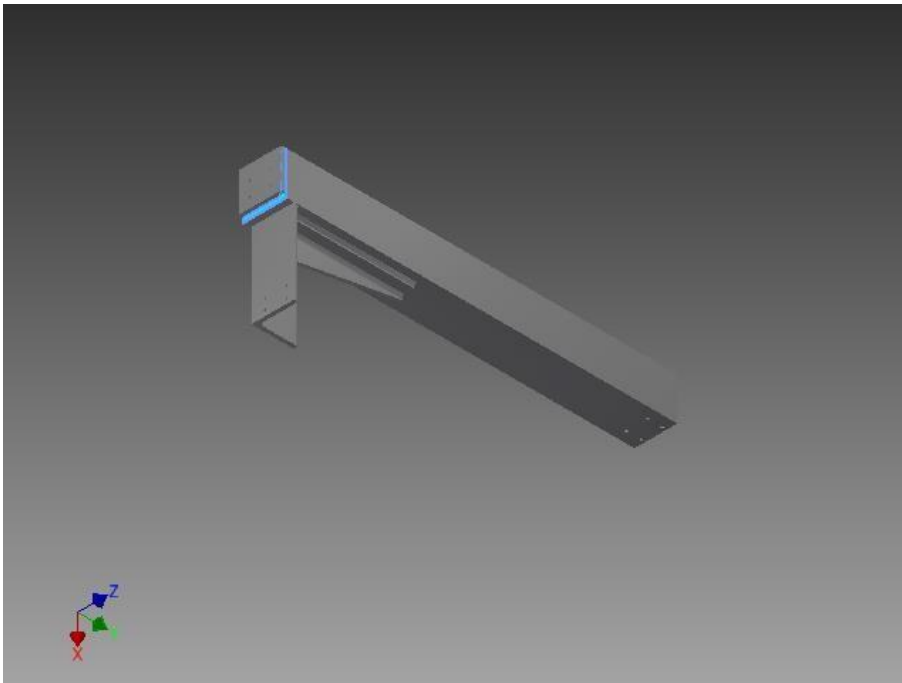
Tipo de Carga	Fuerza
Magnitud	786.831 libra Fuerza
Vector X	-786.831 libra Fuerza
Vector Y	-0.000 libra Fuerza
Vector Z	-0.000 libra Fuerza

FIGURA 20



*Fuente Tomada de análisis FEA para estructura metálica (software de computadora).*

FIGURA 21



*Fuente análisis FEA para estructura metálica (software de computadora).*

Tabla 8. Contacto garantizado.

Nombre	Parte Descripción
Fijado:1	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1
Fijado:2	AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 20 cm:2
Fijado:3	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1
Fijado:4	
Fijado:5	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1
Fijado:6	
Fijado:7	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1
Fijado:8	AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 20 cm:2
Fijado:9	Cordón de soldadura:1 AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1
Fijado:10	Cordón de soldadura:1 AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 45 cm:1
Fijado:11	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1
Fijado:12	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1 AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 20 cm:2
Fijado:13	AISC - L 4 x 4 x 1_4 - 93 cm:1 AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 45 cm:1
Fijado:14	AISC - L 4 x 4 x 3_8 - 20 cm:2

Tabla 9. Fuerza de reacción y momento en las restricciones

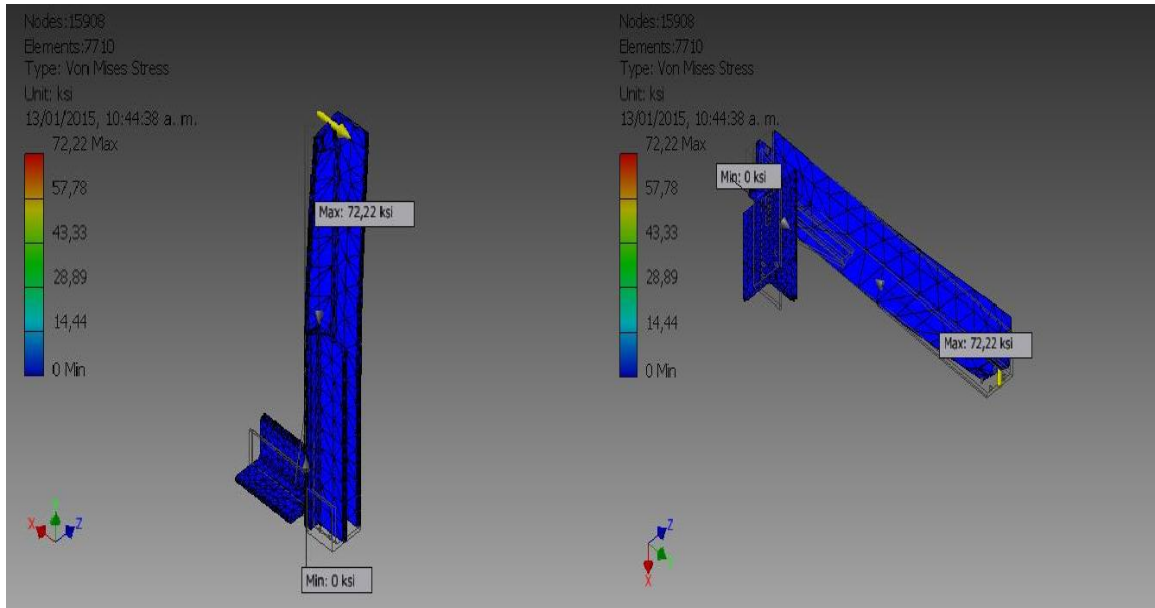
Nombre de Restricciones	Fuerza de Reacción		Momento de Reaction	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	786,831 lbforce	786,831 lb/Fuerza	2326,41 lbforce ft	0 lb fuerza pie
		0 lb Fuerza		-6,07126 lb Fuerza Pie
		0 lb Fuerza		-2326,41 lb Fuerza Pie

Tabla 10. Resumen del Resultado.

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	185,298 in <sup>3</sup>	
Masa	52,5503 lb/masa	
Von Mises Stress	0,000134002 ksi	72,1737 ksi
1st Principal Stress	-22,5744 ksi	17,0528 ksi
3rd Principal Stress	-99,2146 ksi	3,7585 ksi
Desplazamiento	0 in	0,110714 in
Factor de Seguridad	0,703348 ul	15 ul
Stress XX	-88,8705 ksi	13,1246 ksi
Stress XY	-28,1858 ksi	3,99069 ksi

