

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

Evaluación de los beneficios de la sustitución del motor de eficiencia estándar de 250hp de la bomba oleohidráulica de la prensa extrusora #3 de EMMA Y CIA por uno de alta eficiencia.

Luis Alberto Acevedo Ortega

Gustavo Adolfo Hernández Tejada

Jonnathan Alexander Duque Betancur

Ingeniería electromecánica

Director del trabajo de grado:

Juan Gonzalo Ardila Marín

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2015

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue evaluar los beneficios obtenidos al aplicar la metodología de la eficiencia ajustada para la sustitución de un motor eléctrico de rendimiento estándar por uno de alta eficiencia en la bomba oleohidráulica de la prensa extrusora #3 de EMMA Y CIA. La metodología aplicada consistió en seleccionar un motor de alto rendimiento utilizando la metodología ya mencionada, luego se procedió a diseñar y seleccionar los elementos electromecánicos requeridos para la implementación del motor de alta eficiencia, posteriormente se realizó la implementación y ejecución del montaje del motor de alto rendimiento, para finalizar con la valoración del funcionamiento de la bomba oleohidráulica después de la implementación del motor que cumplió con las necesidades establecidas. Al final se logró identificar con gran exactitud, las variables y condiciones que afectan y/o mejoran el desempeño energético de la máquina, y se verificaron los beneficios monetarios.

Palabras claves: Uso racional de la energía, Método de eficiencia ajustada, Motor eléctrico, Eficiencia, Cargabilidad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

RECONOCIMIENTOS

Primero que todo queremos agradecer a nuestras familias quienes han sido parte fundamental durante todo este proceso de formación, y que nos han brindado su incontable apoyo en nuestras dificultades y éxitos, en nuestro camino a ser humanos aportantes para nuestra sociedad.

Agradecimientos especiales a toda la comunidad **ITM**: docentes, decanos y administradores, que han contribuido a forjar en nosotros, profesionales íntegros con conocimientos y valores, para aportar al crecimiento y desarrollo de nuestra sociedad.

También queremos reconocer el trabajo del docente y amigo **Juan Gonzalo Ardila Marín**, y darle nuestros agradecimientos especiales, por su incondicional apoyo durante el desarrollo y ejecución de este proyecto, ya que gracias a su trabajo pudimos culminar con gran éxito y profesionalismo este proceso.

También queremos dar gracias a la compañía **EMMA y CIA** y a sus ingenieros: **Giovanni Alberto Hernández** (jefe departamento de mantenimiento), **Juan Fernando Ortiz** (coordinador de mantenimiento), **Sergio Andrés Gonzales** (jefe departamento de proyectos), y **Cristian Sánchez** (asistente departamento de proyectos), quienes nos permitieron desarrollar este trabajo y nos brindaron todo su apoyo y todos los elementos físicos para desarrollar este proyecto.

También queremos dar las gracias a Joaquín Emilio Gomez por los diseños y planos requeridos en el proyecto, y a todo el excelente grupo de técnicos del área de mantenimiento de la compañía EMMA Y CIA: mecánicos, eléctricos, instrumentistas, dibujantes, diseñador, y contratistas que colaboraron en este trabajo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
2.	MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.	Diseño eléctrico.....	9
2.1.1.	El motor en el proceso de extrusión.....	9
2.1.2.	Cargabilidad en motores eléctricos.....	10
2.1.3.	Norma NEMA.....	11
2.1.4.	Motor de diseño NEMA B.....	12
2.1.5.	Eficiencia de los motores eléctricos.....	12
2.1.6.	Naturaleza de las pérdidas en los motores eléctricos.....	12
2.1.6.1.	Pérdidas en los conductores.....	13
2.1.6.2.	Pérdidas en los conductores del estator.....	13
2.1.6.3.	Pérdidas en los conductores del rotor.....	13
2.1.6.4.	Pérdidas por Histéresis.....	13
2.1.6.5.	Pérdidas por corrientes de Eddy.....	13
2.1.6.6.	Pérdidas por fricción y ventilación.....	14
2.1.7.	Distribución de las pérdidas en motores NEMA B.....	14
2.2.	Diseño mecánico.....	14
2.2.1.	Amortiguadores:.....	15
2.2.1.1.	Datos requeridos para la selección del amortiguador:.....	15
2.2.1.2.	Cómo escoger el amortiguador antivibrante:.....	15
2.2.2.	Acoples.....	15
2.2.2.1.	Acoples rígidos:.....	16
2.2.2.2.	Acoples flexibles:.....	17
2.2.2.3.	Acoples tipo engranaje:.....	17
2.2.2.4.	Sistema de acoplamiento tipo Falk:.....	17
2.2.2.5.	Cómo escoger el sistema de acoplamiento:.....	17

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

3.	METODOLOGÍA	20
3.1.	Diseño Conceptual.....	20
3.1.1.	Descripción de la metodología	20
3.1.2.	Toma de datos del motor de eficiencia estándar	22
3.1.3.	Estudio de cargabilidad.....	22
3.2.	Diseño mecánico:	24
3.2.1.	Presentación del diseño.....	24
3.2.2.	Descripción de los componentes.....	24
3.2.3.	Análisis de cargas estáticas en software SOLID WORKS®	27
3.2.3.1.	Selección de la pieza	27
3.2.3.2.	Selección del tipo de análisis	27
3.2.3.3.	Selección del material.....	28
3.2.3.4.	Selección de zonas de carga	28
3.2.3.5.	Restricciones	29
3.2.3.6.	Distribución de cargas.....	30
3.2.3.7.	Selección del enmallado	31
3.2.3.8.	Ejecución del análisis	32
3.2.3.9.	Resultados del análisis	33
3.3.	Fabricación	34
3.3.1.	Perforaciones.....	34
3.3.2.	Rectificado	35
3.3.3.	Pre-Ensamble.....	36
3.4.	Sustitución	37
3.4.1.	Desmonte del motor de eficiencia estándar	37
3.4.2.	Obra civil	38
3.4.3.	Instalación.....	38
3.5.	Puesta en marcha	39
3.6.	Validación Y Análisis De Costos	40
3.6.1.	Medición de variables motor de alta eficiencia.....	40
3.6.2.	Análisis de costos.....	41

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1.	Diseño conceptual	42
4.1.1.	Toma de datos de placa del motor de eficiencia estándar.....	42
4.1.2.	Estudio de cargabilidad.....	43
4.1.2.1.	Corriente De Operación	43
4.1.2.2.	Distorsión Armónica (%)	43
4.1.2.3.	Consumo De Potencia (kW)	45
4.1.2.4.	Consumo De Potencia Reactiva (KVAR) Y Potencia Aparente (KVA)	45
4.1.2.5.	Consumo De Energía (kWh).....	46
4.1.2.6.	Factor De Potencia.....	47
4.1.3.	Selección Del Motor De Alta Eficiencia.....	47
4.2.	Resultado del Diseño Mecánico	49
4.2.1.	Simulación de la placa base del motor de alta eficiencia	49
4.2.1.1.	Tension de von mises.....	49
4.2.1.2.	Deformacion	50
4.2.2.	Amortiguadores	51
4.2.2.1.	Selección de los amortiguadores.....	51
4.2.2.2.	Cálculo de los amortiguadores	51
4.2.3.	Acople	54
4.3.	Resultado de la sustitución	54
4.3.1.	Puesta en Marcha	55
4.3.2.	Validación de la sustitución	55
4.3.2.1.	Volatje de operación.....	56
4.3.2.2.	Corriente de operación.....	57
4.3.3.	Consumo de potencia	57
4.3.4.	Potencia reactiva (KVAR) y aparente (KVA).....	58
4.3.5.	Factor de potencia	58
4.3.6.	Consumo de energia	60
4.4.	Análisis De Costos.....	60
4	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	63

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

5.1.	CONCLUSION GENERAL:	63
5.1.1.	Conclusiones complementarias.....	63
5.2.	RECOMENDACIONES	63
5.3.	TRABAJOS A FUTURO.	64
	REFERENCIAS	65

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto buscó evaluar los beneficios obtenidos al aplicar la metodología de la eficiencia ajustada para la sustitución de un motor eléctrico de eficiencia estándar por uno de alta eficiencia en la bomba oleohidráulica de la prensa extrusora Farrel #3 de la empresa metalmecánica EMMA Y CIA. Los motores eléctricos de alta eficiencia, son motores de diseño y construcción especial que presentan menos pérdidas de potencia que los motores eléctricos estándares, haciendo que el motor consuma menos energía para realizar el mismo trabajo que uno normal; estudios tecno-económicos muestran que los costos totales de un motor se distribuyen así: costo de compra 1%, costo de energía 95 %, costo de mantenimiento 3%, costos de ingeniería y logística 1%, mostrando el costo de compra como poco significativo respecto al costo total de operación, por eso al seleccionar motores eléctricos se debe considerar, además del costo inicial, el análisis económico de la operación (Campos Avella, 2008). Además, el sector industrial es uno de los mayores consumidores de energía en Colombia, presenta un alto potencial para el ahorro de energéticos tanto primarios como secundarios, así como para la mitigación de impactos ambientales asociado al consumo de combustibles fósiles (UPME, 2009). Razones por las cuales se decidió intervenir en la renovación de tecnología como una necesidad de la compañía para mejorar energéticamente todos sus procesos, y este motor en específico, por su alto consumo y bajo rendimiento energético, provocaba un alto costo de utilización.

Los objetivos que se cumplieron con el desarrollo de este proyecto llevaron a realizar la sustitución de un motor eléctrico de inducción de eficiencia estándar, por uno de alta eficiencia, justificando dicha propuesta, mediante la metodología de eficiencia ajustada a efecto de establecer con alto grado de precisión y exactitud los beneficios derivados de su

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

utilización. Se diseñó, y justificó el cambio del motor de eficiencia estándar por uno de alta eficiencia por medio del método de eficiencia ajustada. Se diseñaron todos los elementos electromecánicos requeridos para realizar la implementación del motor de alta eficiencia se realiza la implementación y ejecución del montaje del motor de alta eficiencia. Se realizaron chequeos para analizar los resultados, y verificar que el diseño si hubiera cumplido con las expectativas.

Este informe consta de cuatro capítulos en los cuales se brinda cohesivamente toda la información que se necesitó para la realización del presente proyecto, en el siguiente capítulo se presentan los conceptos que debe conocer el lector para entender el desarrollo del proyecto, luego se encuentra el capítulo de metodología donde se describe el procedimiento que se siguió para cumplir todos los objetivos propuestos, el siguiente capítulo muestra los resultados en la misma secuencia planteada en la metodología, y por último se presentan las conclusiones, recomendaciones y se propone el trabajo a futuro.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se encuentran los conceptos, términos, normas y metodologías técnicas y de diseño electromecánico requeridos para el desarrollo del proyecto. Se contextualiza el problema y las funciones del motor en la máquina y en el proceso de extrusión.

2.1. Diseño sistema eléctrico

2.1.1. El motor en el proceso de extrusión

El motor que tratamos en este proyecto es un motor de 250HP de eficiencia estándar, el cual se utiliza para transmitir potencia mecánica a una bomba hidráulica, de la extrusora Farrell #3 de la compañía, y en la cual se extruyen perfiles de aluminio en diversas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

referencias, esta máquina consta de dos bombas similares que impulsan aceite a los actuadores a 160GLM con una presión máxima de 3200psi; la máquina está constituida por unos periféricos (portamatriz, cargador, cizalla y container) que trabajan con una de las bombas, son accionados por la bomba ATV502, y por unos actuadores de presión de extrusión que son: RAM, cilindros laterales y SURGE, los cuales son comandados por el aceite que impulsa la bomba ATV501 (ver Figura 1), que es accionada por el motor de eficiencia estándar que fue objeto de estudio e intervención en este proyecto; la importancia de este motor en el proceso es que al impulsar los actuadores principales para la extrusión del aluminio es de un alto uso y es el que garantiza las condiciones esperadas en las variables de producción tales como, velocidad de extrusión, presión de rompimiento, o, incluso, el tiempo muerto.



Figura 1: Motor de eficiencia estándar

2.1.2. Cargabilidad en motores eléctricos

Los motores son responsables de una gran parte de la factura eléctrica, por lo que en eficiencia energética merecen atención preferencial. Demasiado a menudo los motores están desalineados o sobredimensionados para la carga que tienen previsto servir, o han sido rebobinados en múltiples ocasiones. Muchas veces se plantea la necesidad de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

sustituir motores como forma de ahorrar energía pero no se tienen claros los costos de operación y el ahorro real que se conseguirá aplicando esta medida. Para averiguarlo es necesario determinar el tiempo de operación, los valores de mejora de la eficiencia, y la carga. La carga parcial es un término usado para describir la carga actual servida por el motor en comparación con su capacidad nominal, las razones para determinar la carga de un motor se basan en el hecho de que los motores eléctricos están diseñados para funcionar a un 50 - 100 % de su carga nominal, su eficiencia máxima está usualmente cerca del 75 % y tiende a decrecer dramáticamente por debajo de un 50 % de la carga, por otro lado, los motores sobrecargados pueden sobrecalentarse y perder eficiencia; y aunque muchos motores tienen factores de servicio de 1.15, hacer funcionar al motor continuamente por encima de su capacidad nominal reduce su vida útil y su eficiencia, además nunca debe operarse un motor sobrecargado cuando el voltaje está por debajo del nominal o cuando la refrigeración está funcionando incorrectamente por altitud, temperatura ambiental alta, o superficies del motor sucias; pero se debe tener en cuenta que a veces los motores están sobredimensionados porque deben acomodarse a condiciones pico, pero pueden adaptarse a cargas variables incluyendo motores de dos velocidades, variadores de velocidad ajustable y estrategias de gestión de cargas para mantenerlas dentro de rangos aceptables (Todoproductividad, 2011)

2.1.3. Norma NEMA

La Asociación Nacional de Manufactureros Eléctricos (NEMA) se ha encargado de definir los dos grupos de motores: el estándar y el de alta eficiencia, en la Norma NEMA MG1-2006: Motores y Generadores. En Estados Unidos de Norteamérica elaboraron el Decreto de la Política Energética (*Energy Policy Act – EAct*) en 1992. A mediados del 2001, se establecieron las normas de eficiencia NEMA Premium® para los motores tipo ODP (Abierto a Prueba de Goteo) y TEFC (Cerrado Totalmente Enfriado por Ventilador) de 1 a 500HP de 2, 4 y 6 polos en baja y media tensión (Mendoza Centeno, 2013).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

2.1.3.1. Motor de diseño NEMA B

Dado que según la norma, el motor que reemplazará el existente corresponde a la clasificación NEMA B, será descrita en esta sección. Son motores con rotor tipo jaula de ardilla diseñados con características de torque y corriente de arranque normales, así como un bajo deslizamiento de carga, aproximadamente 4% como máximo. En general es el motor típico dentro del rango de 1 a 125HP. El deslizamiento a plena carga es de aproximadamente 3%. Este tipo de motor proporcionará un arranque y una aceleración suave para la mayoría de las cargas y también puede resistir temporalmente picos elevados de carga sin detenerse (Novoa, 2000).

2.1.4. Eficiencia de los motores eléctricos

Puede decirse que la eficiencia de un motor eléctrico es la medida de la capacidad que tiene el motor de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. La potencia eléctrica correspondiente medida en kW entra por los terminales del motor y la potencia mecánica medida en kW o HP que sale por el eje. La eficiencia (EF) del motor puede expresarse como (Quispe O. & Mantilla P., 2002):

$$EF\% = \left(\frac{\text{Potencia mecánica de salida}}{\text{Potencia eléctrica de entrada}} \right) \times 100\%$$

Donde:

$$\text{Potencia mecánica de salida} = \text{potencia eléctrica de entrada} - \text{pérdidas}$$

Por lo tanto se tiene que:

$$EF\% = \left(1 - \frac{\text{Perdidas}}{\text{potencia eléctrica de entrada}} \right) \times 100\%$$

2.1.5. Naturaleza de las pérdidas en los motores eléctricos

Se entiende por pérdidas la potencia eléctrica que se transforma y disipa en forma de calor en el proceso de conversión de la energía eléctrica en mecánica que ocurre en el motor. Se pueden clasificar en 5 áreas: pérdidas en el cobre del estator, pérdidas en el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

cobre del rotor, pérdidas en el núcleo, pérdidas por fricción y ventilación y pérdidas adicionales. A continuación se presentan las definiciones dadas por Enrique Quispe y Luis Mantilla en su artículo Motores Eléctricos de Alta Eficiencia (Quispe O. & Mantilla P., 2002):

2.1.5.1. Pérdidas en los conductores.

Las pérdidas en los conductores se dividen en dos zonas: bobinas del estator y en los bobinados del rotor. Estas pérdidas dependen del cuadrado de la corriente.

2.1.5.2. Pérdidas en los conductores del estator.

Estas pérdidas son una función de la corriente que fluye en el devanado del estator y la resistencia de ese devanado. Son mínimas en vacío y se incrementan al aumentar la carga.

2.1.5.3. Pérdidas en los conductores del rotor.

Son directamente proporcionales a la resistencia del bobinado rotórico, dependen del cuadrado de la corriente que circula en el bobinado rotórico (barras y anillos) y dependen del flujo magnético que atraviesa el entrehierro. Son prácticamente cero en vacío y se incrementan con el cuadrado de la corriente en el rotor y también se incrementan con la temperatura.

2.1.5.4. Pérdidas por Histéresis.

Son causadas debido a la propiedad de remanencia que tienen los materiales magnéticos al ser excitados por un flujo magnético en una dirección.

2.1.5.5. Pérdidas por corrientes de Eddy.

Son causadas por las corrientes inducidas o corrientes de Eddy que circulan en las láminas magnéticas del núcleo estatórico las que son inducidas por el flujo magnético giratorio estatórico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

2.1.5.6. Pérdidas por fricción y ventilación.

Las pérdidas por fricción y ventilación son debidas a la fricción en los rodamientos y a las pérdidas por resistencia del aire al giro del ventilador y de otros elementos rotativos del motor.

2.1.5.7. Distribución de las pérdidas en motores NEMA B

Es importante para los diseñadores entender la forma en que se distribuyen las pérdidas con el objetivo de realizar cambios para aumentar la eficiencia del motor. En general la distribución de pérdidas promedio para los motores diseño NEMA B puede resumirse en la Tabla 1.

Tabla 1: Distribucion de pérdidas promedio en motores NEMA B (U.S. Department of Energy, 1997)

Efficiencies for 1200 rpm, Standard Efficiency Motors								
Motor Size	Load Level In Percent							
	ODP				TEFC			
	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
10	87.3	86.9	85.7	78.5	87.1	87.7	86.4	80.3
15	87.4	87.5	86.8	80.8	88.2	88.1	87.3	80.7
20	88.5	89.2	88.8	84.1	89.1	89.7	89.4	82.8
25	89.4	89.7	89.3	85.0	89.8	90.5	89.8	83.5
30	89.2	90.1	89.8	87.6	90.1	91.3	90.7	84.6
40	90.1	90.4	90.0	85.8	90.3	90.1	89.3	85.3
50	90.7	91.2	90.9	86.9	91.6	92.0	91.5	86.7
75	92.0	92.5	92.3	88.6	91.9	91.6	91.0	87.2
100	92.3	92.7	92.2	87.4	92.8	92.7	91.9	86.5
125	92.6	92.9	92.8	87.9	93.0	93.0	92.6	88.7
150	93.1	93.3	92.9	89.7	93.3	93.8	93.4	91.1
200	94.1	94.6	93.5	91.5	94.0	94.3	93.6	NA
250	93.5	94.4	94.0	91.9	94.6	94.5	94.0	NA
300	93.8	94.4	94.3	92.9	94.7	94.8	94.0	NA

2.2. Diseño sistema mecánico

En este capítulo se realizó el diseño de todos los componentes mecánicos que componen el proyecto como las bases en donde se apoyó el motor las cuales se diseñaron con la herramienta

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

solid Word, se seleccionan los elementos complementarios como los amortiguadores y el acople tal que no generen ineficiencias al sistema.

2.2.1. Amortiguadores:

En esta sección se presentan las pautas y los elementos que requerimos para realizar una buena selección de amortiguadores:

2.2.1.1. Datos requeridos para la selección del amortiguador:

La frecuencia de la vibración perturbadora producida por la máquina en servicio, por lo general, coincide con el número de revoluciones de la máquina ($\text{Hz}=\text{r.p.m.}/60$), la carga aplicada a cada amortiguador antivibrante (N), el grado de aislamiento requerido (%), el valor de deformación del amortiguador antivibrante correspondiente a una carga en particular (mm), y la rigidez (N/mm), que es la carga aplicada al amortiguador para producir una deformación de 1,0 mm (Elesa+Ganter, 2006).