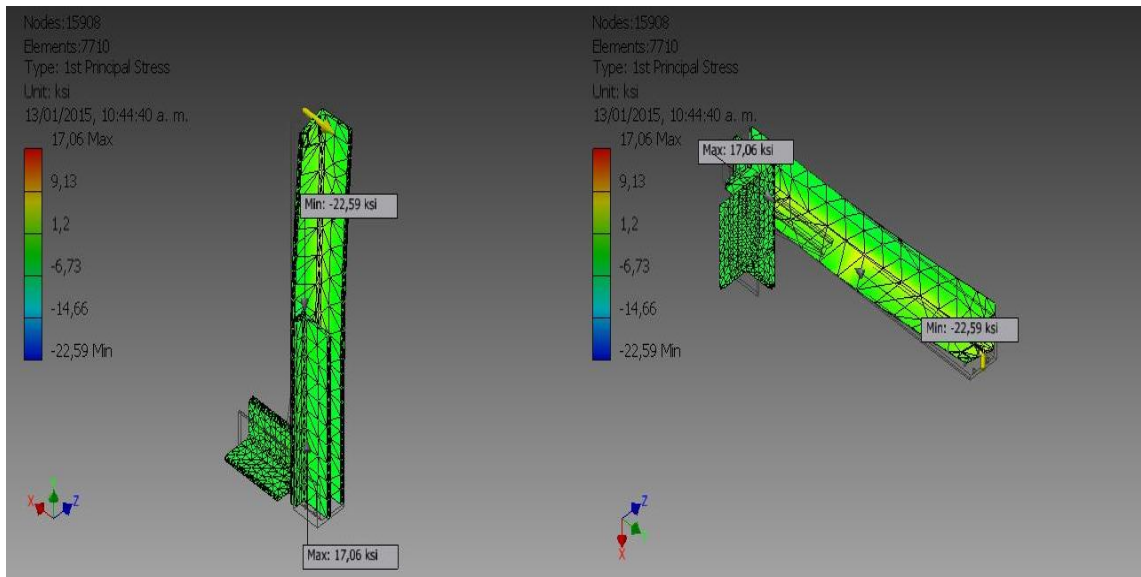
Stress XZ	-7,03484 ksi	5,02701 ksi
Stress YY	-32,6096 ksi	8,63907 ksi
Stress YZ	-5,82413 ksi	5,42328 ksi
Stress ZZ	-32,853 ksi	7,78556 ksi
X Desplazamiento	-0,106014 in	0,0000327101 in
Y Desplazamiento	-0,00833155 in	0,00616809 in
Z Desplazamiento	-0,0320564 in	0,000017989 in
Esfuerzo Equivalente	0,00000000369527 ul	0,002385 ul
1st Esfuerzo Principal	-0,00000000591761 ul	0,000806511 ul
3rd Esfuerzo Principal	-0,00286926 ul	0,00000000240437 ul
Esfuerzo XX	-0,00240925 ul	0,000339487 ul
Esfuerzo XY	-0,00125346 ul	0,000159461 ul
Esfuerzo XZ	-0,000312848 ul	0,000200871 ul
Esfuerzo YY	-0,000387887 ul	0,000271683 ul
Esfuerzo YZ	-0,000232722 ul	0,000216705 ul
Esfuerzo ZZ	-0,00026001 ul	0,000385209 ul
Presión de Contacto	0 ksi	54,4617 ksi
Presión de Contacto X	-46,1936 ksi	37,8145 ksi
Presión de Contacto Y	-39,01 ksi	24,5573 ksi
Presión de Contacto Z	-6,50024 ksi	14,5244 ksi

FIGURA 22. Von Mises Stress.



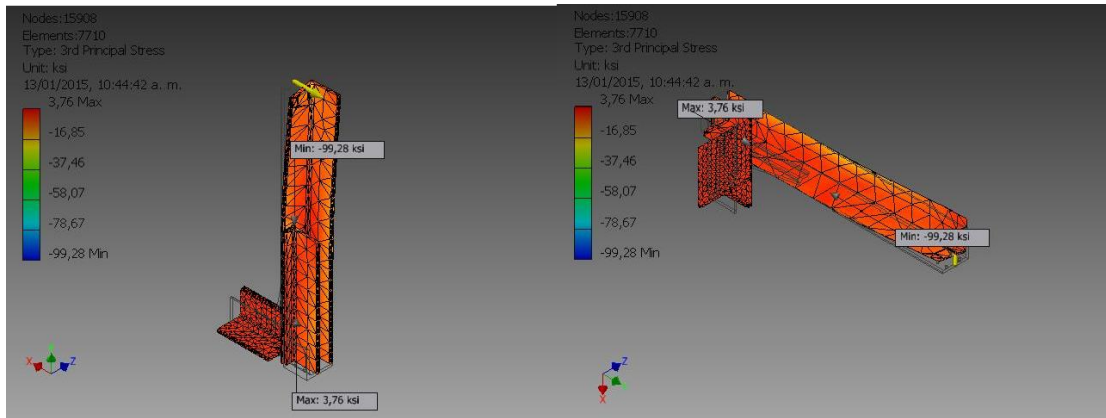
*Fuente Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.*

FIGURA 23. 1st Principal Stress



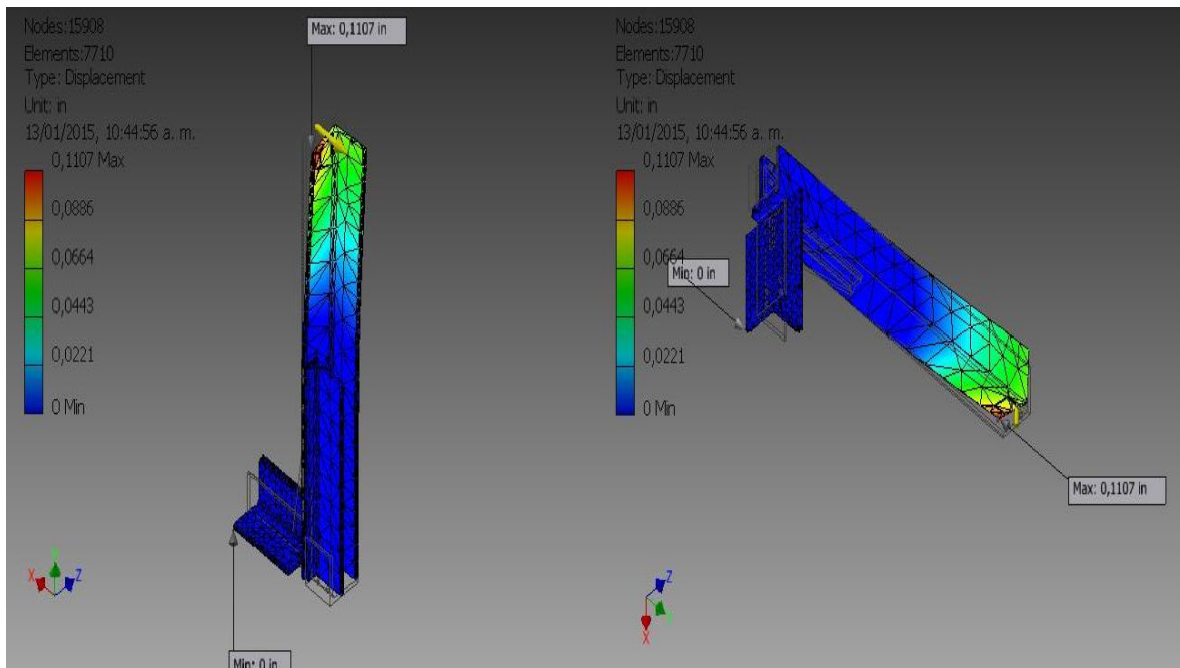
*Fuente Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.*

FIGURA 24. 3rd Principal Stress



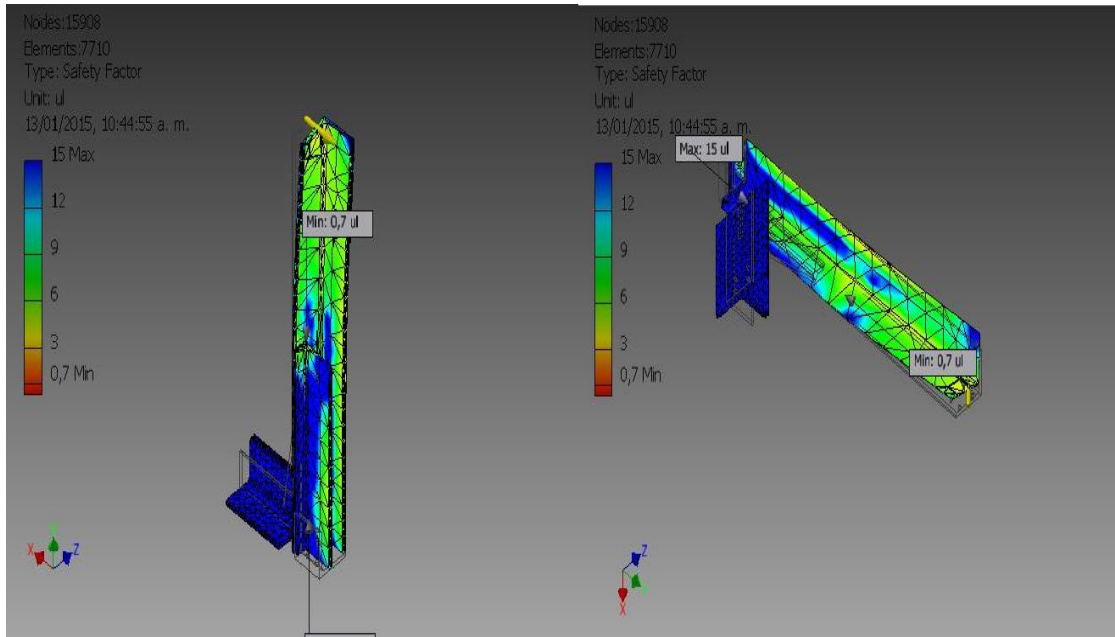
Tomado de Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 25. Desplazamiento.



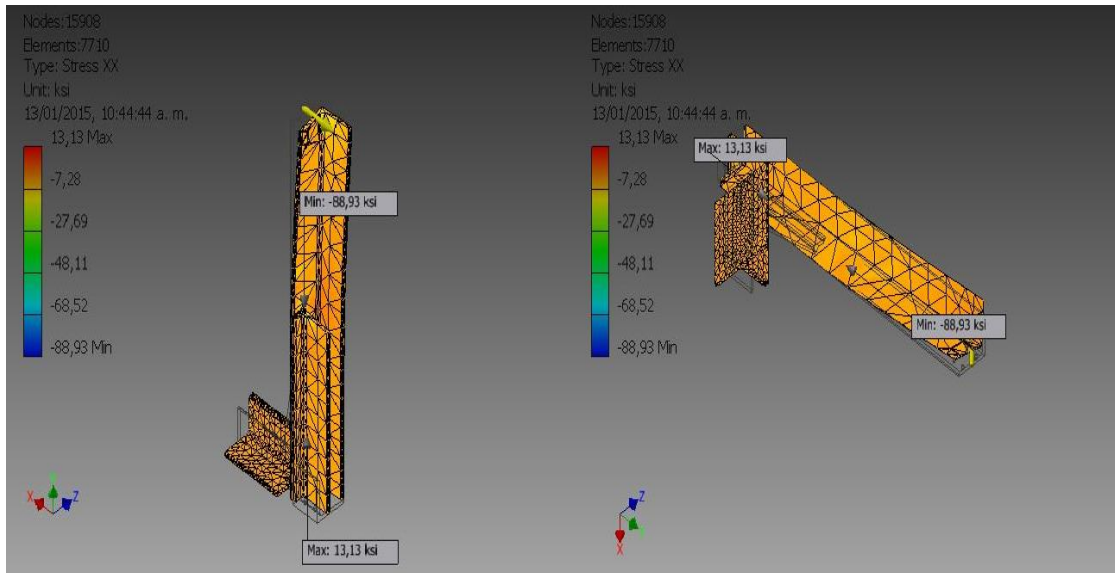
Tomado de Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 26. Factor de Seguridad