2.2.1.2. Selección del amortiguador antivibrante:

Consultando el diagrama que ofrece el fabricante, y que se presenta en la Figura 2, para comprobar el grado de aislamiento, hay que buscar el punto de intersección entre el valor de la frecuencia perturbadora con el grado de aislamiento requerido (cada grado de aislamiento corresponde a una línea del diagrama) y definir la deformación (en mm), dividir la carga aplicada en el amortiguador antivibratorio entre el valor de deformación para obtener la rigidez requerida del amortiguador antivibratorio, comparar la rigidez obtenida con la rigidez que se muestra en la tabla ofrecida por el fabricante para una gama de amortiguadores y escoger el amortiguador antivibratorio que presente el valor más próximo (inferior) al calculado (Elesa+Ganter, 2006).

2.2.2. Acoples

Básicamente los acoples se clasifican en dos tipos, los rígidos y los flexibles, pero hay diferentes formas de acoplamiento.

2.2.2.1. Acoples rígidos:

Los acoples rígidos se diseñan para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Los acoples rígidos deben emplearse solo cuando la alineación de los dos ejes puede mantenerse con mucha precisión, no solo en elemento en que se instalan, sino también durante la operación de las máquinas. Si surge desalineación angular, radial o axial significativa, pueden ser inducidas sobre los ejes tensiones que son difíciles de predecir y pueden conducir a una falla temprana del eje debida a fatiga (Quilodrán Jopia, Pérez Moreno, & Lizana Marchant, 2011).

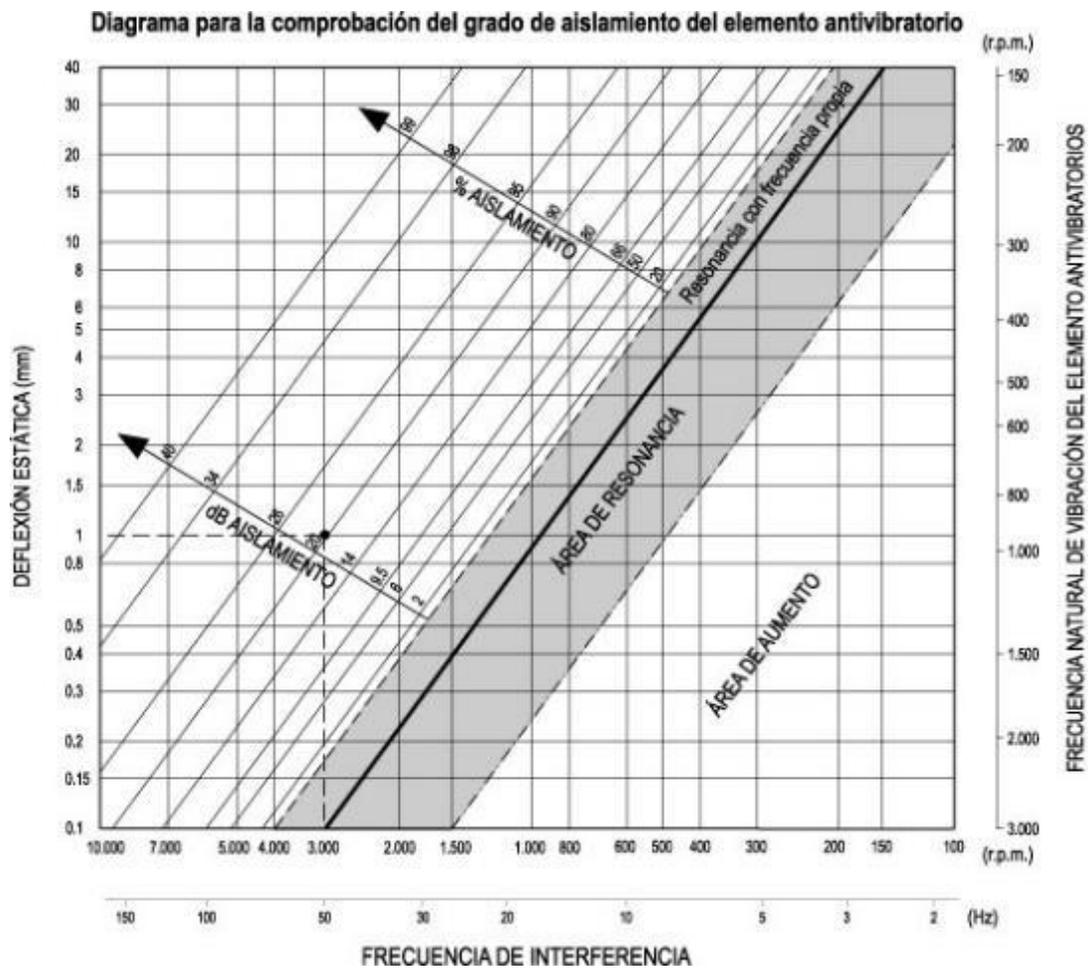


Figura 2: Diagrama para comprobación del grado de aislamiento (Elesa+Ganter, 2006).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

2.2.2.2. Acoples flexibles:

Los acoples flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular (Quilodrán Jopia, Pérez Moreno, & Lizana Marchant, 2011).

2.2.2.3. Acoples tipo engranaje:

Estos acoples constituyen el diseño más universal; pueden fabricarse casi para cualquier aplicación desde unos cuantos caballos de potencia hasta miles de ellos (desde menos de 1 rpm hasta más de 20000 rpm). Para una aplicación determinada un acoplamiento de engranaje suele ser más pequeño y más ligero que el de otro tipo. Estos acoples pueden utilizarse en máquinas con árboles acoplados cerrados o para grandes separaciones entre los árboles conectados. Por otra parte requieren lubricación periódica (cada seis meses) debido a que el lubricante es sometido a grandes fuerzas centrífugas, son rígidos respecto a la tracción (Quilodrán Jopia, Pérez Moreno, & Lizana Marchant, 2011).

2.2.2.4. Sistema de acoplamiento tipo Falk:

El acople Falk es un diseño lubricado que combina la capacidad de un acoplamiento de engranajes económica, pero a su vez nos garantiza un alto par con la flexibilidad torsional de un elastómero. Este acople nos da un amplio intervalo de usos ya que puede soportar cargas de par de 7.500.000 libras-pulgada y ejes hasta 20 pulgadas de diámetros. En el método de selección estándar que se puede utilizar para la mayoría de motores turbinas, o aplicaciones de motores impulsados, la información que se requiere para seleccionar un acoplamiento flexible es la siguiente: Caballos de fuerza o par de torsión ($\text{lb.in} = \text{HP} \times 63,000 / \text{rpm}$), Velocidad de giro en rpm, Aplicación o tipo de equipos que va a conectar (motor, bomba, engranaje de transporte, etc.), Diámetros de ejes, Limitaciones de espacio físico, y Tipo de ajuste (Quilodrán Jopia, Pérez Moreno, & Lizana Marchant, 2011).

2.2.2.5. Cómo escoger el sistema de acoplamiento:

Para la selección del acople que transmite la potencia del motor a la bomba hidráulica se opta por el acople tipo FALK, por sus propiedades y bajas pérdidas; la selección se realiza siguiendo las recomendaciones del catálogo del fabricante, teniendo en cuenta el torque nominal del motor en

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

Lb-in, se determina el factor de servicio de las opciones que se muestran en la Tabla 2 dependiendo de la aplicación en donde esté sometido el acoplamiento, se multiplica el torque por el factor de servicio, y en la Tabla 3 se selecciona el elemento tal que cumpla con las especificaciones de torque siempre por encima en caso de que no sea exacto el valor reportado (FALCK, 2004)

Tabla 2: Factor de servicio para la selección del acople (FALCK, 2004)

Alphabetical listing of applications	
Service Factor	Service Factor
AERATOR.....2.0	Hoist or Railway Service .....1.5
AGITATORS	Welder Load .....2.0
Vertical and Horizontal	HAMMERMILL.....1.75
Screw, Propeller, Paddle.....1.0	LAUNDRY WASHER OR
BARGE HAUL PULLER.....1.5	TUMBLER.....2.0
BLOWERS	LINE SHAFTS
Centrifugal.....1.0	Any Processing Machinery.....1.5
Lobe or Vane.....1.25	MACHINE TOOLS
CAR DUMPERS.....2.5	Auxiliary and Traverse Drive.....1.0
CAR PULLERS.....1.5	Bending Roll, Notching Press,
CLARIFIER OR CLASSIFIER.....1.0	Punch Press, Planer, Plate
COMPRESSORS	Reversing.....1.75
Centrifugal.....1.0	Main Drive.....1.5
Rotary, Lobe or Vane.....1.25	MAN LIFTS Not Approved
Rotary, Screw.....1.0	METAL FORMING MACHINES
Reciprocating	Continuous Castler.....1.75
Direct Connected.....Refer to Falk	Draw Bench Carriage and
Without Flywheel.....Refer to Falk	Main Drive.....2.0
*With Flywheel and Gear	Extruder.....2.0
between Compressor	Forming Machine and
and Prime Mover	Forming Mills.....2.0
1 cylinder, single acting.....3.0	Slitters.....1.0
1 cylinder, double acting.....3.0	Wire Drawing or Flattening.....1.75
2 cylinders, single acting.....3.0	Wire Winder.....1.5
2 cylinders, double acting.....3.0	Coilers and Uncoilers.....1.5
3 cylinders, single acting.....3.0	MIXERS (see Agitators)
3 cylinders, double acting.....2.0	Concrete.....1.75
4 or more cyl., single act.....1.75	Muller.....1.5
4 or more cyl., double act.....1.75	PRESS, PRINTING.....1.5
CONVEYORS	PUG MILL.....1.75
Apron, Assembly, Belt, Chain,	PULVERIZERS
Flight, Screw.....1.0	Hammermill and Hog.....1.75
Bucket.....1.25	Roller.....
Live Roll, Shaker and	1.5
Reciprocating.....3.0	PUMPS
CRANES AND HOIST	Boiler Feed.....1.5
Main Hoist.....1.75▲	Centrifugal —
Skip Hoist.....1.75▲	Constant Speed.....1.0
Slope.....1.5	Frequent Speed Changes
Bridge, Travel or Trolley.....1.75	under Load.....1.25
DYNAMOMETER.....1.0	Descaling, with accumulators.....1.25
ELEVATORS	Gear, Rotary, or Vane.....1.25
Bucket, Centrifugal Discharge.....1.25	Reciprocating, Plunger Piston
Freight or Passenger..... Not	1 cyl., single or double act.....3.0
Approved	2 cyl., single acting.....2.0
Gravity Discharge.....1.25	2 cyl., double acting.....1.75
ESCALATORS Not Approved	3 or more cylinders.....1.5
EXCITER, GENERATOR.....1.0	Screw Pump, Progressing Cavity.....1.25
EXTRUDER, PLASTIC.....1.5	Vacuum Pump.....1.25
FANS	SCREENS
Centrifugal.....1.0	Air Washing.....1.0
Cooling Tower.....2.0	Grizzly.....2.0
Forced Draft — Across the	Rotary Coal or Sand.....1.5
Line shaft.....1.5	Vibrating.....2.5
Forced Draft Motor	Water.....1.0
Driven thru fluid or	SKI TOWS & LIFTS Not Approved
electric slip clutch.....1.0	STEERING GEAR.....1.0
Gas Recirculating.....1.5	STOKER.....1.0
Induced Draft with damper	TIRE SHREDDER.....1.50
control or blade cleaner.....1.25	TUMBLING BARREL.....1.75
Induced Draft without controls.....2.0	WINCH, MANEUVERING
FEEDERS	Dredge, Marine.....1.5
Apron, Belt, Disc, Screw.....1.0	WINDLASS.....1.5
Reciprocating.....2.5	WOODWORKING
GENERATORS	MACHINERY.....1.0
Even Load.....1.0	WORK LIFT PLATFORMS Not Approved

◆ For engine drives, refer to Table 5. Electric motors, generators, engines, compressors and other machines fitted with sleeves or straight roller bearings usually require limited end float couplings. If in doubt, provide axial clearances and centering forces to Falk for a recommendation.

* For balanced opposed design, refer to Falk.

▲ If people are occasionally transported, refer to Falk for the selection of the proper

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

Tabla 3: Selección del acople tipo FALCK (FALCK, 2004)

SIZE ★	Torque Rating (lb-in) †	Allow Speed rpm ‡	Max Bore ●	Min Bore ■	Cplg Wt With No Bore-lb	Lube Wt lb	DIMENSIONS — INCHES							
							A	B	C	D	F	J	S	Gap
1020T	460	4500	1.125	.500	4.2	.06	3.82	3.88	1.88	1.56	.....	2.62	1.54	.125
1030T	1,320	4500	1.375	.500	5.7	.09	4.16	3.88	1.88	1.94	.....	2.69	1.54	.125
1040T	2,200	4500	1.625	.500	7.4	.12	4.50	4.12	2.00	2.25	.....	2.75	1.58	.125
1050T	3,850	4500	1.875	.500	12	.15	5.32	4.88	2.38	2.62	.....	3.19	1.76	.125
1060T	6,050	4350	2.125	.750	16	.19	5.82	5.12	2.50	3.00	.....	3.68	2.06	.125
1070T	8,800	4125	2.500	.750	23	.25	6.25	6.12	3.00	3.44	.....	3.81	2.12	.125
1080T	18,150	3600	3.000	1.062	39	.38	7.50	7.12	3.50	4.12	.....	4.55	2.54	.125
1090T	33,000	3600	3.500	1.062	56	.56	8.31	7.88	3.88	4.88	.....	4.81	2.82	.125
1100T	55,550	2440	4.000	1.625	93	.94	9.88	9.69	4.75	5.59	.....	6.12	.....	.188
1110T	82,500	2250	4.500	1.625	120	1.12	10.62	10.19	5.00	6.31	.....	6.36	.....	.188
1120T	121,000	2025	5.000	2.375	179	1.62	12.12	12.00	5.88	7.06	.....	7.54	.....	.250
1130T	176,000	1800	6.000	2.625	266	2.0	13.62	13.00	6.38	8.56	.....	7.68	.....	.250
1140T	253,000	1650	7.250	2.625	392	2.5	15.12	14.75	7.25	10.00	.....	7.92	.....	.250
1150T	352,000	1500	8.000	4.250	500	4.3	17.84	14.65	7.20	10.60	15.40	10.69	.....	.250
1160T	495,000	1350	9.000	4.750	681	6.2	19.76	15.85	7.80	12.00	17.20	10.96	.....	.250
1170T	660,000	1225	10.000	5.250	987	7.7	22.32	17.25	8.50	14.00	19.18	12.10	.....	.250
1180T	915,000	1100	11.000	6.000	1365	8.3	24.80	19.05	9.40	15.50	21.84	12.64	.....	.250
1190T	1,210,000	1050	12.000	6.000	1710	9.7	26.60	20.65	10.20	17.20	23.93	12.80	.....	.250
1200T	1,650,000	900	13.000	7.000	2331	12.4	29.80	22.25	11.00	19.60	26.00	14.00	.....	.250
1210T	2,200,000	820	14.000	7.000	3140	23.2	33.25	24.50	12.00	21.00	29.56	17.00	.....	.500
1220T	2,970,000	730	15.000	8.000	3935	35.4	36.25	26.10	12.80	22.50	32.37	19.30	.....	.500
1230T	3,850,000	680	16.000	8.000	4997	53.0	39.50	27.70	13.60	24.00	35.62	21.50	.....	.500
1240T	4,950,000	630	17.000	10.000	6504	74.5	42.80	29.50	14.50	25.50	.....	25.50	.....	.500
1250T	6,600,000	580	18.500	10.000	8450	110.5	46.50	32.10	15.80	28.00	.....	27.50	.....	.500
1260T	8,250,000	540	20.000	10.000	10322	148.1	49.64	34.50	17.00	30.00	.....	30.00	.....	.500

★ Refer to Page 5 for General Information and Reference Notes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra detalladamente como se realizaron los pasos en el desarrollo de este proyecto, como se toman los datos como se interpretan para llegar a un resultado acorde tanto en el análisis eléctrico, mecánico y técnico requeridos para el diseño eficiente de todos los componentes en cada una de las etapas de la realización del trabajo

3.1. Diseño Conceptual

3.1.1. Descripción de la metodología

Para comenzar este proyecto se realizó un diagnóstico energético al motor de eficiencia estándar, el cual consistió, primero, en la toma de datos de placa del motor de eficiencia estándar la cual queda en evidencia en la Tabla 4, luego se realizó un diagnóstico mediante analizadores de red Allan Bradley Power Pad, ver Figura 3. El analizador de red fue instalado en la alimentación del motor, ver Figura 4. El estudio se realizó durante 6 días y nueve horas, tiempo que fue determinado por las especificaciones del analizador de red en donde especifica cuatro formas de configurar el almacenamiento, teniendo en cuenta el tipo y la cantidad de variables que se van a medir, y estimando la capacidad del disco duro en donde se graba la información, además que durante nueve días y seis horas la máquina tendría trabajo constante y sin paros por descansos o mantenimiento, detalle que se tuvo que tener en cuenta para no saturar la memoria. (Allen-Bradley, September 2012).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

Tabla 4: Datos de placa motor de eficiencia estándar

ESTUDIO DE CARGABILIDAD EN MOTOR BOMBA 500-2 VARIABLE 2, MUESTREO 1 SEG.

DATOS DE PLACA MOTOR ACTUAL	MARCA	GENERAL ELECTRIC
	SERIE	RU831207
	POTENCIA (HP)	200
	POTENCIA (KW)	149,2
	VELOCIDAD SINCRONICA (RPM)	900
	VELOCIDAD REAL (RPM)	880
	CORRIENTE (A) @ 440V, 60HZ	263
	TORQUE NOMINAL(LB-FT)	1193,6
	EFICIENCIA ESTIMADA EPACT (%)	92,56



Figura 3: Analizador de red Allan Bradley Power Pad



Figura 4: Revisión de analizador y análisis de los espectros. En la foto Luis Acevedo (autor)

Este analizador se conectó a la red trifásica que alimentaba la máquina de eficiencia estándar en un periodo en el cual la máquina y todos sus procesos trabajaron constantemente y las cargas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

fueron variables durante el funcionamiento, pues se extruyeron diferentes tipos de perfilerías, con colaboración del área de producción de la compañía, y se realizó con el fin de poder visualizar el comportamiento de la maquina eléctrica en sus estados de baja carga, media carga y plena carga, y se verificó el estado energético de la máquina eléctrica mediante los espectros medidos con el analizador tales como potencia activa, corriente nominal, corriente reactiva, potencia de operación, voltajes de operación, corrientes de operación, entre otras y se analiza comparándolas con los valores nominales, y como afectan estos valores la eficiencia de la máquina estándar, por ejemplo: si la potencia de operación está por debajo de la potencia nominal, se puede afirmar que la maquina no es eficiente por potencia no utilizada, y que la maquina tiene un sobredimensionamiento. Todo esto a partir de los valores que nos entregan los espectros arrojados en el muestreo de estas.

3.1.2. Toma de datos del motor de eficiencia estándar

Se toman los datos del motor de eficiencia estándar los cuales quedaron, inscritos en la Tabla 2, y en donde cabe recordar que la eficiencia se tomó de las tablas de normar EPACT.

3.1.3. Estudio de cargabilidad

En base al diagnóstico energético arrojado por los analizadores de red, se realizaron estudios del factor de carga y la eficiencia del motor, comparándola con respecto a la eficiencia de placa reportada por el fabricante en tablas de la norma EPACT. Tras el diagnóstico y la comparación, se procedió a interpretar y justificar los resultados obtenidos, pero esta justificación no se pudo realizar pues no se tuvo en cuenta que esta máquina ha sido reparada en repetidas ocasiones, y esto es un factor muy influyente en la pérdida de eficiencia, además la hoja de vida del motor se desconoce, pues su procedencia es del extranjero y fue adquirido ya usado.

El estudio de cargabilidad se realizó analizando cada uno de los espectros arrojados por el analizador de red con que se realizaron las mediciones, teniendo en cuenta factores como picos máximos y mínimos, y otros factores que afectaban la eficiencia de la máquina y que podían conllevar sobrecostos por alto consumo energético, al igual se tuvieron en cuenta aquellas variables que se encontraron en condiciones buenas o aceptables para el desempeño del motor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

eléctrico de eficiencia estándar y se hizo un comparativo de las variables medidas contra los valores de placa para determinar su estado energético.

Con respecto a los resultados obtenidos en el estudio de cargabilidad, se realizó un comparativo de ahorro energético, con dos posibles sustitutos. Se hizo de forma analítica calculando los costos generados por los kWh consumidos durante todo el estudio, con base al costo del kWh local y se hizo el mismo análisis a los dos posibles candidatos para sustituir el motor de eficiencia estándar, cuyas fichas técnicas se reportan en la Tabla 5, para determinar si es factible el remplazo de tecnología, y cuál es el más adecuado energéticamente, conservando las características físicas para que cumpla con las especificaciones de la máquina, y su fácil instalación.