Fuente Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

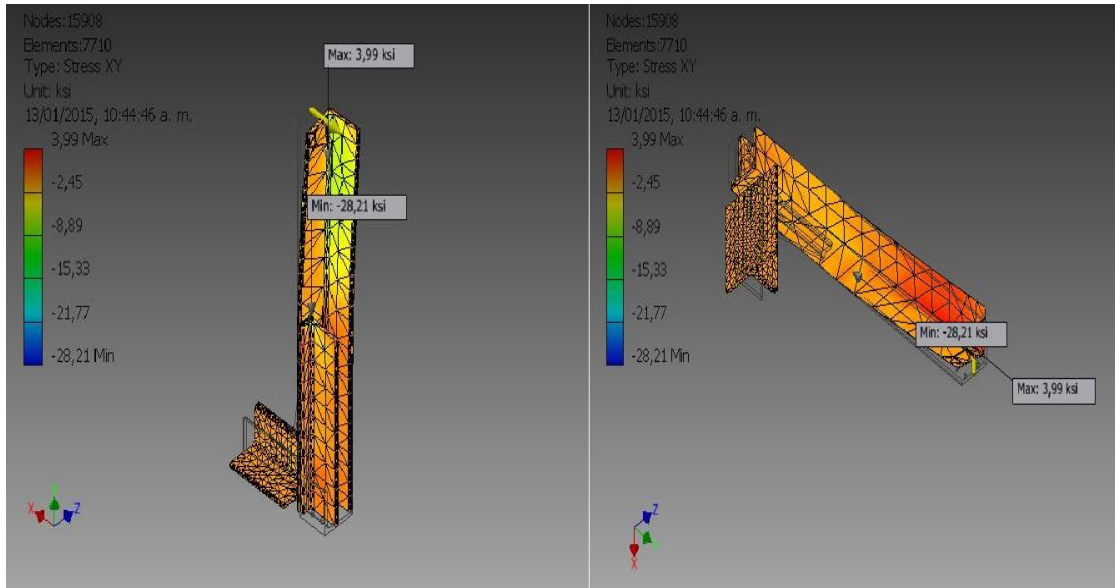
FIGURA 27. Stress XX



Fuente de Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

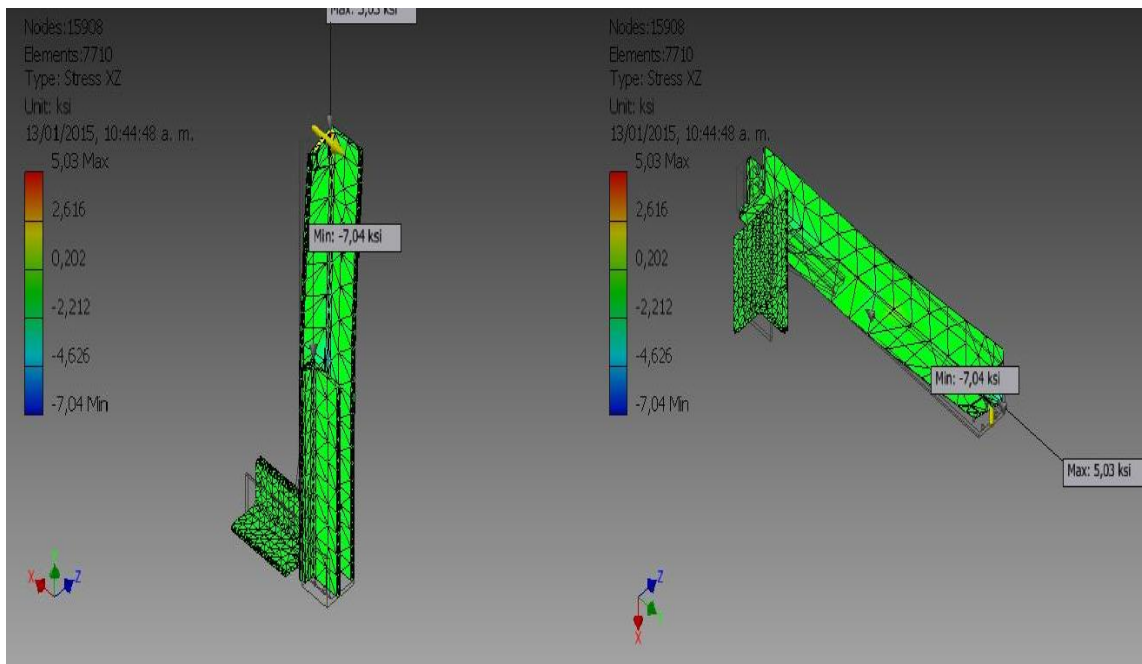


FIGURA 28. Stress XY



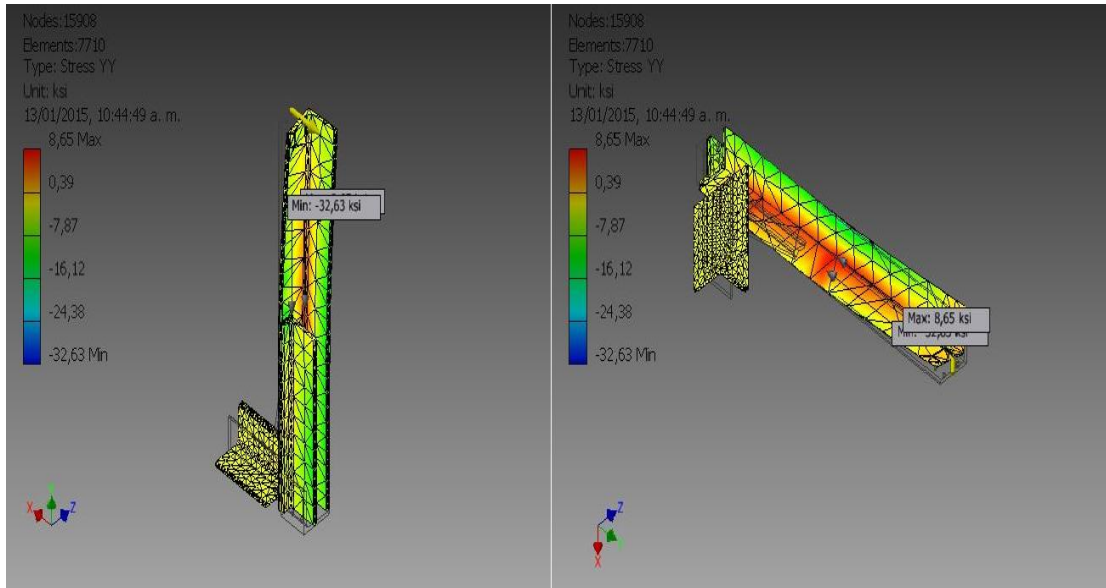
Fuente Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 29. Stress XZ.



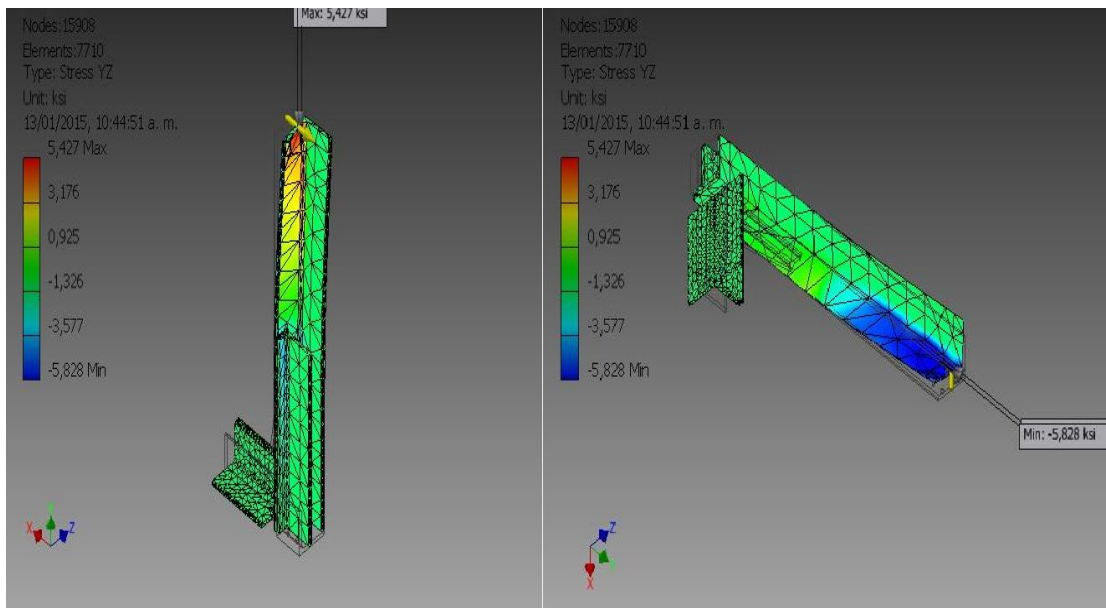
Fuente Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 30. Stress YY



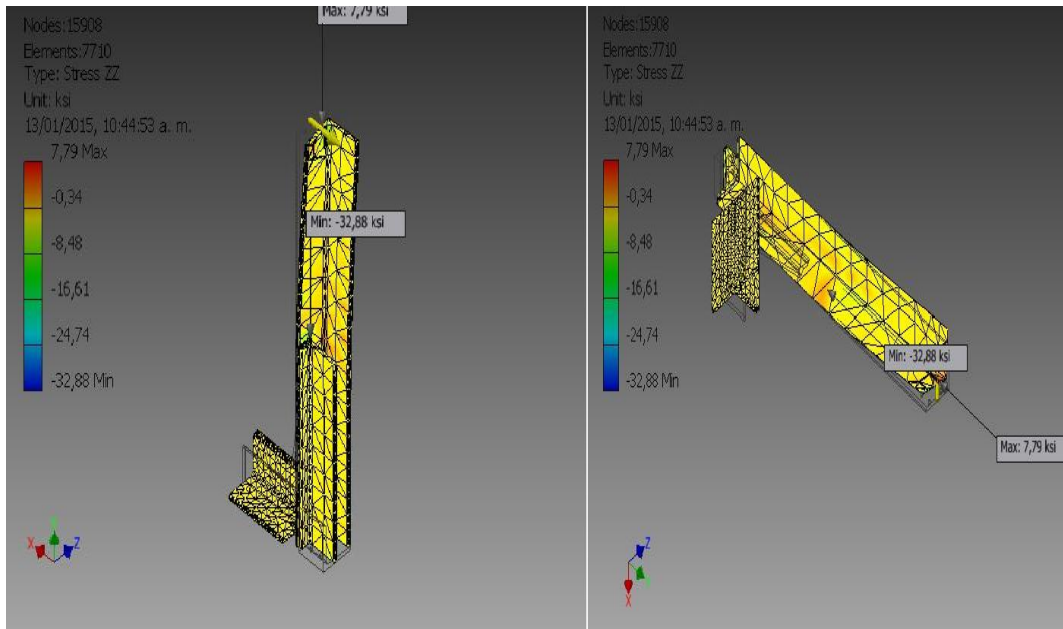
Fuente Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 31. Stress YZ



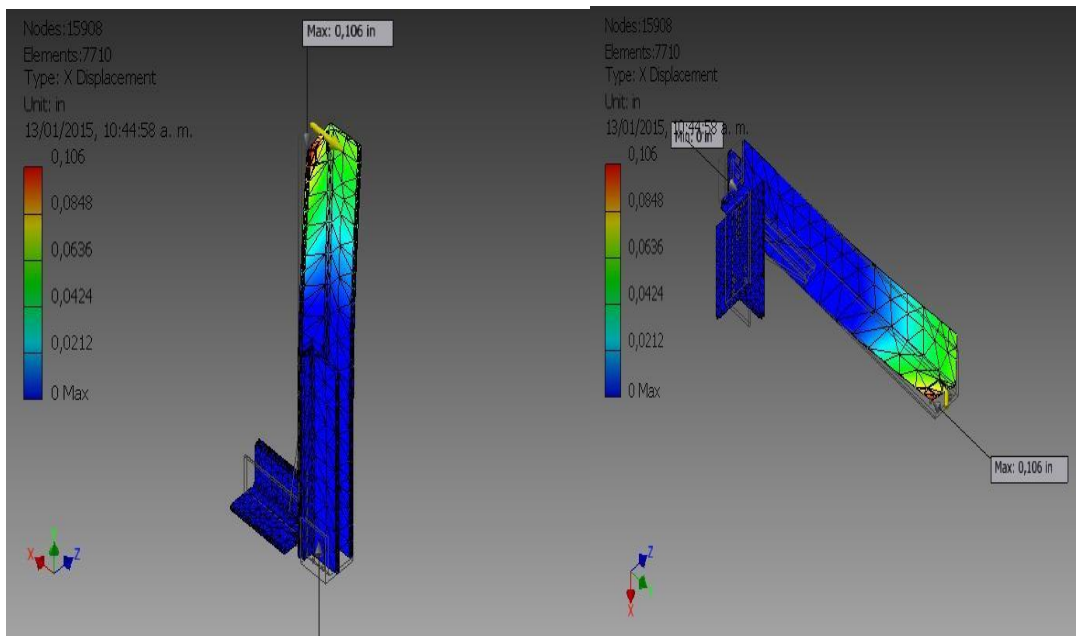
Tomado de Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 32. Stress ZZ



Tomado de Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

FIGURA 33. Desplazamiento en X.



Tomado de Análisis FEA - Soporte - Solo Perfiles.

Tabla 11. Lista de piezas.

Elemento	Cantidad	# de pieza	Descripción
1	1	AISC - L4 X 4 X 1/2" - 93 cm	sección angular de acero parte inferior de soporte
2	1	AISC - L4 X 4 X 1/2" - 20 cm	Sección angular de acero parte inferior de soporte. Sección de anclaje de soporte parte frontal.
3	2	AISC - L4 X 4 X 1/2" - 40 cm	Pie de amigo perfil principal y base parte frontal.
4	1	AISC - L4 X 4 X 1/2" - 3 5/8"	Sección angular de acero, Perfil principal

### 8.3 MES 2, SEMANA 3, 4.

#### 8.3.1 Proceso de manufactura de soporte estructural.

Se inicia con elección de perfil, La resistencia de un material es su capacidad para resistir la acción de fuerzas aplicadas y no se puede medir con un solo número ya que la actitud de un material para resistir las cargas depende de la naturaleza de las cargas y de los tipos de esfuerzos inducidos entre otras cosas. El origen de la falla ocurre cuando un tipo particular de esfuerzo alcanza el nivel de una resistencia correspondiente al material. Sin embargo hay un límite, llamado límite elástico, que al ser superado puede dejar fuera de servicio el material. Por lo tanto se puede tomar este parámetro como un criterio de suficiente importancia para determinar tanto el material de la pieza que se estudia, como su geometría. En cambio para este estudio se tomará como referencia la resistencia a fluencia del material, ya que es un parámetro que no se diferencia en gran medida del límite elástico y es más fácil de determinar experimentalmente.

El material utilizado será acero estructural soldable, perfil estructural de alas iguales de 4" x 4" x 3/8 in x 600 cm.

Se realiza análisis de aprovechamiento de material para identificar cortes y desperdicios, al final de los cortes del perfil el desperdicio debe ser inferior al 10%.

Tabla 12. Especificaciones en Cortes de Perfil Estructural.

(unidades en centímetros)														
93	30	30	20	10	93	30	30	20	10	93	30	30	20	10
549														
Porcentaje de uso lineal del perfil 91,5%, porcentaje de desperdicio 8,5% (21 cm disponibles para perdida por cortes y desperdicio)														

#### 8.4 ESPECIFICACIONES ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 36

FIGURA 34. Propiedades mecánicas acero A36

<b>Resistencia a la tracción:</b>	<b>58,000 - 80,000 psi [400-550 MPa]</b>
<b>Min. Punto de fluencia:</b>	36,000 psi [250 MPa]
<b>Elongación en 8":</b>	20% min
<b>Elongación en 2":</b>	23% min

Fuente, pagina web, <http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a36>

FIGURA 35. Composición química acero A36

	Hasta 3/4 in.	Sobre 3/4 in. hasta 1-1/2 in.	Sobre 1-1/2 in. hasta 2-1/2 in.	Sobre 2-1/2 hasta 4 in.	Sobre 4 in.
Carbono	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganeso	--	.80/1.20	.85/1.20	.85/1.20	.85/1.20
Fósforo	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio	.40 max	.40 max	.15/.40	.15/.40	.15/.40
Cobre min % cuando se especifica de acero de cobre	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

\* Nota: Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo especificado de carbono, un aumento del 0,06% de manganeso por encima de la cantidad máxima prevista será permitido, hasta el máximo de 1,35%.