Tabla 5: Comparativo de datos de placa de motores posibles sustitutos

REFERENCIA	E1508	EP2506
POTENCIA (HP)	150	250
POTENCIA (KW)	111,9	186,5
VOLTAJE REAL PROMEDIO (V)	–	–
DESBALANCE DE VOLTAJE (%)	–	–
VELOCIDAD SINCRÓNICA (RPM)	900	1200
VELOCIDAD REAL (RPM)	888	1188
EFICIENCIA (%)	93,6	95,8
CORRIENTE MÁXIMA PROMEDIO (A)	–	–
CORRIENTE MAXIMA CONSUMIDA(A) LÍNEA 2	–	–
TORQUE NOMINAL(LB-FT)	887,2	1105,2
PRECIO MOTOR (USD)	17315,5	16731,2
CARGABILIDAD (%)	68,92	41,35

Para determinar los beneficios energéticos se compararon las variables más significativas del estudio de cargabilidad, en donde se pudo determinar por los datos proporcionados por los fabricantes de los motores de alta eficiencia cuánto ahorro tendremos en kWh, en kVr, y en kva. Y se determinaron los beneficios monetarios de cada opción, se revisó el costo del kWh y se hizo una

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

proyección anual en horas trabajadas para determinar su costo, y así compararlo con los costos de utilización del motor de eficiencia estándar, y se analizó el tiempo en qué retronará la inversión.

3.2. Diseño mecánico:

3.2.1. Presentación del diseño

Con base en los planos del motor se diseñó el empotramiento del mismo, al igual que el empotramiento de la base de la bomba, todo esto pensando en tener una placa base incrustada en el concreto, y que el motor y la bomba se pudieran desplazar en los ejes X, Y, y Z para realizar un alineamiento entre motor y bomba, todo esto a partir del ensamble de todos los elementos, la Figura 5 ilustra el diseño al que se llegó, pero en esta sección se describirá la metodología seguida para llegar al mismo.

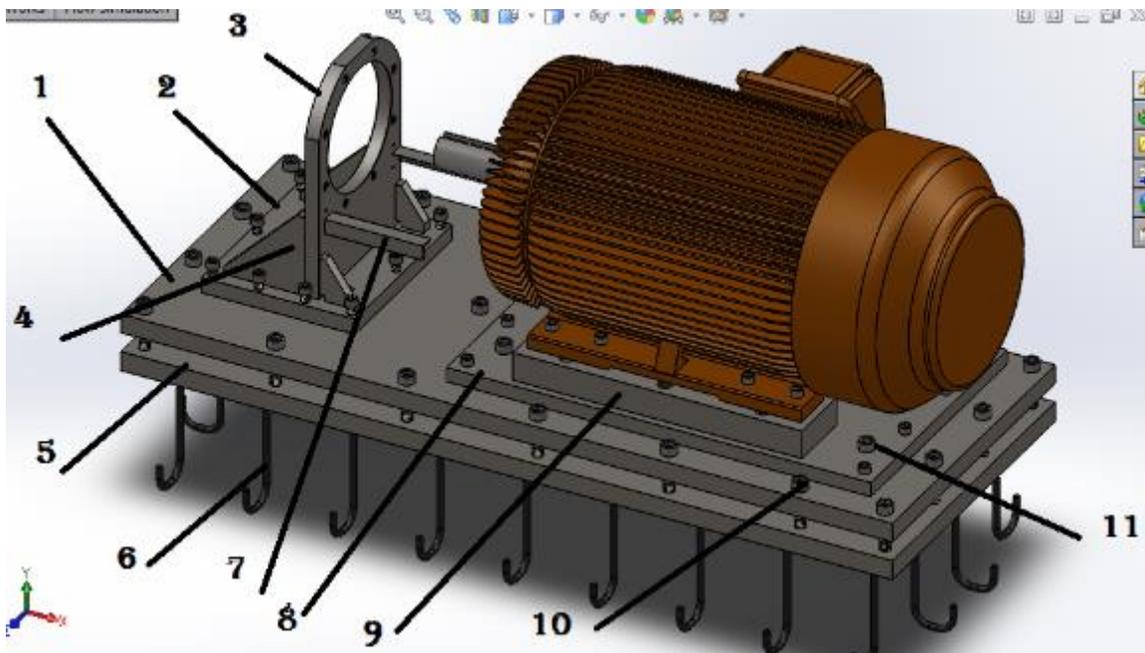


Figura 5: Modelo ensamble

3.2.2. Descripción de los componentes

Basados en un esquema general se procedió a diseñar cada uno de los elementos que compondrían el ensamble. Como se muestra en la tabla 6 a continuación se relacionaran todas las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

partes que componen dicho ensamblaje y posteriormente cada una de las piezas modeladas geoméricamente por medio del software SOLID WORKS®. La numeración empleada coincide con la referida en la Figura 5.

Tabla 6 descripción de los elementos del modelo ensamble

Numero pieza	nombre	Descripción de la pieza
1	base para bomba y elementos del motor	Lámina ASTM A-36 en esta platina se instalará y sujetará el motor de 250 hp de alta eficiencia. Esta platina será la encargada de soportar la carga que genera el peso del motor, por ende será la que estará sometida a los diferentes esfuerzos (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
2	base bomba	Lámina ASTM A-36, en esta platina se sujetará la base en la cual irá instalada la bomba que acoplará con el motor de 250 hp de alta eficiencia, para garantizar una buena fijación y así evitar posibles desalineaciones en el momento en que ésta se encuentre trabajando a plena carga (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
3	soporte bomba	Lámina ASTM A-36 esta es la platina base en la cual se instalará la bomba de caudal variable, la cual irá acoplada con el motor de alta eficiencia de 250 hp, esta base irá anclada en el elemento 1 para garantizar una buena fijación de la bomba (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
4	soporte de estabilidad estructura del soporte de la bomba	Nervio ASTM A-36, este elemento irá soldado en conjunto con las platinas, las cuales formaran la estructura que le dará la estabilidad y sujeción adecuada a la bomba oleo-hidráulica que irá acoplada con el motor de 250 hp de alta eficiencia y así evitar posibles vibraciones por un ajuste irregular (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

5	platina que se incrustara en el piso	Lámina ASTM A-36, en esta platina se instalaran los amortiguadores de caucho, los cuales serán encargados de absorber las vibraciones que genere el sistema, de igual forma en esta platina en la parte inferior irán instalados los bastones de varilla corrugada que irán empotrados al suelo para garantizar la fijación del ensamble (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
6	bastón de sujeción al concreto	Varilla corrugada, este elemento se fijará en la parte inferior del elemento 5, y luego será empotrado en el suelo utilizando concreto para garantizar la fijación del sistema en el sitio donde será instalado (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
7	soporte para la guarda de seguridad	Éste ángulo será adaptado a la base en donde irá instalada la bomba oleo hidráulica, con el fin de que sirva como soporte para instalar una guarda, la cual cumplirá la función de proteger el acople motor-bomba y prevenir accidentes (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
8	platina base del motor	Platina ASTM A-36, en esta platina se realizará el anclaje de los puntos de fijación del estator del motor de 250 hp de alta eficiencia, con el fin de garantizar el ajuste adecuado del motor para evitar posible des-alineamiento del motor con respecto a la bomba (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).
9	platina de fijación del motor	Platina ASTM A-36, en esta platina se realizará el anclaje del motor y permitirá el ajuste de la altura a la hora de posicionar el ensamble (ver Anexo 1: Planos de Fabricación).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

3.2.3. Análisis de cargas estáticas en software SOLID WORKS®.

3.2.3.1. Selección de la pieza

Se selecciona la pieza que ya está en la biblioteca del software o en su defecto se diseña el elemento al cual se le realiza el estudio de cargas estáticas, en este caso se selecciona la platina en la cual irá anclado el motor de alta eficiencia de 250 hp, como se muestra en la Figura 6

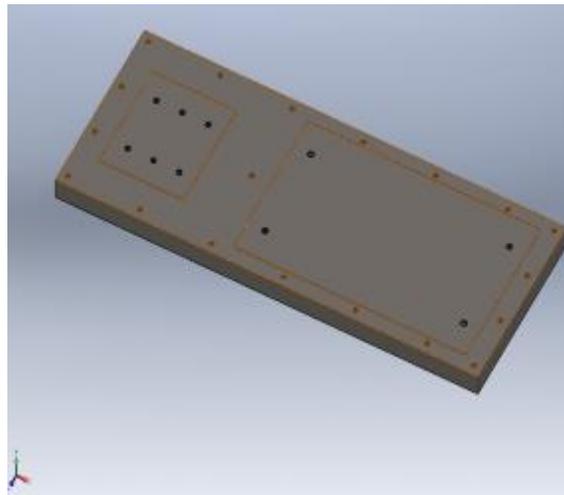


Figura 6: Elemento 1

3.2.3.2. Selección del tipo de análisis

Luego de haber seleccionado la pieza a la cual se realizará el análisis, como se ve en la Figura 7, se selecciona el tipo de análisis a realizar, en esta opción podemos realizar análisis de cargas por caída libre, pandeos, deformaciones y dilataciones por temperatura; para esta pieza se realizó un análisis de cargas estáticas puesto que el elemento se encuentra inmóvil en el sistema pero soporta cargas externas y es necesario analizar que le ocurre, para esto se abre el asesor de estudio y se selecciona nuevo estudio y una vez seleccionado el elemento en la parte izquierda del software, se ubica en la pestaña de tipo y seleccionamos análisis estático.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



Figura 7: Selección del tipo de análisis

3.2.3.3. Selección del material

Se selecciona el material del cual será fabricada la platina, de esta forma el software por defecto relacionará todas las características que posee el material para realizar el análisis de cargas estáticas en esta pieza, que para la platina será acero estructural ASTM A-36 como se ve en la Figura 8 donde pueden apreciarse las principales propiedades físicas y mecánicas del material seleccionado.

3.2.3.4. Selección de zonas de carga

A continuación se seleccionan y ubican las áreas en donde se encuentran situados los elementos que le aplican carga a la platina, es decir, el área donde se ubicará la base que soportará la bomba, y el área donde se empotrará la platina que sostiene el motor y todos sus componentes como se muestra en la Figura 9. Para esto se debe dibujar, con los comandos básicos de la pestaña “calcular” de la barra de tareas, sobre la superficie de la platina, la forma exacta del área en la cual se ejercerá el esfuerzo, que a su vez son las áreas de la base del soporte de la bomba y el área de

base de la platina que soporta el motor de alta eficiencia, esto para obtener una adecuada distribución de cargas en las zonas que realmente se encuentran sometidas a estos esfuerzos.

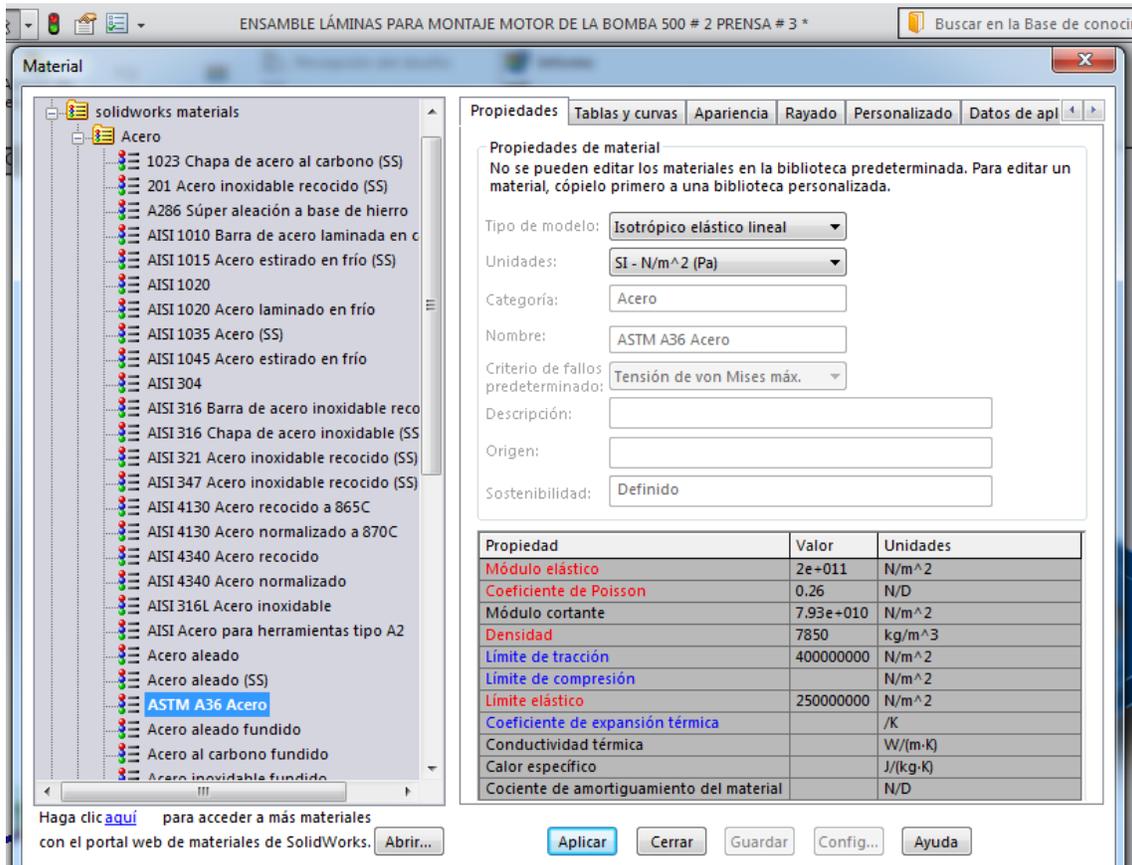


Figura 8: Cuadro de dialogo selección y configuración del material

3.2.3.5. Restricciones

Ahora, se seleccionan los puntos de anclaje de la platina, en los cuales serán ubicados cada uno de los amortiguadores. Los puntos dichos pueden apreciarse en la Figura 10. Se selecciona el tipo de sujeción en el cuadro de dialogo que aparece en la parte izquierda de la simulación, también se selecciona el tipo de restricción entre sujeción fija, sujeción tipo bisagra o sujeción tipo rodillos, como se muestra en la figura 10, para el caso de la platina es una sujeción de geometría fija. Posteriormente se le aplican las cargas a las cuales estará sometida la platina, para así obtener los esfuerzos y las deformaciones resultantes debido a la carga aplicada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

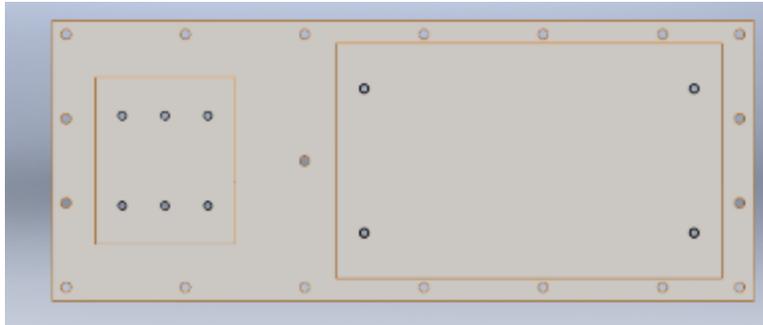


Figura 9: Zonas de carga

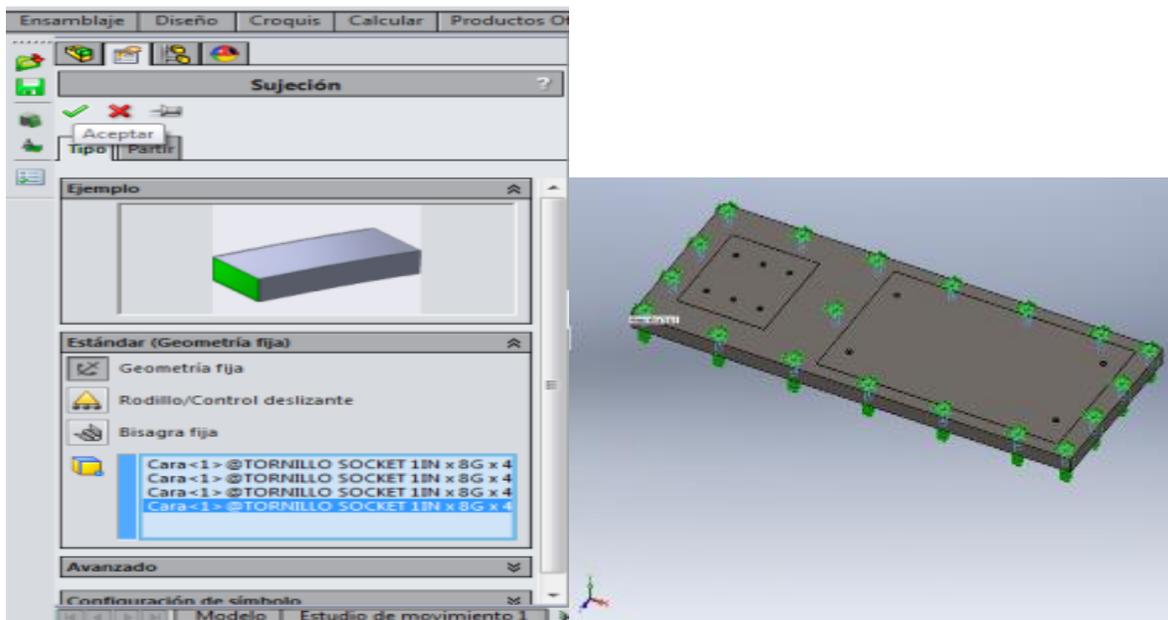


Figura 10: Zonas de restricción y parámetros de restricciones

3.2.3.6. Distribución de cargas

Se selecciona el tipo de carga a la cual será sometida la platina en el “asesor de cargas externas” de la barra de herramientas, en donde podemos seleccionar esfuerzos de tensión, presión, fuerza centrífuga, o temperatura; para este caso se selecciona “fuerza” como se puede observar en la Figura 11 y se configura; se escoge el sistema de unidades y la dirección de la fuerza que se le aplicaran en las dos cargas distribuidas ya planteadas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

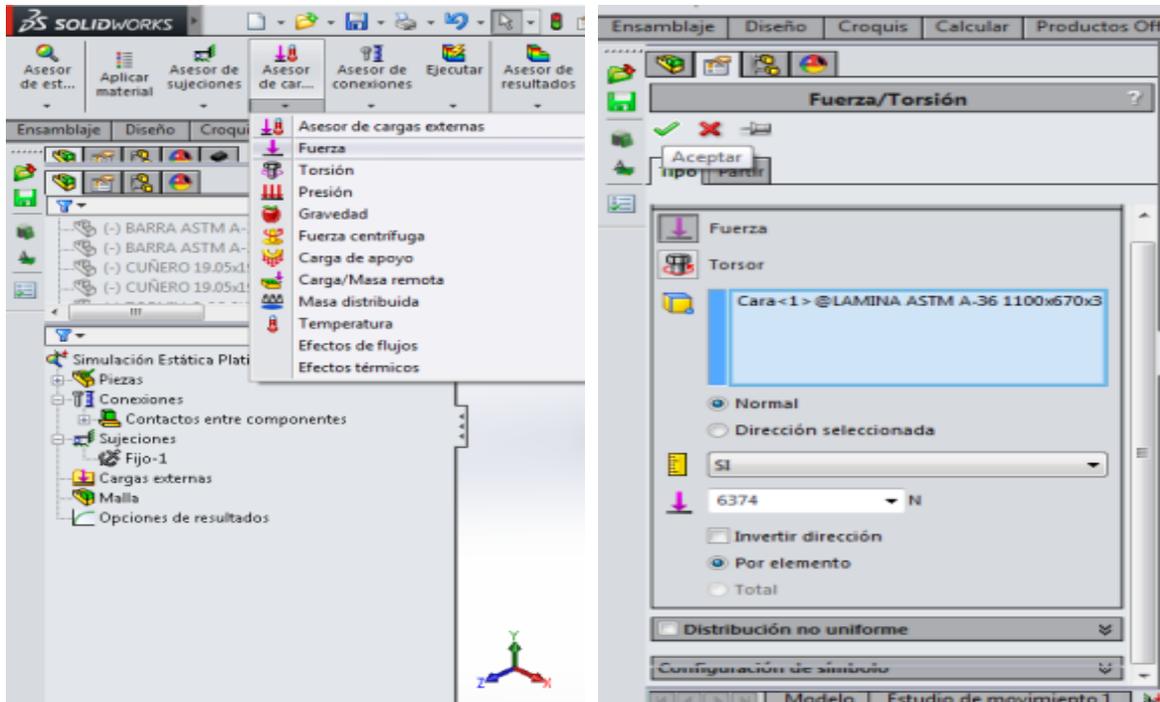


Figura 11: Selección del esfuerzo a simular

La carga aplicada en el área de la bomba es equivalente a 3375N que corresponden al peso del soporte y la bomba, y la carga aplicada en el área de la base del motor equivalente a 13673N, correspondiente al peso del motor, las platinas y todos los elementos que componen el sistema de empotramiento del motor de alta eficiencia de 250 hp. La distribución de las cargas se ve representada en la Figura 12. Por último se realiza la configuración de todas las fuerzas en la pieza para realizar el análisis de cargas estáticas como se ve en la Figura 13.

3.2.3.7. Selección del enmallado

Se selecciona el enmallado desde el asesor como se muestra en la Figura 14, en donde se configura para que el enmallado brinde la información más precisa, esto se logra aumentando el número de nodos de la malla, su definición y su calidad, teniendo en cuenta que entre más fina mejor será el resultado pero más exigente será el software garantizando que en la pieza no haya alguna operación que interfiera con el correcto funcionamiento del simulador para su análisis, es decir que no presente errores y que por ende ofrezca veracidad de los resultados de los diferentes

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

esfuerzos y deformaciones, la Figura 14 presenta la malla creada por el software con los parámetros por defecto.

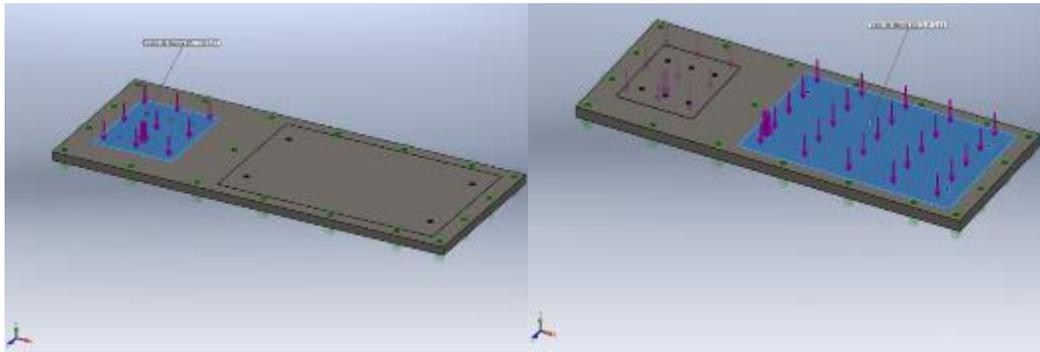


Figura 12: Cargas distribuidas

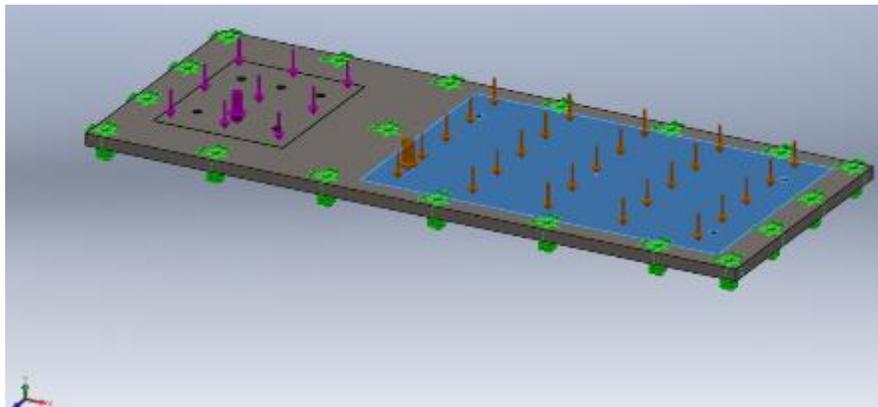


Figura 13: Todas las fuerzas aplicadas

3.2.3.8. Ejecución del análisis

Cuando se tienen todas las condiciones para la simulación sin errores el software indicará en el cuadro de texto de la parte derecha, como se puede ver en la Figura 15, que el análisis se puede ejecutar, y se ejecutará con la configuración que se haya predeterminado de sujeciones cargas y material, pero se podrá cambiar la configuración de cualquier condición antes de ejecutar el análisis o luego de realizarlo, por lo que se tiene la opción de modificar el modelo para optimizarlo como cambiar el material, cambiar las dimensiones o agregar o quitar restricciones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

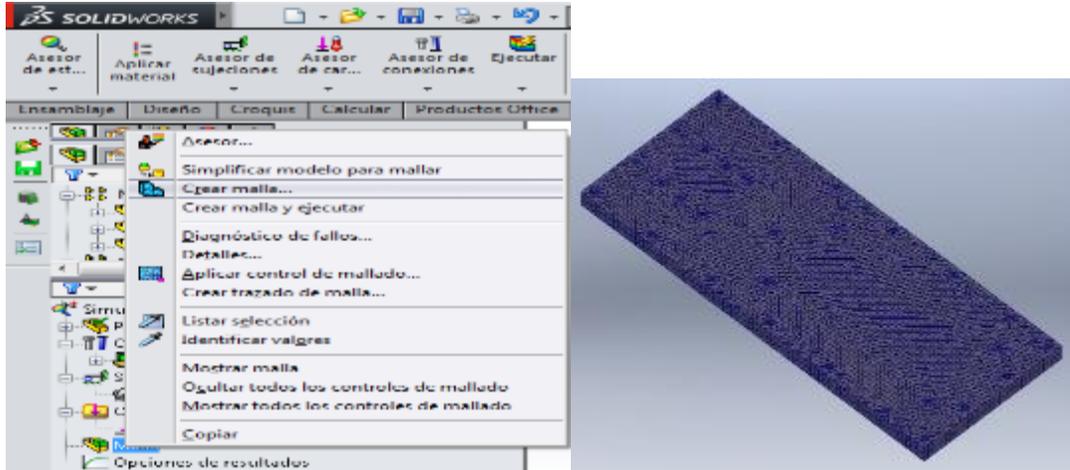


Figura 14: Malla y configuración de la malla

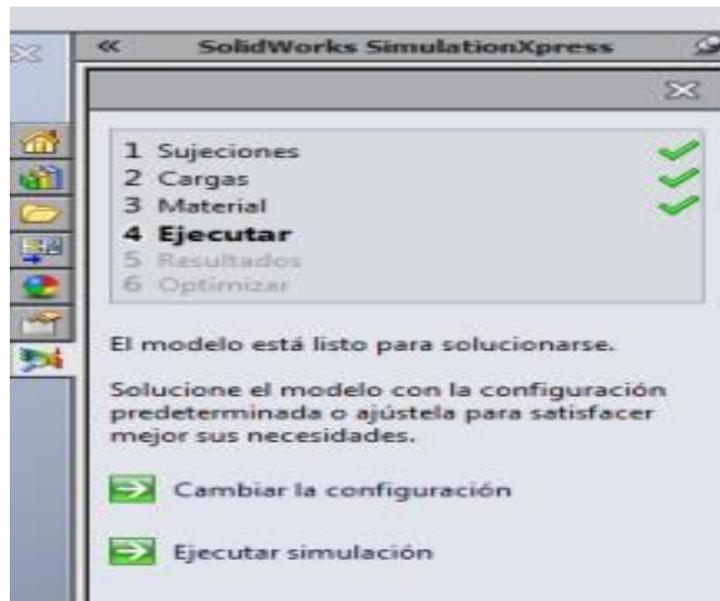


Figura 15: ejecución del análisis

3.2.3.9. Resultados del análisis

En los resultados se obtienen las deformaciones de forma exagerada para que se pueda visualizar el elemento como se muestra en la Figura 16, debido a las cargas que tenga configurado el elemento en el análisis en este punto se puede visualizar cuales puntos del elemento necesitan ser reforzados o cuales puntos presentan mayor esfuerzo, al igual que se puede verificar si el

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

elemento se deforma o si sufrirá una falla o ruptura debido a la carga. Se verán los esfuerzos máximos y mínimos en la barra de valores que también está representada en colores lo cuales podrán mostrar las fuerzas y cómo estas se disipan en los contornos del elemento.

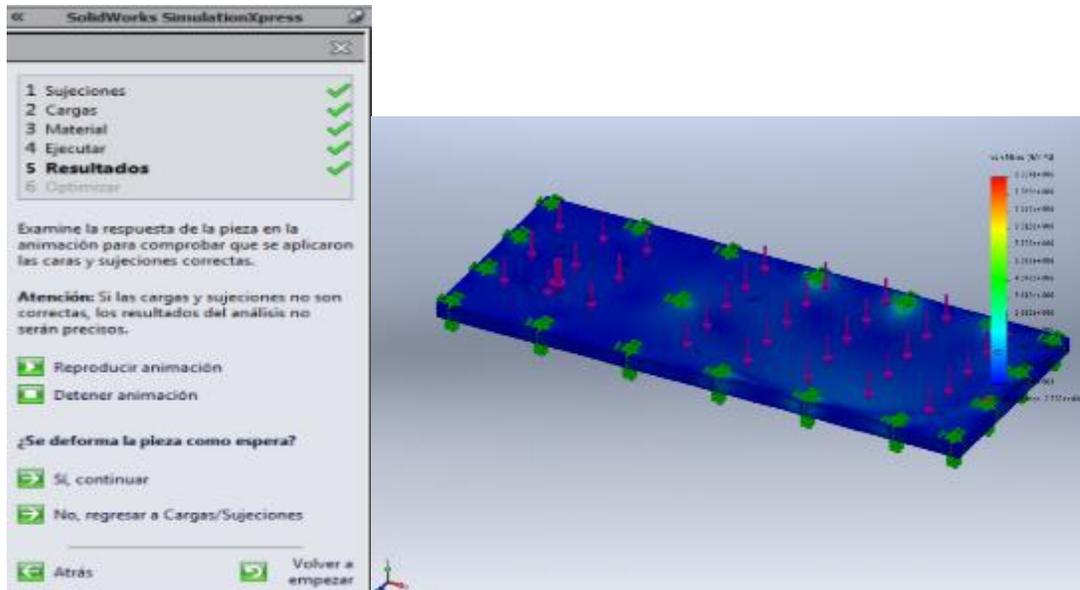


Figura 16: Resultado de análisis

3.3. Fabricación

La fabricación y los mecanizados de todos los elementos se realizaron en las instalaciones con las herramientas y equipos de la compañía. Luego que el Departamento de Proyectos y el Área de Compras realizaron la adquisición de todos los elementos requeridos en bruto y cortados bajo medidas, como la viga IP para fabricar los anclajes de empotramiento, y las láminas de 2" para fabricar las bases y elementos del motor respectivamente.

3.3.1. Perforaciones

Los elementos que requirieron perforaciones según planos fueron procesados en las fresadoras y tornos del Área de Mantenimiento, al igual que los abocardados para los tornillos socket como se muestra en la Figura 17. Las perforaciones de las platinas de mayor tamaño, como la que va empotrada en el piso, que no pudieron ser mecanizadas en las fresadoras, requirieron el uso de un taladro magnético manual, como lo podemos observar en la Figura 18.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



Figura 17: Fresadora y Torno del Área de Mantenimiento de EMMA Y CIA. En la foto Luis Acevedo (izq.) y Gustavo Hernández (der.) autores



Figura 18: Taladro magnético de Arrendaequipos Ltda. En la foto Gustavo Hernández autor

3.3.2. Rectificado

Las platinas de base y apoyo del motor de alta eficiencia, al igual que la cuña, fueron rectificadas en ambas caras luego de que fueron realizadas todas las perforaciones y los maquinados, esto para garantizar la planitud de todas las caras, tal como se muestra en la Figura 19. Esto se hizo para brindar al sistema un total apoyo y equilibrio en todos los puntos de contacto, y para brindar el equilibrio en las distribuciones de carga. Para este trabajo se utilizó la rectificadora electrohidráulica de la compañía EMMA Y CIA.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



Figura 19: Rectificadora Electrohidráulica del Área de Mantenimiento de EMMA Y CIA.

3.3.3. Pre-Ensamble

El proceso de ensamble inicia una vez terminados todos los rectificados y la fabricación de las roscas para los tornillos que fijaran los elementos mediante proceso de machueado con machuelos progresivos comprados para la aplicación. Se soldaron los elementos que van fijos en la estructura de la bomba como los soportes y las bases para la guarda de seguridad, y los soportes de anclaje, los bastones y los soportes de viga IP 100 en la platina de la base del motor de alta eficiencia, todo esto se realiza bajo el proceso de soldadura con electrodo revestido empleando soldadura E7018 la cual fue seleccionada bajo la especificación SAW A5.1, que refiere a los electrodos para soldadura de aceros al carbono, con el soldador del Área de Mantenimiento de la compañía. Se procedió a presentar todas las platinas, luego se instalaron los amortiguadores donde deben quedar y se verificó que todas las perforaciones hayan quedado en el lugar exacto donde debían quedar y se realizaron los ajustes respectivos, como se muestra en la Figura 20, para que todos los elementos queden debidamente instalados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



Figura 20: Pre-ensamble y presentación del motor

3.4. Sustitución

3.4.1. Desmonte del motor de eficiencia estándar

Todo el proceso de sustitución inició con la petición del tiempo al Área de Producción para realizar toda la operación y realizar lo respectivos chequeos antes de entregar en servicio el motor de alta eficiencia, para lo cual se estimó un tiempo de 3 días. Se procedió a retirar el aceite de las tuberías de descarga y succión de la bomba para retirarlas, al mismo tiempo que se desconectaron las líneas de alimentación del motor, para retirar la bomba de la base del suelo, al igual que el motor y cada uno de los elementos que soportaban el motor, como muestra la Figura 21.



Figura 21: Elementos a desmontar

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

3.4.2. Obra civil

Se dio paso a la labor de obra civil, en la que se escavó el concreto para hacer el hueco donde se incrustará la base fija como se muestra en la Figura 22 y el cual se realizó con una profundidad de 20cm, se presentó la placa base y se depositó el concreto agregándole un acelerante para agilizar su fraguado, se niveló la platina garantizando nivel en todas las direcciones, y se dejó endurecer el concreto durante 8 horas.



Figura 22: Obra civil

3.4.3. Instalación

Luego de verificar que el concreto este completamente endurecido se dio paso a la instalación de la placa móvil con los amortiguadores, se instaló el soporte de la bomba, las placas bases, y los apoyos del motor, luego se instaló el motor en su respectivo lugar como se muestra en la Figura 23, al igual que la bomba, a la cual se le instalaron sus respectivas tuberías de succión y descarga, se revisó el nivel y el ajuste de la placa móvil del motor, se instalaron las manzanas del acople FALCK y se realizó la alineación láser por parte de la empresa AMVIVAL S.A., la cual garantizó que no hubiese desalineaciones ni desajustes entre la bomba oleohidráulica y el motor de alta eficiencia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



Figura 23: Instalación del sistema de bombeo con el nuevo motor

3.5. Puesta en marcha

Luego de garantizar la alineación y el ajuste, se acopló el motor a la bomba y se realizó la conexión del mismo, para proceder a realizar ensayos en vacío del motor para verificar consumos de corriente sin carga. Se hicieron ensayos con bomba acoplada pero sin carga, es decir a 0psi, y se verificaron consumos de corriente, ver Figura 24. También se realizaron ensayos con cargas variables, es decir se fue elevando la presión de la bomba por medio de la reguladora de presión de su línea de descarga, esto se hizo primero a 0psi luego a 1000psi, luego a 2000psi, hasta llegar a la carga máxima requerida por el proceso de extrusión: 3800psi. Luego se inició la fase de integración con las demás bombas del proceso, en donde se realizaron pruebas de extrusión en vacío donde la máquina no presentó ninguna alteración, y de forma automática se verificó que la máquina no tenía movimientos erráticos ni extraños, de ahí se pasó a realizar los ensayos de extrusión con carga real, momento final cuando se entregó la máquina al Área de Producción.



Figura 24: Amperaje motor de alta eficiencia al arranque

3.6. Validación Y Análisis De Costos

3.6.1. Medición de variables motor de alta eficiencia

Dado que la maquina inicia operación normalmente, el analizador de red se conectó de nuevo para medir las mismas variables y analizar los espectros que fueron medidos al motor de eficiencia estándar como se muestra en la Tabla 7, y así poder verificar que los consumos de Kwh fueran los esperados y que las expectativas de ahorro energético y eficiencia de la máquina presentadas en la propuesta fueron las entregadas en el diseño. De tal forma que se verifique el cumplimiento con el requerimiento de diseño.

Tabla 7: Variables medidas al motor de alta eficiencia

POTENCIA (HP)	EFICIENCIA (%)
POTENCIA (KW)	CORRIENTE MÁXIMA PROMEDIO (A)
VOLTAJE REAL PROMEDIO (V)	CORRIENTE MAXIMA CONSUMIDA(A) LÍNEA 2
DESBALANCE DE VOLTAJE (%)	TORQUE NOMINAL(LB-FT)
VELOCIDAD SINCRÓNICA (RPM)	PRECIO MOTOR (USD)
VELOCIDAD REAL (RPM)	CARGABILIDAD (%)

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

3.6.2. Análisis de costos

Luego, de acuerdo a la información requerida (ver Tabla 8) de las mediciones, se realizó el análisis de costos, y se comparó con los datos del motor de eficiencia estándar.

Tabla 8: Datos para el análisis de costos

ANALISIS DE COSTOS	HORAS OPERACIÓN
	COSTO KW/H (USD)
	TRM
	COSTO OPERACIÓN MOTOR VIEJO (USD)
	COSTO OPERACIÓN MOTOR TECO (USD)
	AHORRO (USD) / AÑO
	AHORRO (\$) / AÑO
	RETORNO DE INVERSION (MESES)
	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diseño conceptual

4.1.1. Toma de datos de placa del motor de eficiencia estándar

El resultado de la toma de datos de la placa del motor se plasma en la Tabla 9, donde se presentan los datos de potencia en HP y en kW, la velocidad sincrónica y la velocidad real, la corriente nominal a 440v -60 HZ y el torque nominal del motor, datos que son necesarios para realizar todos los análisis y estudios de cargabilidad. Con el analizador de red se obtuvieron las mediciones de variables básicas en operación y se presentan los resultados promedio arrojados durante el análisis, donde se pueden hacer apreciaciones sobre la corriente de operación de 143,26A y la corriente nominal de 263A, lo que indica que el motor se encuentra trabajando a casi 55% de la carga lo cual es un claro indicador de que estamos forzando el sistema eléctrico por potencia desperdiciada y mayor consumo de corriente reactiva.

Tabla 9: Resultado de las mediciones al motor de eficiencia estandar

MARCA	GENERAL ELECTRIC
REFERENCIA	RU831207
PRECIO MOTOR (USD)	n/a
POTENCIA (HP)	200
POTENCIA (KW)	149,2
VELOCIDAD SINCRONICA (RPM)	900
VELOCIDAD REAL (RPM)	880
CORRIENTE (A) @ 440V, 60HZ	263
TORQUE NOMINAL(LB-FT)	1193,6
EFICIENCIA ESTIMADA EPACT (%)	92,56
VOLTAJE REAL PROMEDIO (V)	453,45
DESBALANCE DE VOLTAJE (%)	0,513
CORRIENTE DE ARRANQUE (A)	573,8
CORRIENTE MÁXIMA PROMEDIO (A)	143,26

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

CORRIENTE MAXIMA CONSUMIDA(A) LÍNEA 2	178,9
POTENCIA PROMEDIO CONSUMIDA (KW)	27,3
POTENCIA PROMEDIO CONSUMIDA (HP)	36,6
POTENCIA MAXIMA CONSUMIDA (KW)	73,86
POTENCIA MAXIMA CONSUMIDA (HP)	99,0
CARGABILIDAD (%)	49,5

4.1.2. Estudio de cargabilidad

El diagnóstico eléctrico del motor fue realizado con un analizador de red Allan–Brandley Power Pad en un tiempo de medición de 6 días y 9 horas, y un periodo de muestreo de 2 minutos. En este capítulo veremos los espectros arrojados por el analizador de red y su estado para la cargabilidad de la máquina eléctrica.

4.1.2.1. Corriente De Operación

El consumo de corriente promedio del motor es de 143.6A y una corriente máxima en consumo en funcionamiento continuo de 167.6 a 60 HZ. Estos valores se encuentran dentro de los parámetros en placa de consumo de corriente del motor eficiencia estándar actual. El desbalance de las líneas de corrientes trifásicas del motor se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma NEMA, que no debe ser superior a 5%. Como se muestra en la Figura 25, para este análisis se toman los valores promedio de 4.54%, el valor máximo generado es de 63.3%, posiblemente sea generado por la discontinuidad en el funcionamiento del motor en diferentes periodos de tiempo.

4.1.2.2. Distorsión Armónica (%)

En la Figura 26 se observan las gráficas de distorsión armónicas asociadas al consumo eléctrico del proceso respecto al tiempo. Las cuales son: Athd (distorsión armónica total de corriente), Uthd (distorsión armónica total en voltaje entre líneas), y Vthd (distorsión armónica total en voltaje con respecto a la fuente). Los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma IEEE 519, el cual indica que para voltaje no debe exceder el 5% y para corriente el 10%.