Fuente, pagina web, <http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a36>

## 8.5 MANUFACTURA - CORTE

Se trata de la modificación de la forma del material, para este caso se utilizó aserrado por desprendimiento de viruta empleando hoja triscada con una serie de dientes en el borde, aserrado manual con marco y hoja de segueta, las especificaciones de la segueta son: Tipo Dientes, Material Bimetálica, Longitud (Pulg.) 12, Grosor (Pulg.) 0.023, Dientes por Pulgada 24, Ancho (Pulg.) 1/2". El marco de segueta permite tensión de la hoja de hasta 50.000 PSI los que da como resultado cortes más rápidos y rectos. Se realiza cortes de perfil estructural de acuerdo a plano.

FIGURA 36.

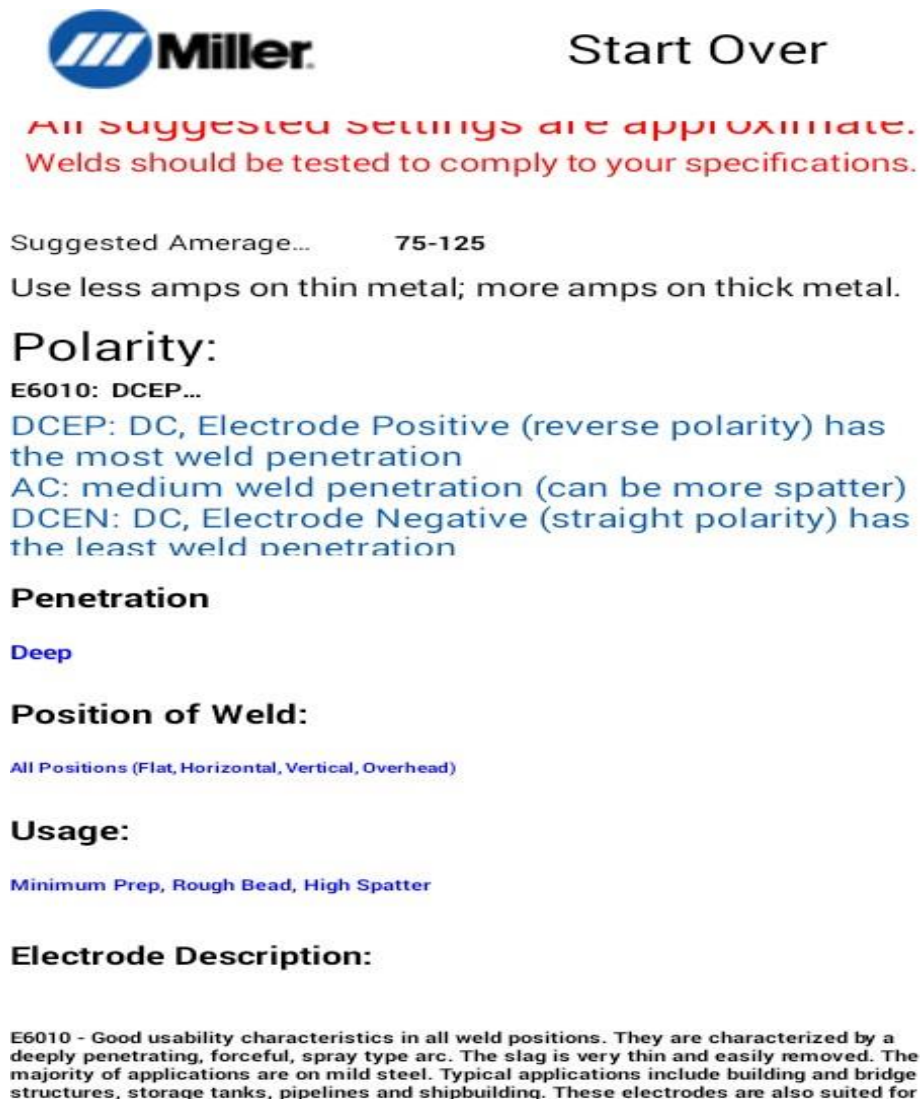


Fuente, Corte de perfil con segueta manual, aserrado manual. Registro fotográfico autor William Ortega Lubo.

## 8.6 PROCESO DE SOLDADURA

Para la union de las diferentes partes logrado a traves de un proceso de fusión, en el cual las piezas son soldadas entre si derritiendo ambas y agregando material derretido para conseguir punto de soldadura que al enfriarse forma una fusión fuerte. Para el calculo de la soldadura y las especificaciones se utiliza las TICS aplicación de MILLER Welding Calculator.

FIGURA 37.



**Miller** Start Over

All suggested settings are approximate.  
Welds should be tested to comply to your specifications.

Suggested Amperage... **75-125**

Use less amps on thin metal; more amps on thick metal.

**Polarity:**  
E6010: DCEP...  
DCEP: DC, Electrode Positive (reverse polarity) has the most weld penetration  
AC: medium weld penetration (can be more spatter)  
DCEN: DC, Electrode Negative (straight polarity) has the least weld penetration

**Penetration**  
Deep

**Position of Weld:**  
All Positions (Flat, Horizontal, Vertical, Overhead)

**Usage:**  
Minimum Prep, Rough Bead, High Spatter

**Electrode Description:**  
E6010 - Good usability characteristics in all weld positions. They are characterized by a deeply penetrating, forceful, spray type arc. The slag is very thin and easily removed. The majority of applications are on mild steel. Typical applications include building and bridge structures, storage tanks, pipelines and shipbuilding. These electrodes are also suited for

*Fuente, Calculo de soldadura, Aplicación de Smart Phone para definicion de tipo de electrodo, amperaje, polaridad, penetración, posicion de soldadura, uso y*

*descripción del electrodo a utilizar, desarrollado por MILLER INC, MillerWelds WeldSettings, version 2,1.*

Se utilizara electrodo revestivo E6010 de 1/8" 3.2 mm. para acero estructural ASTM A 36 los ajustes a realizar en el equipo de soldadura son:

Amperaje de 75 – 125

Polaridad: E6010 DCEP

DCEP: DC, electrodo positivo (opcion a polaridad invertida con mayor penetración)

AC: Penetración mediana de la soldadura ( puede ser mas salpicada)

DCEN: DC: Electrodo negativo (polaridad directa) tiene la menor penetración de la soldadura.

Ajustes finales, 110 Amperios, penetración mediana con corriente alterna,

FIGURA 38



*Fuente, registro fotográfico aplicación de soldadura sobre estructura metálica, autor William Ortega Lubo.*



FIGURA 39



*Fuente, registro fotográfico aplicación de soldadura sobre estructura metálica, autor William Ortega Lubo.*

## 8.7 OPERACIÓN DE TALADRO

“De todos los procesos de maquinado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso, el taladrado es un proceso de maquinado por el cual se produce agujeros para acoplar o anclar estructura en patín”. ERASO. Guerrero, Omar. Proceso de Manufactura en Ingeniería Industrial (Modulo de Estudio). UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. 2008

FIGURA 40



*Fuente, registro fotográfico definición de los agujeros, dimensiones y medidas finales. Autor William Ortega Lubo.*

FIGURA 41



*Fuente, registro fotográfico realización de agujeros con ayuda de taladro de árbol.  
Autor William Ortega Lubo.*

FIGURA 42



*Fuente, registro de Estructura finalizada. Retoque de anticorrosivo gris. Autor  
William Ortega Lubo*

## 8.8 MES 3, SEMANA 1.

Evaluación de estado de embrague, para determinar en qué punto de desgaste se efectúa la implementación.