CORRIENTE DE OPERACIÓN (A)

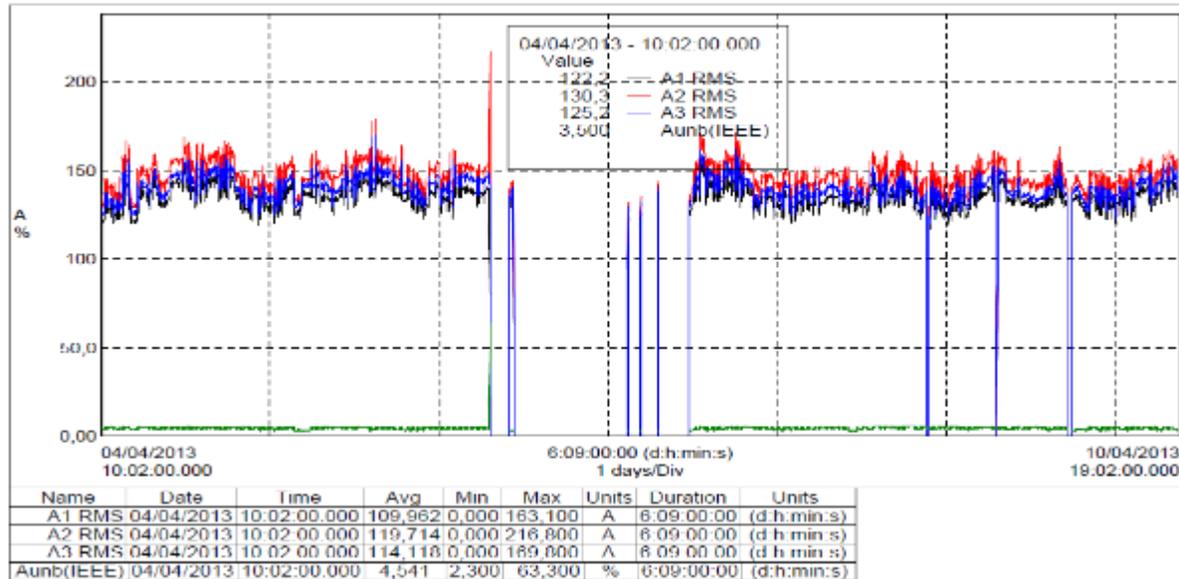


Figura 25: Corriente de operación.

DISTORSIÓN ARMÓNICA (%)

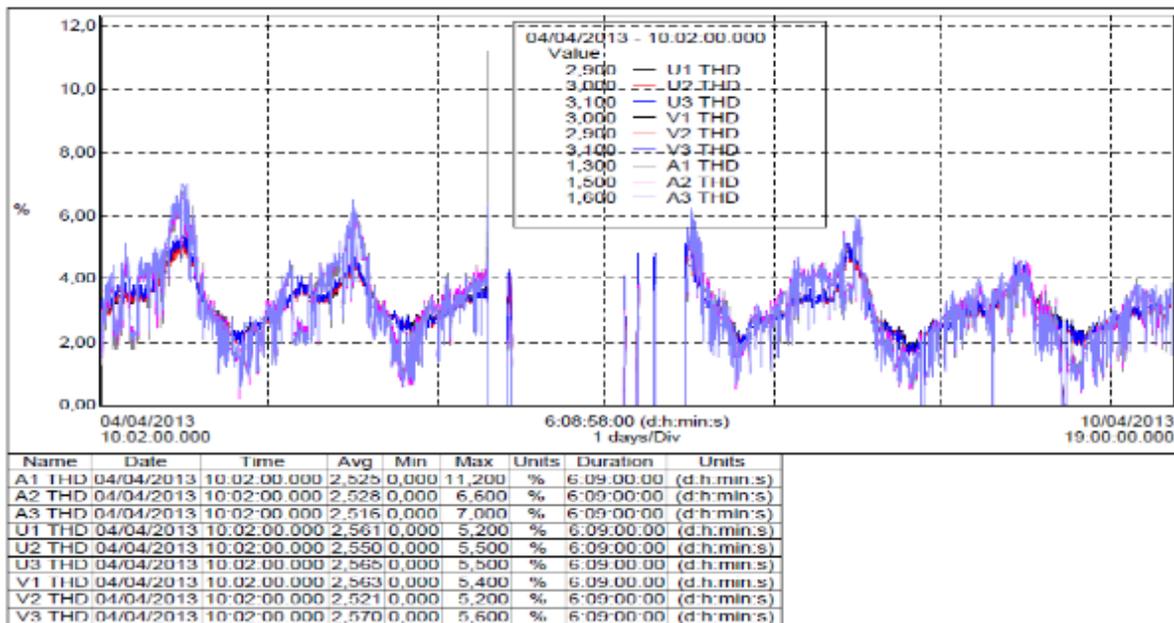


Figura 26: Distorsión armónica

4.1.2.3. Consumo De Potencia (kW)

El consumo máximo de potencia activa del motor es de 73.86 KW (99 HP) y el motor está diseñado para soportar 200 HP, lo que indica que se encuentra en una cargabilidad de 49.5%, esto muestra un sobredimensionamiento del motor en el proceso y mayor consumo de potencia no utilizada. Se concluyó que es conveniente utilizar un motor en condiciones de funcionamiento más óptimas y eficientes. Ver Figura 27.

CONSUMO DE POTENCIA (KW)

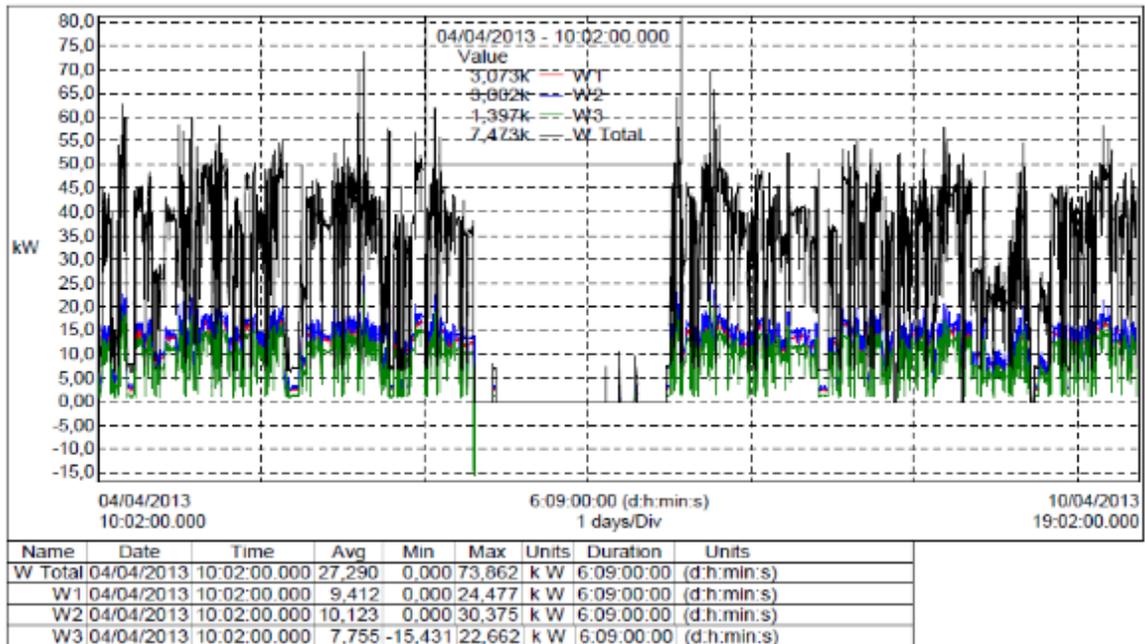


Figura 27: Consumo de potencia motor eficiencia estándar

4.1.2.4. Consumo De Potencia Reactiva (KVAR) Y Potencia Aparente (KVA)

El consumo promedio de potencia reactiva y aparente del motor es de 103.7 KVA y 99.87 KVAR, respectivamente como muestra la Figura 28. Si se analiza el consumo de potencia activa respecto a la reactiva, se obtiene un mayor consumo de KVA, que es requerida para magnetizar el motor, pero no es efectiva. Hay un mayor consumo de potencia del motor que no está siendo eficiente, generado por las condiciones internas en que se encuentra.

CONSUMO DE REACTIVA (KVAR) Y APARENTE (KVA)

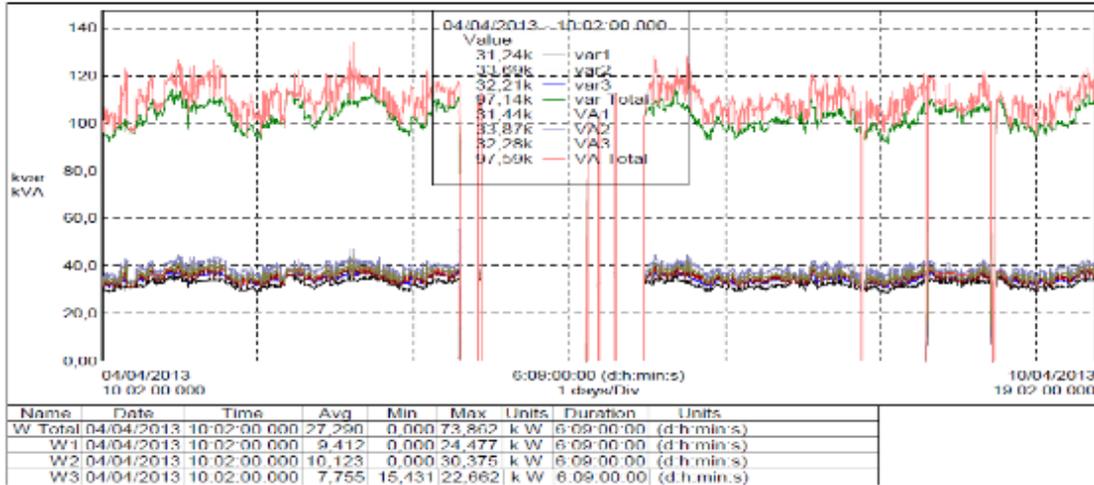


Figura 28: Consumo de potencia reactiva y potencia aparente motor de eficiencia estándar

4.1.2.5. Consumo De Energía (kWh)

Hay un consumo de 1,182MW-h en 6 días, 9h de medición en funcionamiento del motor, tal como se reporta en la Figura 29. Este consumo puede ser mucho menor si el motor implementado es más eficiente.

CONSUMO DE ENERGÍA (KW-h)

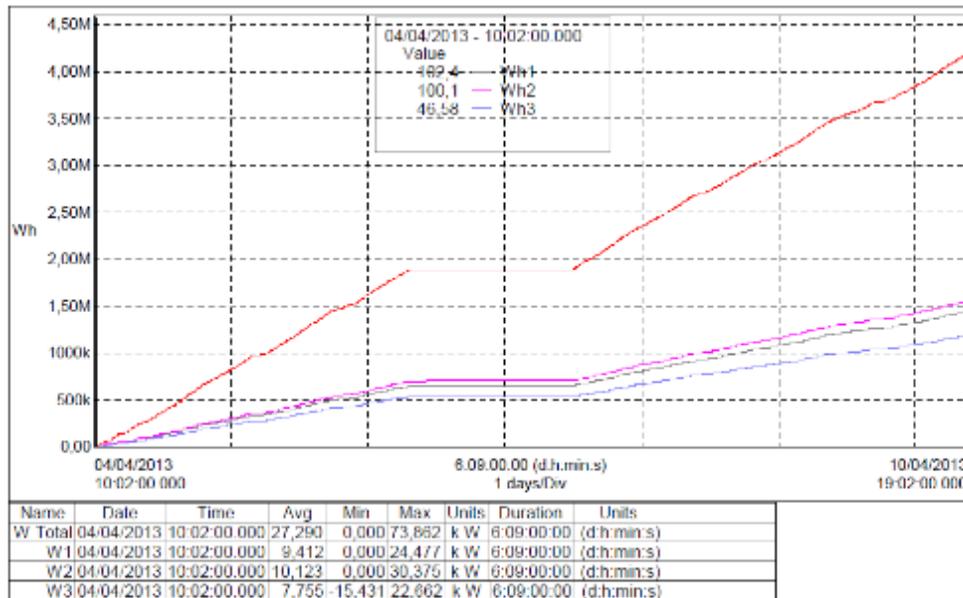


Figura 29: Consumo de energía motor de eficiencia estándar

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

4.1.2.6. Factor De Potencia

El factor de potencia es muy bajo, lo que indica un mayor consumo de potencia reactiva del motor. Esto se genera por un sobredimensionamiento del motor en proceso y por las condiciones de eficiencia en la que este se encuentra, como se muestra en la Figura 30. Esto puede llevar a penalizaciones por exceso de potencia reactiva por parte de la empresa de suministro de energía eléctrica.

FACTOR DE POTENCIA

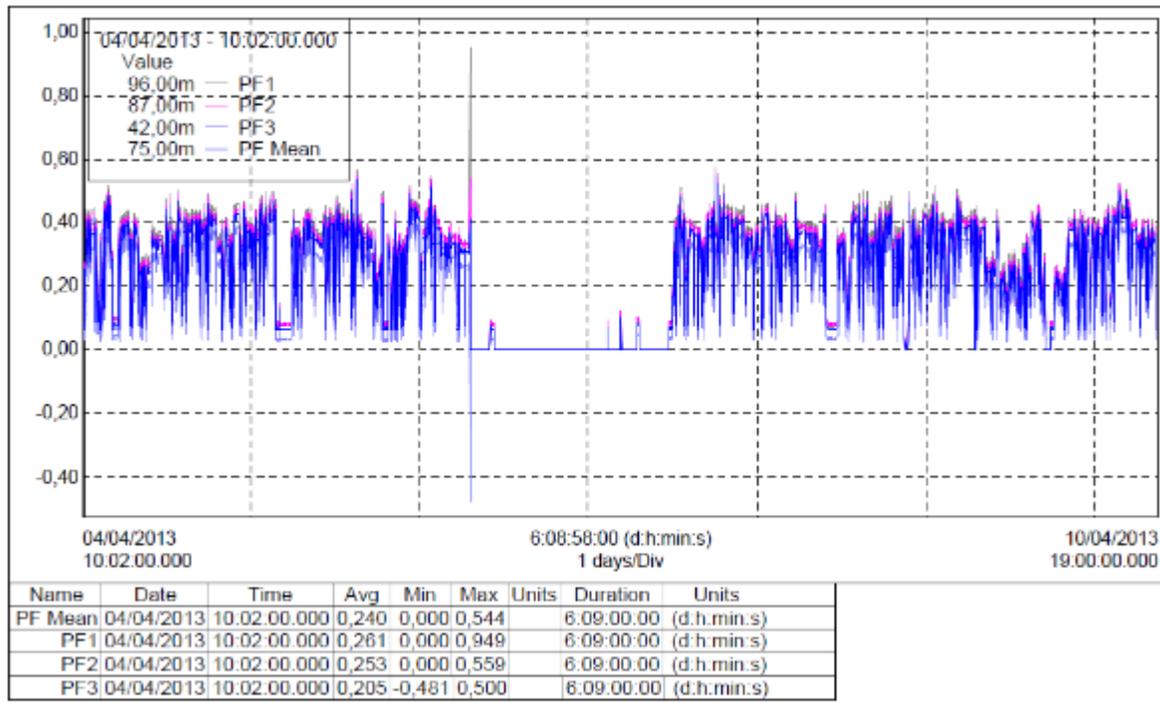


Figura 30: Factor de potencia motor de eficiencia estándar

4.1.3. Selección Del Motor De Alta Eficiencia

Para la selección del motor de alta eficiencia que reemplazara el de eficiencia estándar se debe tener en cuenta que a esta altura del proyecto, y al ver el alcance del mismo, las directivas de la compañía deciden que se repotencie la máquina para que se puedan extruir referencias de muy alta relación de extrusión, las cuales solo se extruyen en la planta de Cali pero es necesario que la máquina pueda trabajar con dichas matrices; la bomba oleohidráulica actual está diseñada para soportar 450 bar que equivale 6527psi y por lo que la gerencia nos pide que la maquina pueda

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

soportar un máximo de 6000psi a 70 GLPM Y dada la ecuación $GLPM \cdot PSI \cdot 0,0005833 = HP$ ($70 \cdot 6000 \cdot 0,0005833 = 245HP$) por lo que se seleccionan dos posibles sustitutos los cuales se muestran en la Tabla 10. Se realiza un comparativo con los resultados obtenidos en el estudio realizado en el motor de eficiencia estándar. El motor seleccionado inicialmente de 150 HP a 900RPM no cumple con las condiciones de exigencias de consumos eléctricos del proceso, pero es necesario analizar las condiciones de torque, ya que el motor del proceso actual tiene un valor de 1193,6lb-ft y el motor de 150HP tiene un torque de 88,2lb-ft, por otro lado el motor de 250HP a 1200RPM Teco Westinghouse, en donde las condiciones de torque son más cercanas al motor de eficiencia estándar y su potencia está por encima de la requerida en la repotenciación que es de 245HP y su eficiencia es mayor, por lo que se determinó que el motor de alta eficiencia que reemplazaría el motor de eficiencia estándar fuera el EP2506 de 250HP como se muestra en la Figura 31. Además que a esta velocidad es mucho más fácil de encontrar en el mercado y a un costo más favorable.

Tabla 10: Comparativo de los dos motores posibles sustitutos del motor de eficiencia estándar

REFERENCIA	E1508	EP2506
POTENCIA (HP)	150	250
POTENCIA (KW)	111,9	186,5
VOLTAJE REAL PROMEDIO (V)	–	–
DESBALANCE DE VOLTAJE (%)	–	–
VELOCIDAD SINCRÓNICA (RPM)	900	1200
VELOCIDAD REAL (RPM)	888	1188
EFICIENCIA (%)	93,6	95,8
CORRIENTE MÁXIMA PROMEDIO (A)	–	–
CORRIENTE MAXIMA CONSUMIDA(A) LÍNEA 2	–	–
TORQUE NOMINAL(LB-FT)	887,2	1105,2
PRECIO MOTOR (USD)	17315,5	16731,2
CARGABILIDAD (%)	68,92	41,35

El motor EP2506 fue adquirido luego de que el Departamento de Proyectos junto al Departamento de Mantenimiento diera el aval para la adquisición de este al Departamento de Compras de la compañía.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



Figura 31: Motor EP2506 de alta eficiencia adquirido para sustituir al de eficiencia estándar

4.2. Resultado del Diseño del Sistema Mecánico

4.2.1. Simulación de la placa base del motor de alta eficiencia

4.2.1.1. Tension de von mises

El resultado de la tensión de von mises como se muestra en la Figura 32 está en la barra de colores representada y alcanza un valor máximo cercano a los 9MPa como se ve en la Tabla 11, un poco mayor en los tornillos que sujetan la placa y en donde se muestra que el limite elástico por tensiones de von mises es de 250MPa, lo que demuestra que la platina no va a fallar por tensiones debido a las cargas a las cuales está sometida.

Tabla 11: resultados de esfuerzos por tensiones de von mises

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Stress	VON: Tensión de von Mises	1469.03 N/m ² Nodo: 87693	8.68356e+006 N/m ² Nodo: 104325

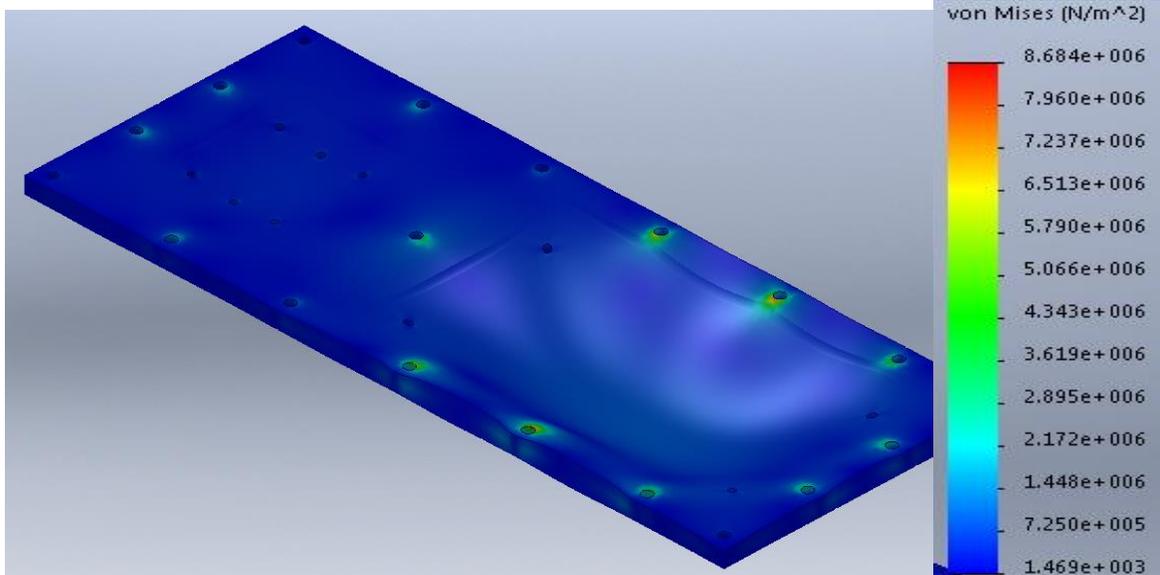


Figura 32: Esfuerzos de von mises debido a las cargas en la platina

4.2.1.2. Deformacion

La deformación en la platina como se muestra en la Figura 33 es mayor en la zona en donde va el motor de alta eficiencia, porque en zona de la bomba se puede ver que la platina no sufre mayores deformaciones; y como se muestra en la tabla la deformación máxima en la zona del motor siendo la mayor deformación es de 0,00839024mm como se ve en la Tabla 12 lo cual evidencia que la platina se deformará muy poco en el punto de mayor deformación.

Tabla 12: Deformación máxima y mínima en la simulación

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Displacement	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 261	0.00839024 mm Nodo: 15931

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

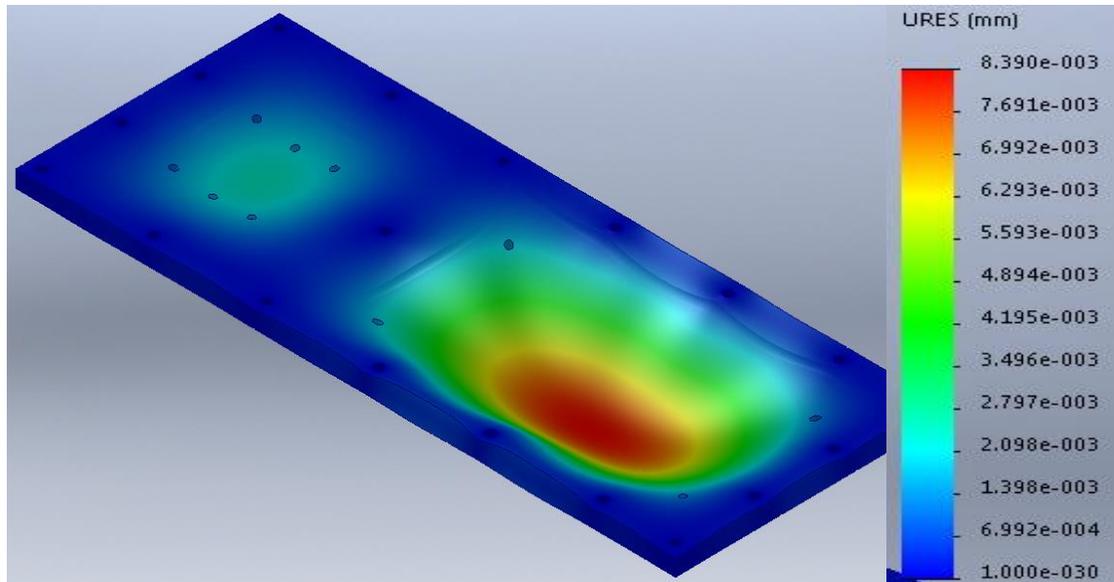


Figura 33: Deformación en la platina simulada.

4.2.2. Amortiguadores

4.2.2.1. Selección de los amortiguadores

Frecuencia perturbadora: $Hz = 1200/60 = 20Hz$, Aislamiento requerido de 90%:

Para la selección de los amortiguadores se ubican los valores de rpm o frecuencia perturbadora en el diagrama para comprobación del grado de aislamiento (Figura 2), y se procede a realizar el procedimiento mencionado en el marco teórico para selección de los amortiguadores, ver Figura 34.

4.2.2.2. Cálculo de los amortiguadores

- Carga aplicada en cada amortiguador :

Se verifican las masas de todos los elementos que le someten carga a los amortiguadores: tomando las masas de todos los elementos tenemos que:

$$W1 = 72,6kg$$

$$W2 = 72,6kg$$

$$W3 = 217,4kg$$

$$W4 = 634,6kg$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

$$W_m = 6374\text{N}$$

$$W_b = 109,98\text{kg}$$

$$W_T = ((1107,18\text{kg}) \times 9,81) + 6374\text{N} = 17235,4\text{N}$$

$$W_{\text{AMORTIGUADOR}} = 17235,4\text{N} / 20$$

$$W_{\text{AMORTIGUADOR}} = 861,77\text{N}$$

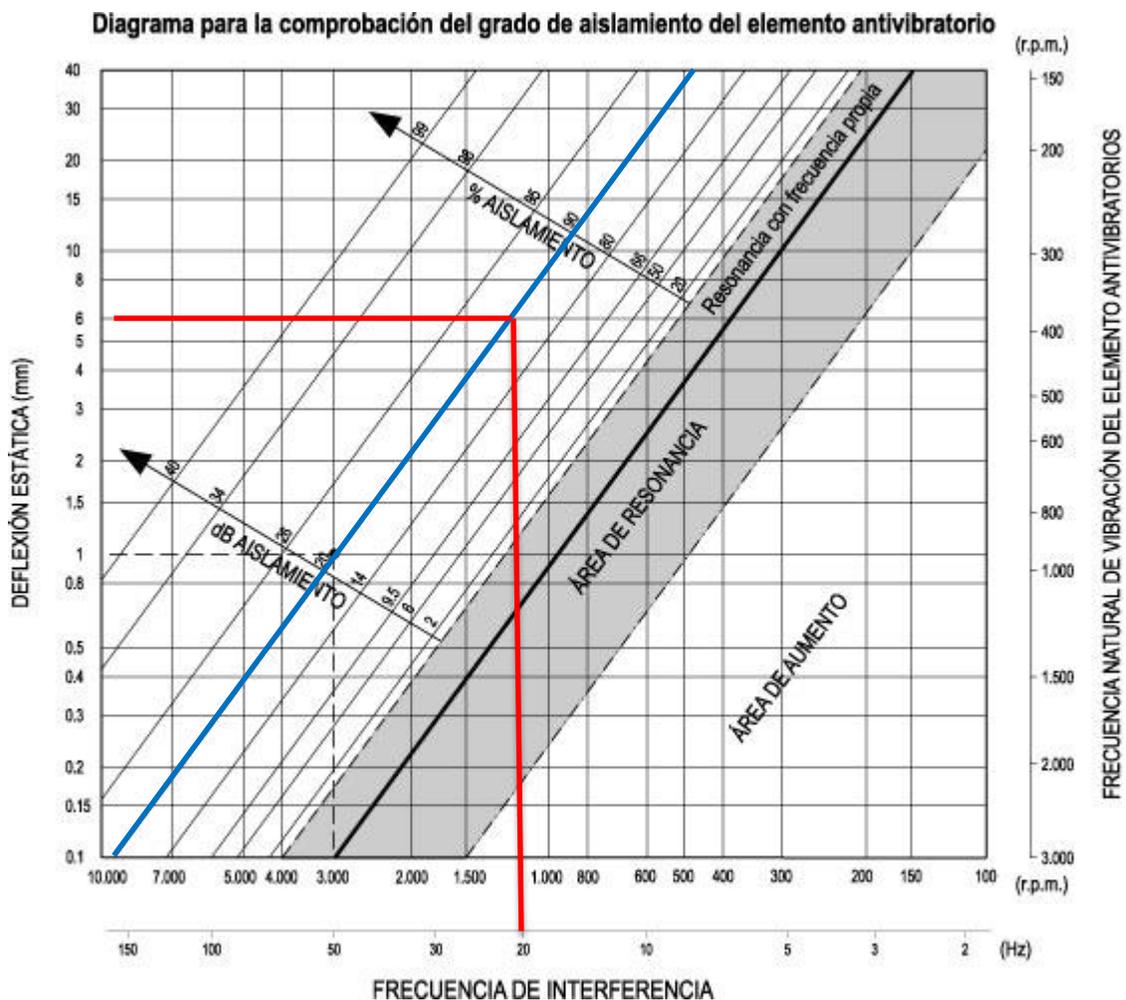


Figura 34: Diagrama para comprobación del grado de aislamiento.

- El diagrama muestra que para una frecuencia perturbadora de 60 Hz y un grado de aislamiento del 90%, la deformación obtenida es de 6 mm (ver figura 34)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

- Tras dividir la carga aplicada entre la deformación obtenida para definir la rigidez requerida, se conoce que es $861,77\text{N}/6\text{mm} = 143,63 \text{ N/mm}$
- Se procede a comparar el valor de rigidez obtenido (143,63 N/mm) con los valores indicados en la Tabla 13.
- Los valores indicados en la tabla, para el tipo DVA.1, muestran que el amortiguador anti-vibratorio adecuado para la absorción de las vibraciones en el sistema para el motor de alta eficiencia es DVA.1-30-15-M8-20-55. Ver Figura 35.



Figura 35: Amortiguador DVA1-30-15-M8-20-55

Tabla 13: Selección del amortiguador

4 Amortiguadores antivibratorios	Elementos standard				Dimensiones principales		Carga máx. [N]	Deflexión máx. [mm]	Rigidez [N/mm]	g	
	DVA.1		DVA.1-SST								
	Código	Descripción	Código	Descripción	D	L	d	l			
411101	DVA.1-8-8-M3-6-55	410001	DVA.1-8-8-SST-M3-6-55	8	8	M3	6	70	2	35	1
411121	DVA.1-10-10-M4-10-55	410005	DVA.1-10-10-SST-M4-10-55	10	10	M4	10	89	2.5	36	2
411131	DVA.1-10-15-M4-10-55	410007	DVA.1-10-15-SST-M4-10-55	10	15	M4	10	60	3.75	16	3
411141	DVA.1-15-8-M4-10-55	410011	DVA.1-15-8-SST-M4-10-55	15	8	M4	10	230	1	230	5
411151	DVA.1-15-10-M4-10-55	410013	DVA.1-15-10-SST-M4-10-55	15	10	M4	10	198	2.5	79	6
411161	DVA.1-15-15-M4-10-55	410015	DVA.1-15-15-SST-M4-10-55	15	15	M4	10	125	3.75	33	7
411171	DVA.1-15-20-M4-10-55	410017	DVA.1-15-20-SST-M4-10-55	15	20	M4	10	145	5	29	8
411181	DVA.1-20-15-M6-18-55	410021	DVA.1-20-15-SST-M6-18-55	20	15	M6	18	352	3.75	94	18
411201	DVA.1-20-20-M6-18-55	410023	DVA.1-20-20-SST-M6-18-55	20	20	M6	18	260	5	52	25
411211	DVA.1-20-25-M6-18-55	410025	DVA.1-20-25-SST-M6-18-55	20	25	M6	18	310	6.25	50	20
411221	DVA.1-25-15-M6-18-55	410031	DVA.1-25-15-SST-M6-18-55	25	15	M6	18	687	3.75	183	28
411241	DVA.1-25-20-M6-18-55	410033	DVA.1-25-20-SST-M6-18-55	25	20	M6	18	602	5.0	120	31
411261	DVA.1-25-25-M6-18-55	410035	DVA.1-25-25-SST-M6-18-55	25	25	M6	18	675	6.25	108	35
411271	DVA.1-25-30-M6-18-55	410037	DVA.1-25-30-SST-M6-18-55	25	30	M6	18	562	7.5	75	38
411281	DVA.1-30-15-M8-20-55	410041	DVA.1-30-15-SST-M8-20-55	30	15	M8	20	534	3.75	142	45
411301	DVA.1-30-20-M8-20-55	410043	DVA.1-30-20-SST-M8-20-55	30	20	M8	20	1250	5	250	50
411321	DVA.1-30-30-M8-20-55	410045	DVA.1-30-30-SST-M8-20-55	30	30	M8	20	843	7.5	112	57
411331	DVA.1-40-20-M8-23-55	410051	DVA.1-40-20-SST-M8-23-55	40	20	M8	23	1500	5	300	80
411341	DVA.1-40-30-M8-23-55	410053	DVA.1-40-30-SST-M8-23-55	40	30	M8	23	1527	7.5	204	95
411361	DVA.1-40-40-M8-23-55	410055	DVA.1-40-40-SST-M8-23-55	40	40	M8	23	1620	10	162	100

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

4.2.3. Acople

Para la selección de acople se tiene que el torque del motor es de 1005.2Lb.ft como se aprecia en la Tabla 10, que tras la conversión de unidades puede expresarse como 13262.4Lb.in. En este caso como es una bomba de pistones de simple efecto el factor de servicio leído en la Tabla 2 es de 2.0. Por lo que tenemos que para la selección se empleará el siguiente valor: 13262,4Lb.in*2.0 = 26524,4Lb.in. Y sabiendo que requiere un acople Falck de la familia T10, que son los acoples para transmitir potencia de un motor a una bomba, se presenta la sección del acople en la Tabla 14 donde se busca el acople que soporte el torque calculado, en la tabla se obtiene que el acople a utilizar es el T1090T (ver figura 36) que soporta 33000Lb.in es decir que se encuentra por encima del valor del torque calculado.

Tabla 14: Selección del acople FALCK

SIZE *	Torque Rating (lb-in) †	Allow Speed rpm ‡	Max Bore •	Min Bore ■	Cplg Wt With No Bore-lb	Lube Wt lb	DIMENSIONS — INCHES							
							A	B	C	D	F	J	S	Gap
1020T	460	4500	1.125	.500	4.2	.06	3.02	3.88	1.80	1.56	....	2.62	1.54	.125
1030T	1,320	4500	1.375	.500	5.7	.09	4.16	3.88	1.88	1.94	....	2.69	1.54	.125
1040T	2,200	4500	1.625	.500	7.4	.12	4.50	4.12	2.00	2.25	....	2.75	1.50	.125
1050T	3,850	4500	1.875	.500	12	.15	5.32	4.88	2.38	2.62	....	3.19	1.76	.125
1060T	6,050	4950	2.125	.750	16	.19	5.82	5.12	2.50	3.00	....	3.68	2.06	.125
1070T	8,000	4125	2.500	.750	23	.25	6.25	6.12	3.00	3.44	....	3.81	2.12	.125
1080T	13,150	3600	3.000	1.062	39	.38	7.50	7.12	3.50	4.12	....	4.55	2.54	.125
1090T	33,000	3600	3.500	1.062	56	.56	8.31	7.88	3.88	4.86	....	4.81	2.82	.125
1100T	55,550	2440	4.000	1.625	93	.94	9.68	9.89	4.75	5.59	....	6.12	....	.188
1110T	82,500	2250	4.500	1.625	120	1.12	10.62	10.19	5.00	6.31	....	6.36	....	.188
1120T	121,000	2025	5.000	2.375	179	1.62	12.12	12.00	5.88	7.06	....	7.54	....	.250
1130T	176,000	1800	6.000	2.625	266	2.0	13.62	13.00	6.38	8.56	....	7.68	....	.250
1140T	253,000	1650	7.250	2.625	392	2.5	15.12	14.75	7.25	10.00	....	7.92	....	.250
1150T	352,000	1500	8.000	4.250	500	4.3	17.84	16.65	7.20	10.60	15.40	10.69	....	.250
1160T	495,000	1350	9.000	4.750	681	6.2	19.76	15.85	7.80	12.00	17.20	10.96	....	.250
1170T	660,000	1225	10.000	5.250	967	7.7	22.32	17.25	8.50	14.00	19.10	12.10	....	.250
1180T	915,000	1100	11.000	6.000	1365	8.3	24.80	19.05	9.40	15.50	21.84	12.64	....	.250
1190T	1,210,000	1050	12.000	6.000	1710	9.7	26.60	20.65	10.20	17.20	23.93	12.80	....	.250
1200T	1,650,000	900	13.000	7.000	2331	12.4	29.80	22.25	11.00	19.60	26.00	14.00	....	.250
1210T	2,200,000	820	14.000	7.000	3140	23.2	33.25	24.50	12.00	21.00	29.56	17.00	....	.500
1220T	2,970,000	730	15.000	8.000	3935	35.4	36.25	26.10	12.80	22.50	32.37	19.30	....	.500
1230T	3,850,000	680	16.000	8.000	4997	53.0	39.50	27.70	13.60	24.00	35.62	21.50	....	.500
1240T	4,950,000	630	17.000	10.000	6504	74.5	42.80	29.50	14.50	25.50	....	25.50	....	.500
1250T	6,600,000	580	18.500	10.000	8450	110.5	46.50	32.10	15.80	28.00	....	27.50	....	.500
1260T	8,250,000	540	20.000	10.000	10322	148.1	49.64	34.50	17.00	30.00	....	30.00	....	.500

* Refer to Page 5 for General Information and Reference Notes.

4.3. Resultado de la sustitución

Luego de que se realizó el proceso de instalación del motor de alta eficiencia y todos sus componentes, ya descrito en el capítulo de metodología, se encendió al motor, se verificó

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

el sentido de giro, se realizaron pruebas de consumo de corriente a diferentes presiones de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Amperaje a 0 psi = 82,8A

Amperaje a 1000 psi = 104,2A

Amperaje a 2000 psi = 112,9A

Amperaje a 3800 psi = 150,5A.



Figura 36: Acople Falck 1090T

4.3.1. Puesta en Marcha

Como resultado de los chequeos realizados se procedió a verificar el comportamiento de la máquina en trabajo real, como se muestra en la Figura 37, de donde se obtuvo que la máquina no presentó alteraciones en su funcionamiento.

4.3.2. Validación de la sustitución

La validación de los resultados se determinó realizando los mismos análisis que fueron realizados al motor de eficiencia estándar, en donde se revisaron los espectros arrojados, lo cual se reportará a continuación.



Figura 37: Prensa extrusora número 3 en extrusión real

4.3.2.1. Volatje de operación

Como se puede observar en la Figura 38, no hay inconvenientes en los niveles de alimentación del motor. Estos valores se encuentran dentro de los parámetros normales de funcionamiento.

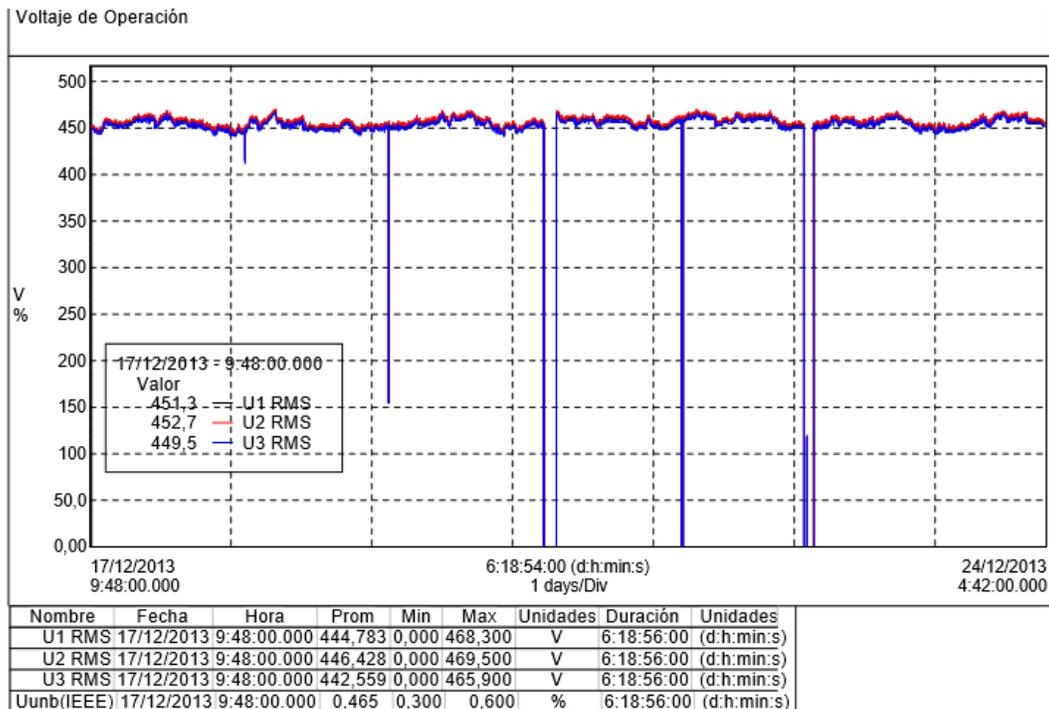


Figura 38: voltaje de operación motor de alta eficiencia

4.3.2.2. Corriente de operación

Como se puede evidenciar en la Figura 39 el consumo de corriente promedio del motor es 138,45A y una corriente máxima en funcionamiento continuo de 174,3A a 60HZ. Estos valores se encuentran dentro de los parámetros en placa de consumo de corriente del motor.