Datos del equipo: embrague Twin Disc Bi-disco seco, modelo SP218.

Edad del equipo: 7 años.

Datos de última reparación: enero de 2016, cambio de rodamiento piloto, collarín (desgaste prematuro), cambio de prensa (desgaste prematuro).

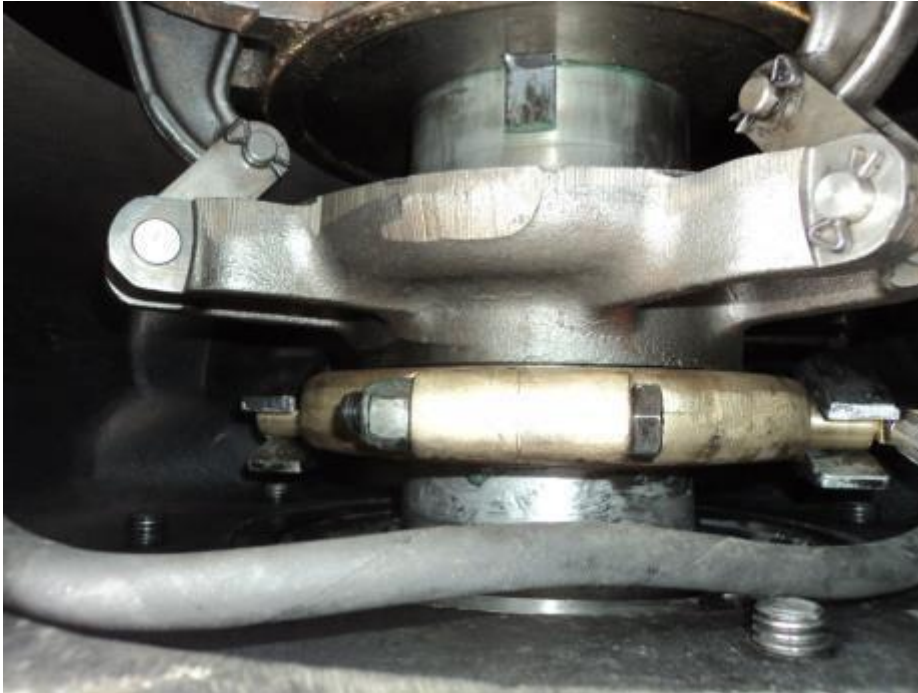
Se realiza desmontaje de embrague para determinar estado antes de la implementación del soporte. Se detecta desgaste avanzado prematuro de prensa y collarín,

FIGURA 43



Fuente, Registro de afectación puntual en el embrague en el conjunto collarín – prensa, y se comprueba una de las hipótesis acerca de la causa principal, enfocada en sobre tensión del brazo neumático sobre el embrague en posición de embragado. Autor William Ortega Lubo.

FIGURA 44.



Fuente, registro de Montaje de conjunto embrague nuevo, autor William Ortega Lubo.

Los procedimientos y ajustes se realizan de acuerdo con manual de fabricante embrague modelo SP218, según módulo de mantenimiento industrial UNAD, se define toda actividad debe seguir las instrucciones del fabricante del equipo y/o instrucciones genéricas basadas en la experiencia, siendo válidas cualquiera de las dos o complementarias entre sí.

## 8.9 MES 3, SEMANA 2.

### 8.9.1 Instalación de soporte y lubricador automático.

Se realiza instalación de soporte sin modificaciones importantes del equipo, es decir, que los puntos de anclaje del montaje anterior aplican correctamente para la estructura nueva.

La alimentación de aire neumático del cilindro, solo se cambia de dirección, la altura casa sin problemas.

Se realiza pruebas en vacío de embragado y des embragado, para determinar la posición correcta del brazo a la nueva altura y Angulo.

El lubricador automático cuenta con un cartucho de grasa 635, sintética

FIGURA 45. Propiedades físicas típicas grasa 635.

<b>Propiedades físicas típicas</b>	<b>635 SXC</b>
Aspecto	Celeste/Verde
Consistencia, NLGI (DIN 51 818)	2
Penetración (ASTM D 217, DIN ISO 2137)	265- 295
Textura	Suave, mantecosa
Gravedad específica, 25°C	0,95-1,05
Base de aceite	PAO sintético
Espesador	Complejo de sulfonato registrado, protegido con patentes
Aditivos de lubricación	Aditivos para presión extrema y antidesgaste que no contienen metales pesados, aditivos que impiden el desgaste por rozamiento, aditivos antiherrumbre y anticorrosión que reaccionan en la superficie, inhibidores de la oxidación
Intervalo de temperaturas de servicio a temperaturas mayores de 180°C, se requiere una mayor frecuencia de relubricación	-40°C (-40°F) a 240°C (464°F)
Punto de goteo (ASTM D 2265, DIN 51 801/1)	318°C (604°F)
% de cambio de estabilidad trabajada (ASTM D 217)	
10.000 carreras	-1,0
100.000 carreras	-4,5
Separación de aceite, % de pérdida (ASTM D 1742)	insignificante

*Fuente, ficha técnica de grasa sintética 635, documento físico de entrega con producto, autor Chesterton INC. U.S.A.*

La grasa contenida en un cartucho instalada en un lubricador automático, las características del equipo son:

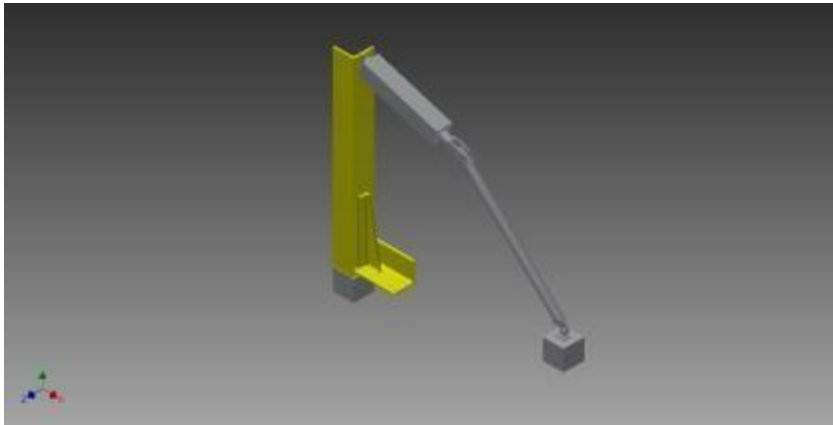
Distribución automática de lubricante de acuerdo con programación y necesidad del equipo, para el embrague la rutina en el collarín – prensa indica aplicación de 4 gramos cada 10 horas de operación, lo que dificulta la aplicación manual; el dispositivo automático inyecta la grasa necesaria de forma confiable, instalación en Fitting de engrase parte exterior del embrague carcasa.

FIGURA 46



*Fuente, registro de Lubricador automático, instalado en unidad de embrague, Autor William Ortega Lugo.*

FIGURA 47



*Fuente, simulación del nuevo montaje, donde el cilindro neumático luego de embragar el sistema y quedar sin presión neumática no genera carga al sistema de embrague. (Software de computador).*

FIGURA 48



*Fuente, registro de Sistema embragado y brazo liberado; muestra el montaje real, sobre patín ubicando de forma calculada el brazo neumático sobre el embrague. Autor William Ortega Lubo.*

#### 8.10 MES 3 SEMANA 3 – 4

Pruebas funcionales, documentación de resultados y seguimiento durante una semana.