CORRIENTE DE OPERACIÓN (A)

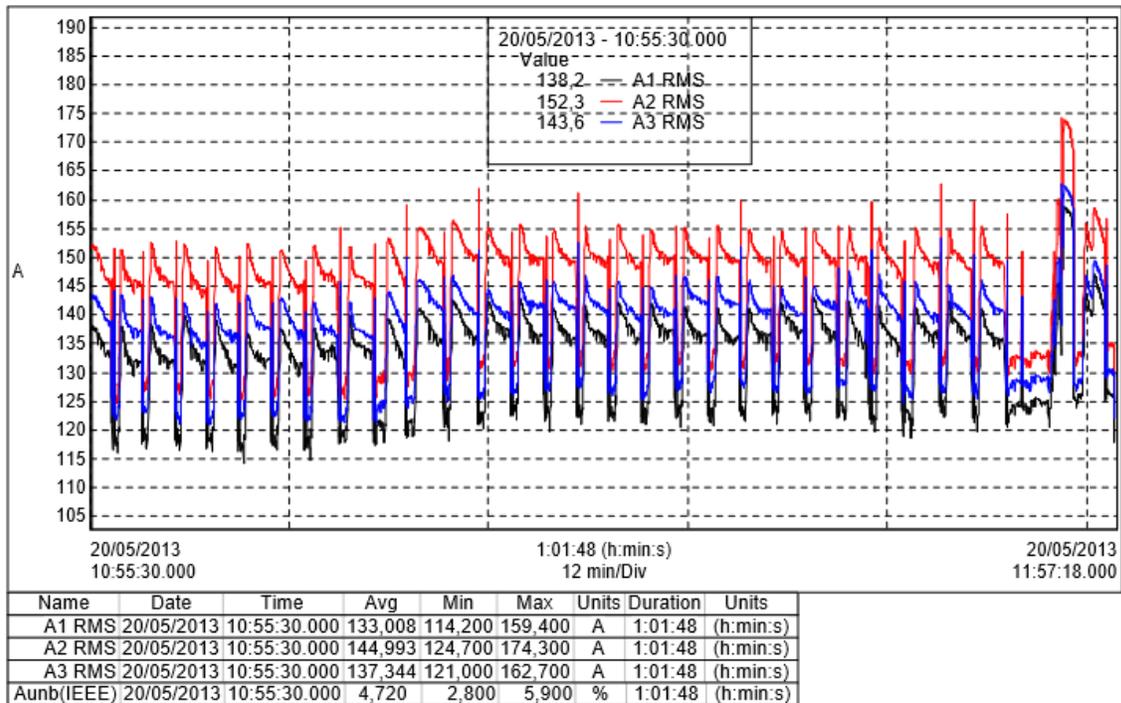


Figura 39: corriente de operación motor de alta eficiencia

4.3.2.3. Consumo de potencia

Como se puede observar en la figura 40 el consumo máximo de potencia activa del motor es de 77,089KW (103,4HP), y el motor está diseñado para soportar 250HP lo que muestra que se encuentra en una cargabilidad del 41,36%. Esto muestra un sobre-dimensionamiento del motor en el proceso que se compensa con los picos de consumo en los fenómenos de presión de rompimiento y que se justifica con el plan gerencial de empezar a trabajar matrices de mayor exigencia. En esta situación de análisis, la máquina se mantiene durante un tiempo aproximado de 4 min a máxima presión cuando la relación de extrusión es muy alta como la relación de extrusión

de los perfiles tubulares y los perfiles en barras solidas los cuales necesitan mayor fuerza para forzar el aluminio a pasar por la matriz, el pico de consumo se debe a un inicio de extrusión de una matriz con una presión de rompimiento baja.

CONSUMO DE POTENCIA (KW)

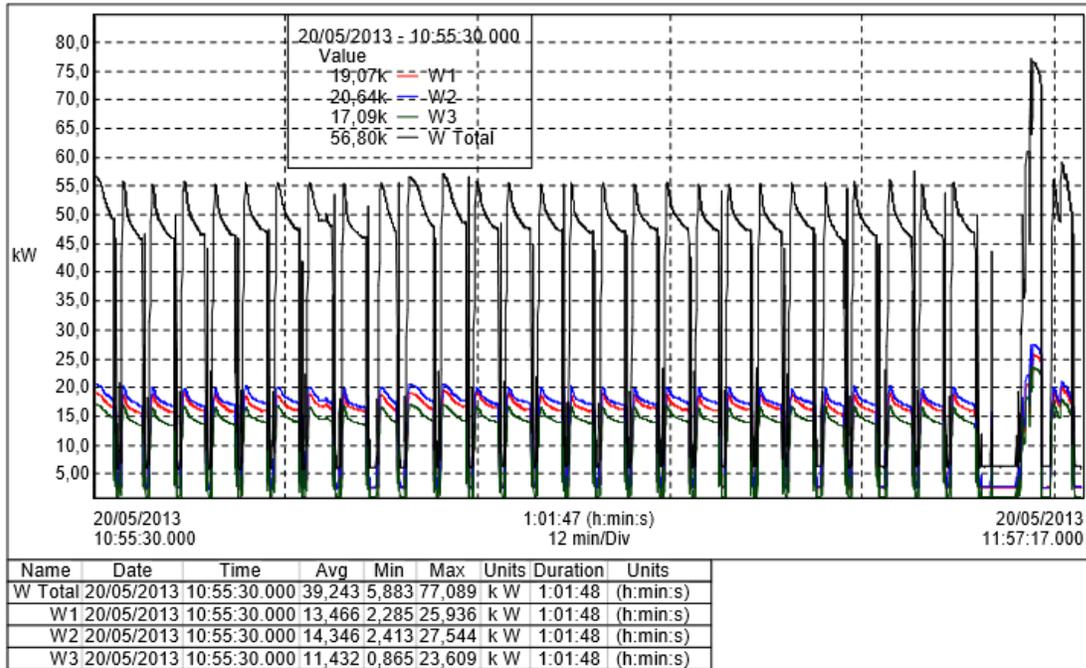


Figura 40: Consumo de potencia motor de alta eficiencia

4.3.2.4. Potencia reactiva (KVAR) y aparente (KVA)

El consumo promedio de potencia reactiva y aparente del motor es de 63,673KVA y 63,098KVAR respectivamente, valores que son muy parejos y mu balanceados lo cual indica un menor consumo de potencia activa requerida para magnetizar el motor lo que tambn se vera reflejado en menor consumo, y una notable mejora en la eficiencia del motor, ver figura 41. Aunque según la Tabla 1, para una cargabilidad cercana al 50% no se esperan eficiencias mayores al 94%.

4.3.2.5. Factor de potencia

El factor de potencia como se evidencia en la figura 42 logro aumentar significativamente aun teniendo que su cargabilidad queda por debajo de la del motor de eficiencia estándar, esto debido a las condiciones de mayor eficiencia del motor de alta eficiencia, y este aumentará a medida que

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

se aumente la carga del motor, porque cabe recordar que la carga del motor es variable en todos los tiempo de funcionamiento y operación del proceso de extrusión.

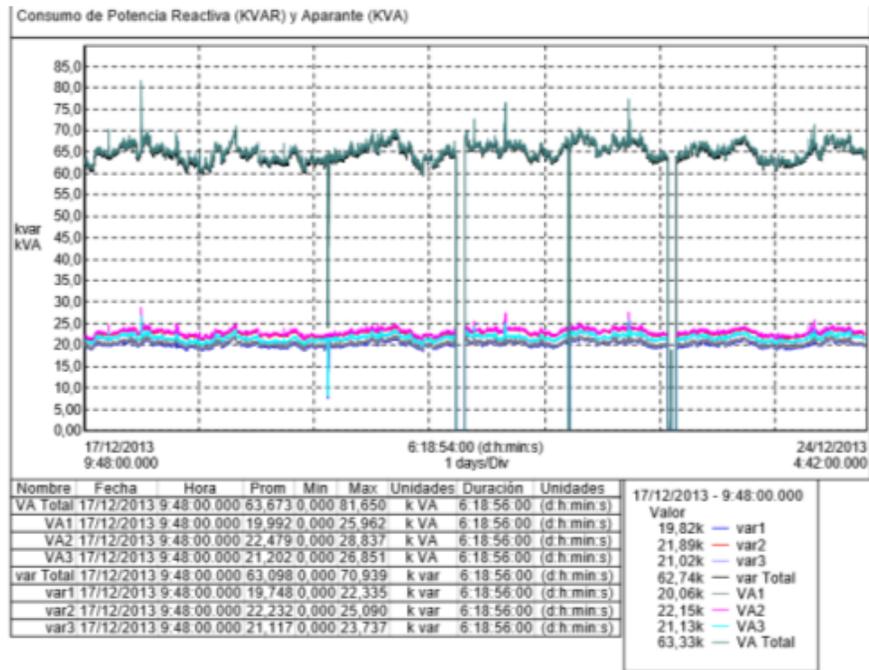


Figura 41: potencia reactiva y potencia aparente motor de alta eficiencia

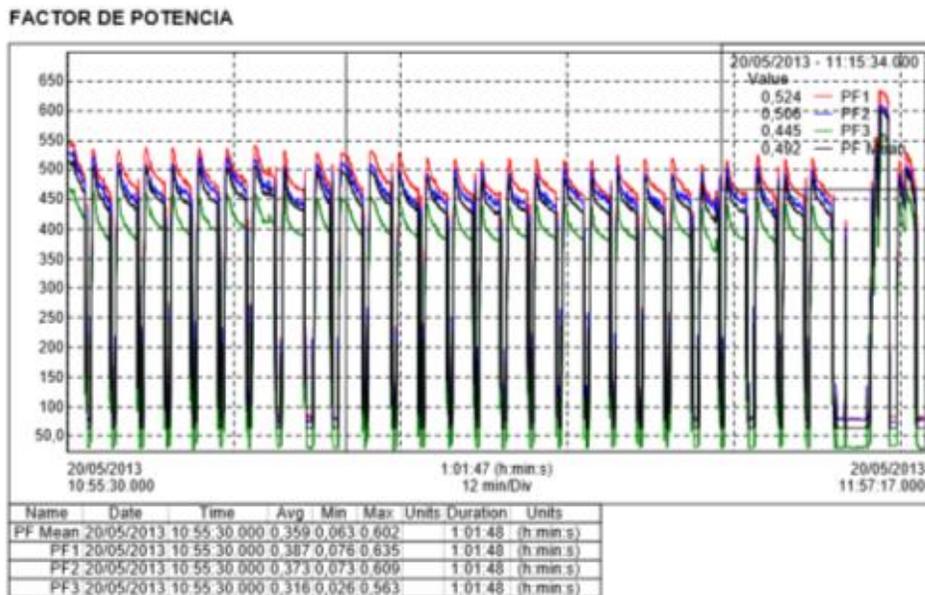


Figura 42: factor de potencia motor de alta eficiencia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

4.3.2.6. Consumo de energía

Como se puede evidenciar en la figura 43, el consumo máximo de energía fue 994,296KW-h, lo cual muestra una disminución en el consumo con respecto al motor de eficiencia estándar, el cual supero el MW-h en el mismo periodo de tiempo lo cual se verá reflejado en la cuenta de energía.

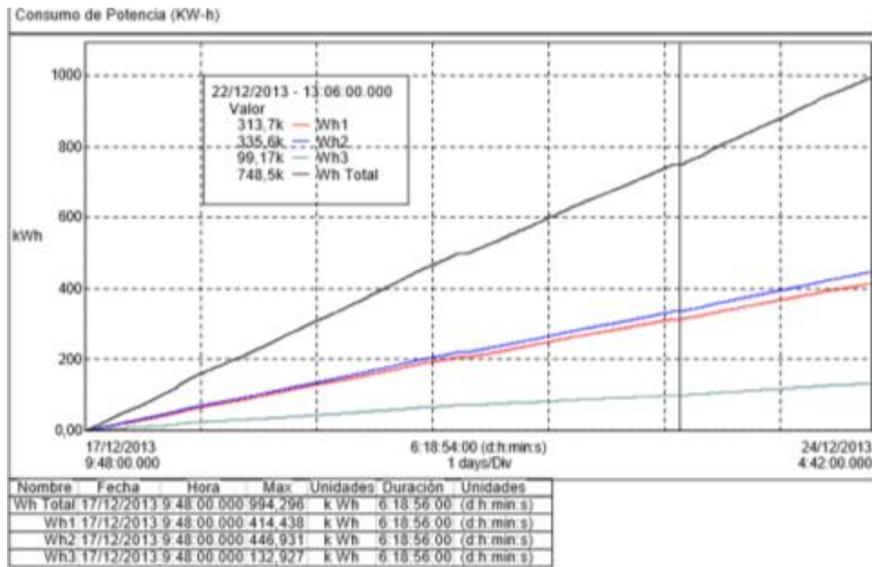


Figura 43: consumo de energía

4.4. Análisis De Costos

En esta fase del proyecto se verificó que todos las expectativas planteadas en el diseño se cumplieran, lo cual quedó evidenciado en la Tabla 15, en donde se registraron los valores obtenidos mediante al analizador de red luego de que la máquina había entrado en operación y se comparó con los datos obtenidos en la medición del motor de eficiencia estándar, y en donde se realiza el análisis de costo, allí se puede ver claramente que el proyecto fue todo un éxito.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

Tabla 15. Análisis de costos

ESTUDIO DE CARGABILIDAD EN MOTOR BOMBA 500-2 VARIABLE 2, RESULTADOS MEDIDAS MOTOR TW			
		MOTOR BOMBA 500-2 VARIABLE 2 CON PERIODO DE MUESTREO DE 2MIN.	MOTOR TECOWESTINGHOUSE BOMBA 500-2 VARIABLE 2 CON PERIODO DE MUESTREO DE 2MIN.
DATOS DE PLACA	MARCA	GENERAL ELECTRIC	TECOWESTINGHOUSE
	REFERENCIA	RU831207	EP2506
	PRECIO MOTOR (USD)	n/a	30850500,0
	POTENCIA (HP)	200	250
	POTENCIA (KW)	149,2	186,5
	VELOCIDAD SINCRONICA (RPM)	900	1200
	VELOCIDAD REAL (RPM)	880	1188
	CORRIENTE (A) @ 440V, 60HZ	263	289
	TORQUE NOMINAL(LB-FT)	1193,6	1105,2
	EFICIENCIA ESTIMADA EPACT (%)	92,56	95,8
MEDIDAS REALIZADAS MOTOR G.E.	VOLTAJE REAL PROMEDIO (V)	453,45	467,9
	DESBALANCE DE VOLTAJE (%)	0,513	0,6
	CORRIENTE DE ARRANQUE (A)	573,8	743
	CORRIENTE MÁXIMA PROMEDIO (A)	143,26	102,5
	CORRIENTE MAXIMA CONSUMIDA(A) LÍNEA 2	178,9	108
	POTENCIA PROMEDIO CONSUMIDA (KW)	27,3	6,1
	POTENCIA PROMEDIO CONSUMIDA (HP)	36,6	8,2
	POTENCIA MAXIMA CONSUMIDA (KW)	73,86	26,1
	POTENCIA MAXIMA CONSUMIDA (HP)	99,0	35,0
	CARGABILIDAD (%)	49,5	14,0
ANALISIS DE COSTOS	HORAS OPERACIÓN	7500	7500
	COSTO (COP/KW)	253	253

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

	COSTO OPERACIÓN MOTOR (HP PROM) (COP)	\$51.801.750	\$ 11.574.750
	AHORRO (\$) / AÑO	\$ 40.227.000	
	AHORRO (\$) / MES	\$ 3.352.250	
	RETORNO DE INVERSION (MESES)	9,20	
	RETORNO DE INVERSION (AÑOS)	0,77	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1. CONCLUSION GENERAL:

La sustitución del motor de eficiencia estándar por el de alta eficiencia, por medio de la metodología de eficiencia estándar, cumple con los requerimientos planteados en el diseño, y se lograron identificar con gran exactitud, las variables y condiciones que afectan, y pueden mejorar, el desempeño energético de la maquina eléctrica, y sus beneficios monetarios.

5.1.1. Conclusiones complementarias

- Se diseñó y se justificó el cambio del motor de eficiencia estándar por uno de alta eficiencia por medio del método de eficiencia ajustada.
- Se diseñaron los elementos electromecánicos necesarios para la realizar la implementación del motor de alta eficiencia
- Se retiró el motor de eficiencia estándar y se ejecutó la implementación del motor de alta eficiencia.
- Se realizaron chequeos para analizar los resultados y se verificó que los resultados cumplen con las expectativas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el mismo análisis utilizando la metodología aquí desarrollada para sustituir el motor de la bomba variable 501, el cual trabaja en unas condiciones muy similares al motor intervenido.
- Se recomienda hacer análisis de vibraciones al motor periódicamente, por lo menos 4 veces al año.
- Se recomienda incluir a las rutinas diarias e inspecciones y chequeo, el seguimiento de vibraciones y temperatura, en zona de rodamientos y en general.
- Se recomienda realizar rutina tribológica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

5.3. TRABAJOS A FUTURO.

- Implementar variador de velocidad para el arranque y funcionamiento del motor eléctrico de alta eficiencia.
- Sustituir el motor de la bomba 501 de la extrusora #3 el cual trabaja en condiciones muy similares al motor de la bomba 502.
- Implementar motores de alta eficiencia para proyectos a futuro.
- Analizar condiciones energéticas de las demás prensas extrusoras.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

6. REFERENCIAS

- Allen-Bradley. (September 2012). *PowerPad Portable Power Monitor*. U.S.A: Allen-Bradley.
- Campos Avella, J. (2008). *EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS*. Barranquilla: UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO y UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE.
- Elesa+Ganter. (2006). *elesa-ganter.com*. Obtenido de DVA Amortiguadores antivibratorios: <http://www.elesa-ganter.com/es/30/sp/9139/4/88/amortiguadores-antivibratorios/dva/eg/>
- FALCK. (2004). *STEELFLEX*. Rexnord Industrie.
- Mendoza Centeno, D. (2013). *MÉTODO DE LA EFICIENCIA AJUSTADA PARA MOTORES DE INDUCCIÓN Y SU APLICACIÓN PARA PROPONER LA SUSTITUCIÓN DE MOTORES ESTÁNDAR A ALTA EFICIENCIA*. guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Novoa, L. (2000). *Motor de Inducción*. Obtenido de El Rincón del Vago: <http://html.rincondelvago.com/motor-de-induccion.html>
- Quilodrán Jopia, V., Pérez Moreno, R., & Lizana Marchant, C. (2011). *Ingeniería de Ejecución Mecánica en Mantenimiento Industrial*. Obtenido de Acoplamiento Mecánicos: http://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_44744_44743.pdf
- Quilodrán, V. (s.f.). *www.emagister.com*. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de Acoplamiento mecánicos: http://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_44744_44743.pdf
- Quispe O., E. C., & Mantilla P., L. F. (2002). Motores Eléctricos de Alta Eficiencia -Características Electromecánicas, Ventajas y Aplicabilidad. *Motores Eléctricos de Alta Eficiencia*, 1-10.
- Rexnord Industries. (2005). *STEELFLEX*. USA: FALK.
- Todoproductividad. (2011). *Determinando eficiencia y carga de los motores eléctricos*. Obtenido de Todoproductividad: <http://todoproductividad.blogspot.com/2011/01/determinando-eficiencia-y-carga-de-los.html>
- U.S. Department of Energy. (1997). *Office of Energy Efficiency & Renewable Energy*. Obtenido de DETERMINING ELECTRIC MOTOR LOAD AND EFFICIENCY: http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_assistance/pdfs/10097517.pdf

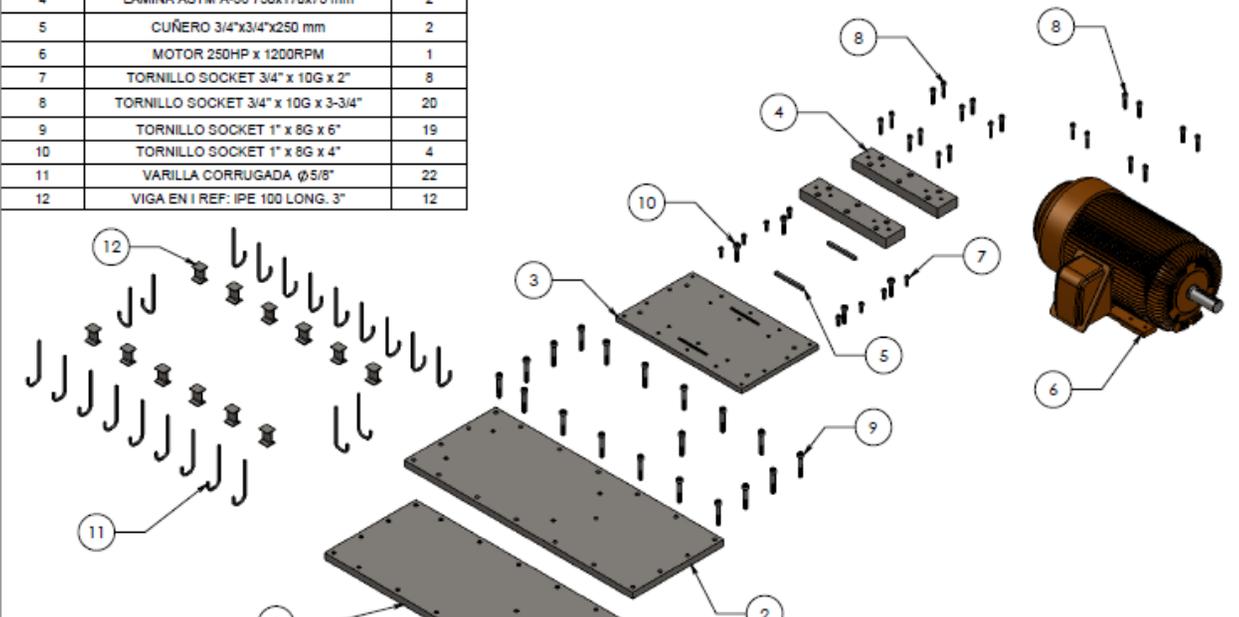
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