Con el cambio de estructura y modificación del diseño se esperaba que la operación inicial del equipo durante proceso de embragado, cambiara; sin embargo, las modificaciones a pesar de ser evidentes no representan ninguna afectación a la operación, por el contrario trae consigo beneficios, como los siguientes detectados durante las pruebas y semana siguiente a la instalación:

Menor esfuerzo del brazo neumático.

Liberación inmediata del peso del cilindro sobre el conjunto collarín – prensa.

Se estima la reducción de paradas para reparaciones no programadas (correctivas) del sistema de embrague.

Mayor confiabilidad del equipo, traducido a aumento de la disponibilidad.

Las temperaturas y vibraciones se encuentran en normalidad, Las medidas de vibración registradas en el embrague presentan en media frecuencia amplitudes en frecuencias discretas cercanas a 0,29 in/s Pk en el primer y segundo armónico de la velocidad de giro inducido desde el acople (omega). En alta frecuencia no se observa alta energía asociada a componentes internos por lo que se puede decir que la condición es aceptable, herramienta utilizada acelerómetro para medición de vibraciones localizadas marca SKF.

FIGURA 49



Figura 53, Registro de Toma de datos de vibración localizada sobre cojinete lado libre de embrague, actividad a cargo del operador del equipo y acompañada asistida por mantenimiento. Autor William Ortega Lubo.

#### 8.11 MES 3, SEMANA 4

Seguimiento de condición.

Se realizara seguimiento al montaje e implementación de soporte para mejora de ángulo de accionamiento, de forma semanal, sin embargo y como se mencionó en



los resultados de la semana 3, mes 3; no es relevante las modificaciones tanto como para no tener la necesidad de modificar procedimientos operativos o de mantenimiento.

## 9 CONCLUSIONES

El auto aprendizaje es una herramienta que permite interrelacionar y de forma autónoma permite complementar los conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera de tecnología industrial, un claro ejemplo es la utilización de programas básicos para realizar planos y simulaciones como lo es el INVENTRO 2013, si bien no se puede explotar todo su alcance por tratarse de un programa que requiere de conocimientos superiores, si permitió dibujar, diseñar y simular las condiciones actuales y futuras del proyecto, reemplazando el dibujo tecnico manual.

Fue necesario valerse de los conocimientos específicos de un profesional para sacar datos de ingeniería sobre elementos finitos y análisis geométrico, las ayudas mutuas permiten rebajar costos, sin embargo fue asertivo preparar un análisis completo de la estructura, para garantizar la efectividad de la implementación.

El proceso de manufactura del soporte permitió nuevamente interrelacionar los conocimientos prácticos previos con la teoría adquirida durante el estudio de la materia que lleva el mismo nombre, a pesar de ser procesos muy sencillos y comunes, el cortar, pulir, soldar y perforar, queda demostrado que la implementación correcta ayuda a mejorar procesos y condiciones.

El seguimiento desde la implementación fue satisfactorio y el no tener que realizar modificaciones o adaptaciones adicionales permite evaluar de forma sobresaliente el proyecto, inicialmente no cuantificable pero a mediano y largo plazo los ahorros de parada de equipo y gastos de mantenimiento resultaran en ganancias significativas la oportunidad de evidenciar la implementación de mejoras en otros equipos y procesos.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

<http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com>

[http://www.imac.unavarra.es/web\\_imac/pages/docencia/asignaturas/maquinas-iti/Trabajos/Embraques.pdf](http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/maquinas-iti/Trabajos/Embraques.pdf)

ACEVEDO. Suarez, Jose A. . (1995). *Materiales para el curso de Logística*. Barquismeto, VENEZUELA: Curso de postgrado impartido en UNEXPO.

COTES, Cotes Jose Enrique. (2010). *207102- Diseño Industrial y de Servicio (Modulo de Estudio)*. Valledupar, Cesar- Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA.

<http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332571/332571.pdf>

ERASO. Guerrero, Omar. *Proceso de Manufactura en Ingenieria Industrial (Modulo de Estudio)*\_ UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. 2008

PÉREZ, Coy, María Cecilia. *Mantenimiento Industrial. (Modulo de Estudio)*. Bogotá. UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. 2009.

## 11 LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1	9
FIGURA 2	10
FIGURA 3	16
FIGURA 4, representación de conjunto prensa – collarín indicando parte de mayor carga y posición de montaje.	17
FIGURA 5.	17
FIGURA 6	18
FIGURA 7	18
FIGURA 8	19
FIGURA 9	23
FIGURA 10	24
FIGURA 11	24
FIGURA 12	26
FIGURA 13	26
FIGURA 14	27
FIGURA 15	27
FIGURA 16	28
FIGURA 17	28
FIGURA 18	29
FIGURA 19	31
FIGURA 20	34
FIGURA 21	34
FIGURA 22. Von Mises Stress.	38
FIGURA 23. 1st Principal Stress	38
FIGURA 24. 3rd Principal Stress	39
FIGURA 25. <i>Desplazamiento.</i>	39

FIGURA 26. Factor de Seguridad	40
FIGURA 27. <i>Stress XX</i>	40
FIGURA 28. <i>Stress XY</i>	41
FIGURA 29. <i>Stress XZ.</i>	41
FIGURA 30. <i>Stress YY</i>	42
FIGURA 31. <i>Stress YZ</i>	42
FIGURA 32. <i>Stress ZZ</i>	43
FIGURA 33. Desplazamiento en X.	43
FIGURA 34. Propiedades mecánicas acero A36	45
FIGURA 35. Composición química acero A36	46
FIGURA 36.	46
FIGURA 37.	47
FIGURA 38	48
FIGURA 39	49
FIGURA 40	49
FIGURA 41	50
FIGURA 42	50
FIGURA 43	51
FIGURA 44.	52
FIGURA 45. Propiedades físicas típicas grasa 635.	53
FIGURA 46	54
FIGURA 47	54
FIGURA 48	55
FIGURA 49	56

## 12 LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1, historial de Mantenimientos Embragues, Preventivos - correctivos	10
Tabla 2. Cronograma de Actividades para desarrollo del proyecto.	22
Tabla 3 Fuerza ejercida sobre el soporte	31
Tabla 4. Objetivo general y ajustes.	32
Tabla 5. Ajuste de Malla.	32
Tabla 6. Material.	32
Tabla 7. Condiciones de Operación fuerza ejercida	33
Tabla 8. Contacto garantizado.	35
Tabla 9. Fuerza de reacción y momento en las restricciones	36
Tabla 10. Resumen del Resultado.	36
Tabla 11. Lista de piezas.	44
Tabla 12. Especificaciones en Cortes de Perfil Estructural.	45

## LISTA DE ANEXOS

1. Análisis FEA., Soporte – solo perfiles, autor Sebastian Velasquez.
2. Explosionado de ensamble general, plano realizado en software de computador, autor William Narciso Ortega Lubo.