UPME. (2009). *Sistema de Información de eficiencia energética y Energías Alternativas*. Obtenido de Uso Racional de Energía URE en la Industria:
<http://www.si3ea.gov.co/Home/UREenlaIndustria/tabid/117/language/en-US/Default.aspx>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

ANEXO 1: Planos de fabricación y montaje

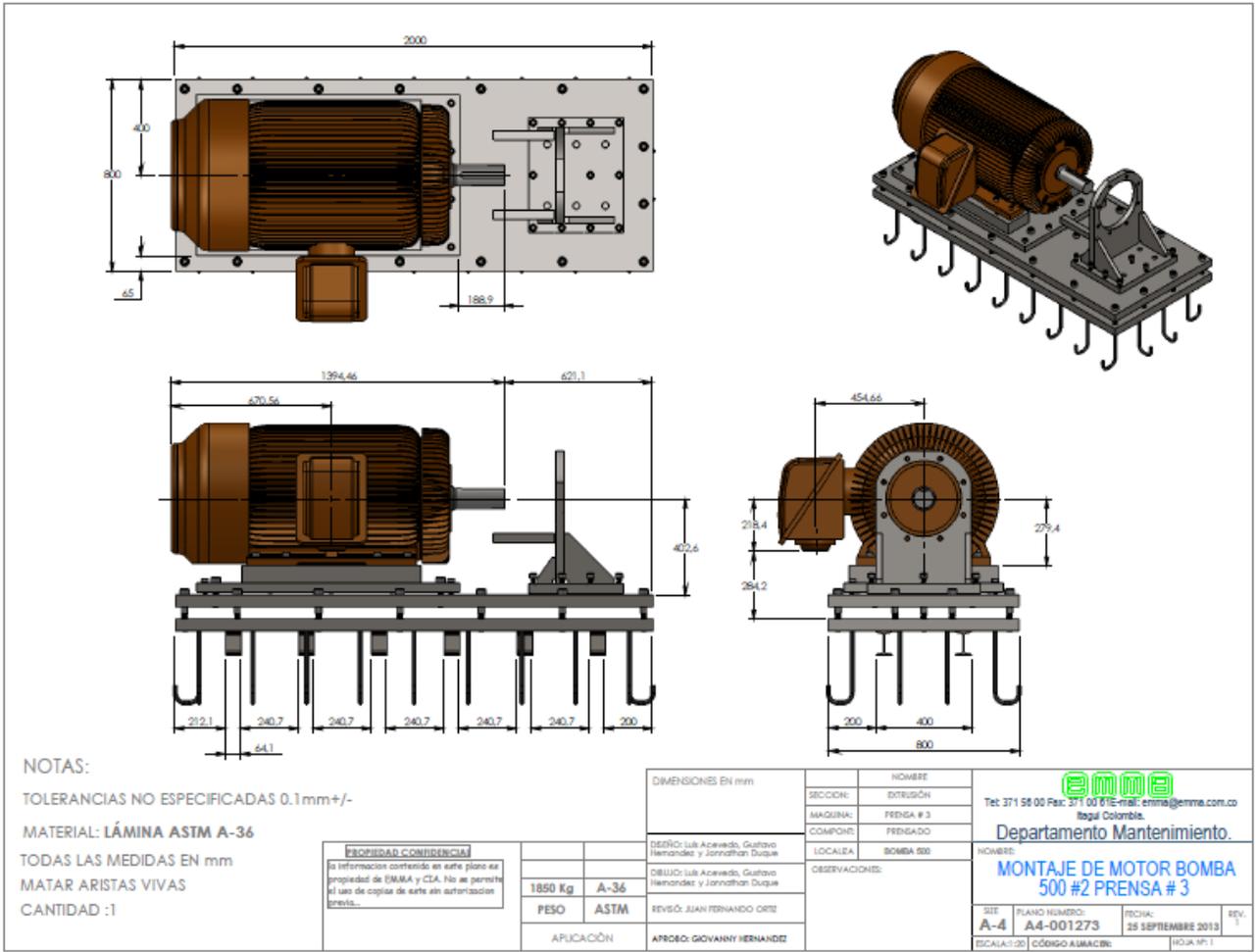
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	LÁMINA ASTM A-36 2000x800x2"	1
2	LÁMINA ASTM A-36 2000x800x2"	1
3	LÁMINA ASTM A-36 1100x670x1-1/2"	1
4	LÁMINA ASTM A-36 750x170x75 mm	2
5	CUÑERO 3/4"x3/4"x250 mm	2
6	MOTOR 250HP x 1200RPM	1
7	TORNILLO SOCKET 3/4" x 10G x 2"	8
8	TORNILLO SOCKET 3/4" x 10G x 3-3/4"	20
9	TORNILLO SOCKET 1" x 8G x 6"	19
10	TORNILLO SOCKET 1" x 8G x 4"	4
11	VARILLA CORRUGADA ϕ 5/8"	22
12	VIGA EN I REF: IPE 100 LONG. 3"	12

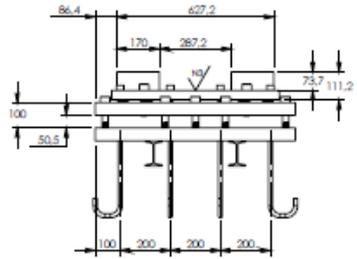
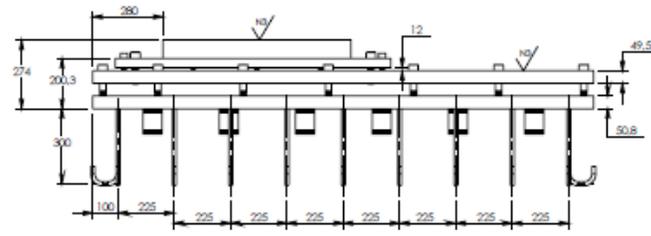
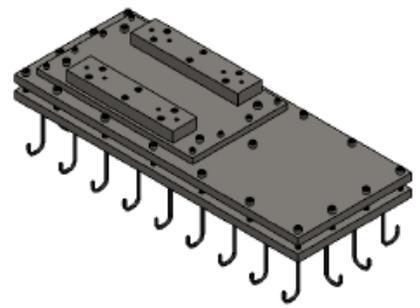
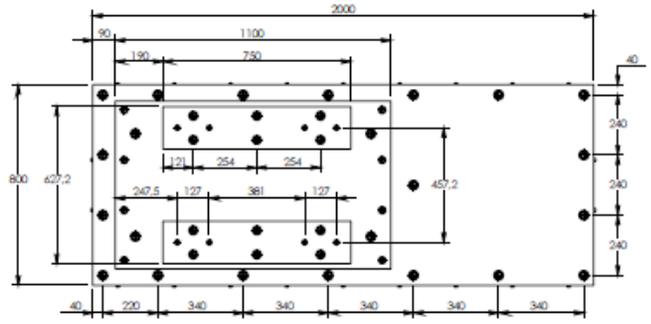


NOTAS:
 TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-
 MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS VIVAS
 CANTIDAD :1

DIMENSIONES EN mm		NOMBRE	
		SECCION:	EXTRUSIÓN
		MAGNIA:	FRENDA # 3
		COMPOS:	FRENADO
		LOCALIA:	BOMBA 500
DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTE APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ		OBSERVACIONES:	

 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 87E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia. Departamento Mantenimiento.			
NOMBRE: DESPIECE LÁMINAS ASTM A-36 PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3			
SER:	PLANO NUMERO:	FECHA:	REV:
A-4	A4-001273-B	25 SEPTIEMBRE 2013	1
ESCALA:1:30	CÓDIGO SIMACB:	HOJA Nº 3	





NOTAS:
TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm +/-
MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36
TODAS LAS MEDIDAS EN mm
MATAR ARISTAS VIVAS
CANTIDAD :1

ROBUSTEZ Y CONFIABILIDAD
La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No es permitida el uso de copias de este sin autorización expresa.

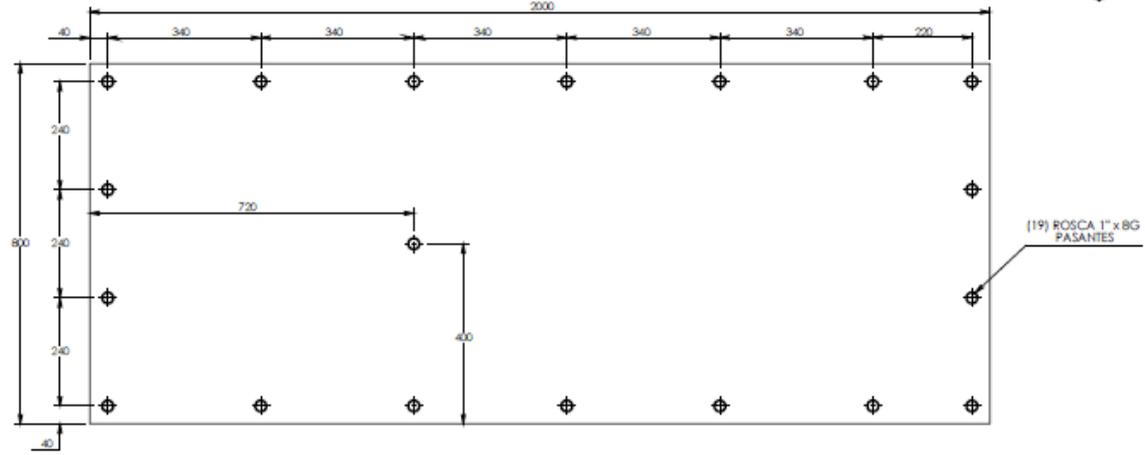
PESO	1653 Kg
ASTM	A-36
APLICACIÓN	ASTM

DIMENSIONES EN mm	
DESIGNO:	Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque
DESENHO:	Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque
REVISÓ:	JEAN FERNANDO ORTIZ
APROBO:	GIOVANNY HERNANDEZ

NOMBRE		EMMA	
SECCION:	EXTRUSIÓN	Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 87 E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia.	
MAQUINA:	PRENSA # 3	Departamento Mantenimiento.	
COMPON:	PRENSADO	NOMBRE: ENSAMBLE DE LÁMINAS ASTM A-36 PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3	
LOCALIA:	BOMBA 500	SIE	PLANO NUMERO:
OBSERVACIONES:		A-4	A4-001273-A
		FECHA:	25 SEPTIEMBRE 2013
		REVISOR:	1
		ESCALA: 1:20	CÓDIGO ASMACB:
			HOJA Nº: 2

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

ESPESOR 2"



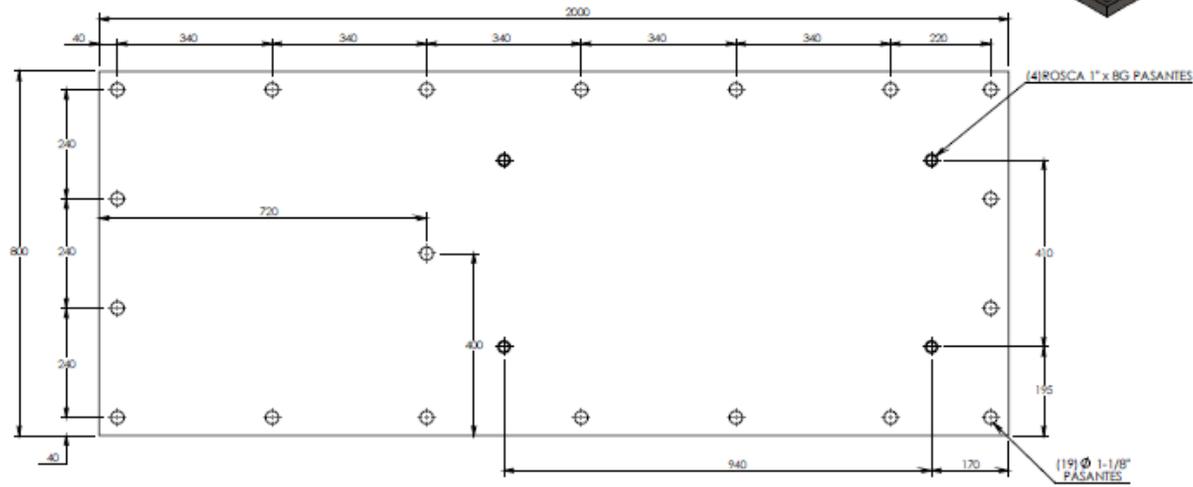
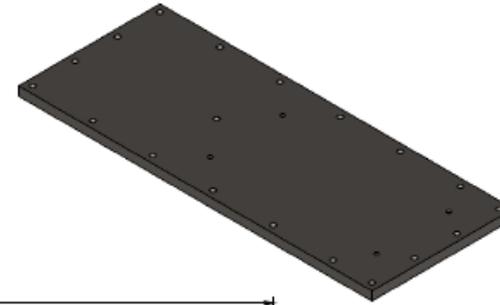
NOTAS:
 TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-
 MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36 ESPESOR 2"
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS VIVAS
 CANTIDAD :1

PROPIEDAD CONFIDENCIAL
 La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.

DIMENSIONES EN mm		NOMBRE		 Tel: 371 58 00 Fax: 371 50 07 E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia. Departamento Mantenimiento.
DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque		SECCION:	DISTRIBUCIÓN	
DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque		MAQUINA:	PRENSA # 3	
REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTIZ		COMPROB:	PRENSADO	
PESO 634.6 Kg		ASTM A-36		LOCALIZA: BOMBA 500
APLICACIÓN		APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ		OBSEVACIONES:
				NOMBRE: LÁMINA ASTM A-36 2000x800x2" #1 PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3
				SITE: A-4 PLANO NUMERO: A4-001273-C FECHA: 25 SEPTIEMBRE 2013 REV: 1
				ESCALA: 1:11 CÓDIGO ASMACB: HOJA Nº 4

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

**ESPESOR 2"
RECTIFICADO EN 1 CARA**



NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-

MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36 ESPESOR 2"

TODAS LAS MEDIDAS EN mm

MATAR ARISTAS VIVAS

CANTIDAD :1

PROPIEDAD CONFIDENCIAL
La información contenida en este plano es propiedad de (EMMA) y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.

DISEÑO: Luis Acaravedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	
DIBUJO: Luis Acaravedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	
REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTIZ	
APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ	
PESO	ASTM
632.5 Kg	A-36
APLICACIÓN	

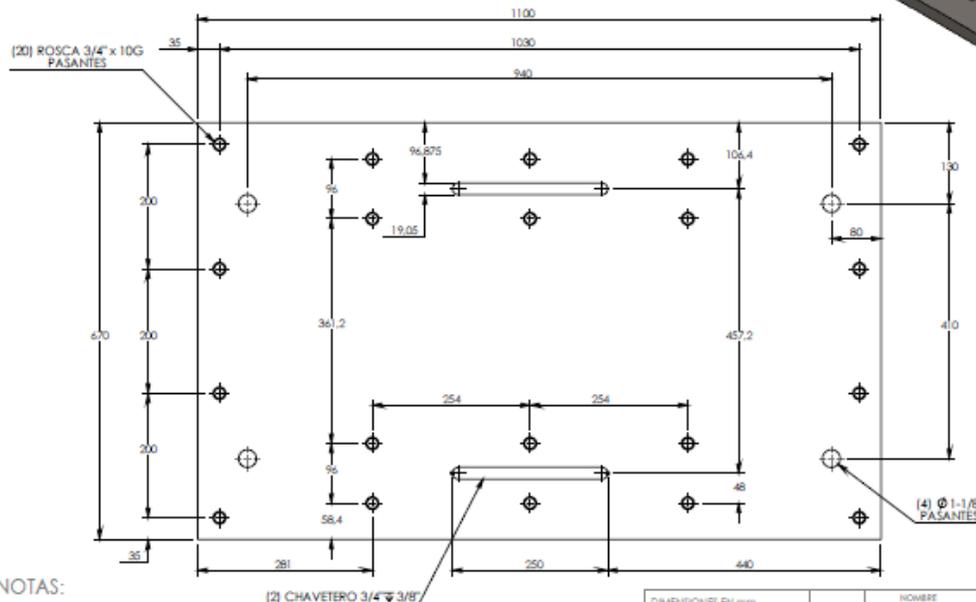
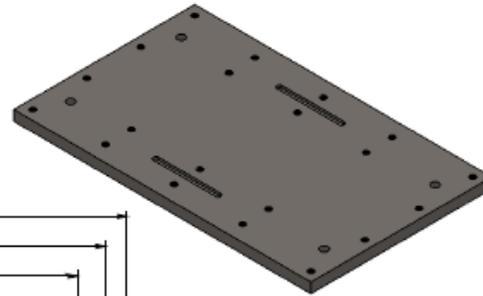
DIMENSIONES EN mm	
SECCION:	EXTRUSION
MAQUINA:	FRENDA # 3
COMPONO:	FREIGADO
LOCALIA:	BOMBA 500
OBSERVACIONES:	


 Tel: 371 56 00 Fax: 371 00 87E-mail: emma@emma.com.co
 Bogotá Colombia.
Departamento Mantenimiento.

HOJERS:
**LÁMINA ASTM A-36 2000x800x2" #2
PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA
500 #2 PRENSA # 3**

SITE	PLANO NUMERO:	FECHA:	REV.
A-4	A4-001273-D	25 SEPTIEMBRE 2013	1
ESCALA:1:1	CÓDIGO ALMACEN:	HOJA Nº: 5	

ESPESOR 1-1/2"
RECTIFICADO EN 1 CARA



NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-

MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36 ESPESOR 1-1/2"

TODAS LAS MEDIDAS EN mm

MATAR ARISTAS VIVAS

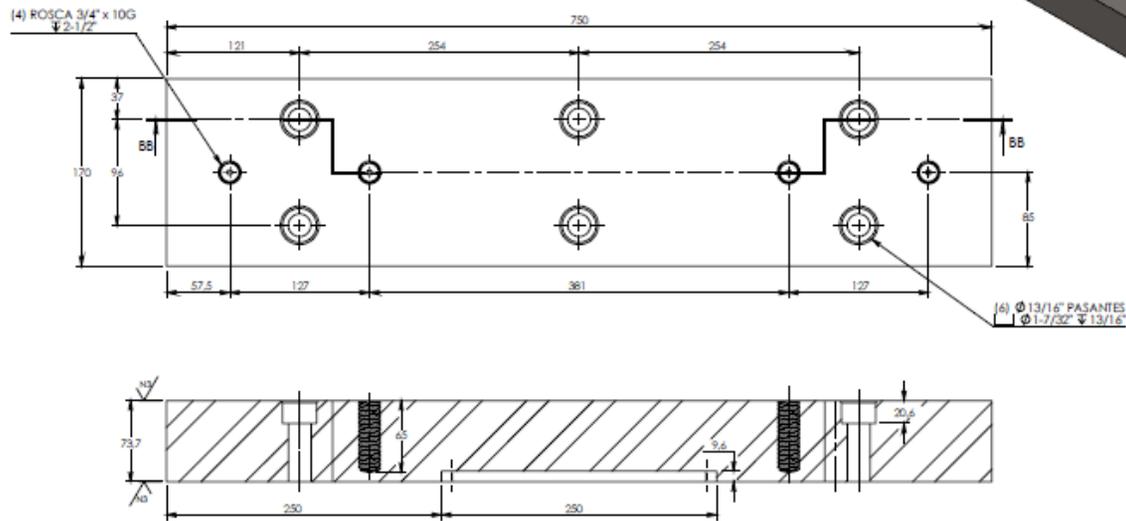
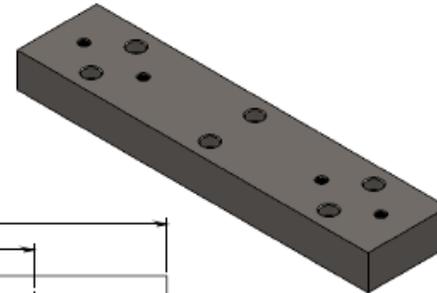
CANTIDAD :1

PROPIEDAD CONFIDENCIAL
La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización expresa.

DIMENSIONES EN mm		DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	
DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque		REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTIZ	
APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ		OBSERVACIONES:	

SECCION: EXTRUSION		NOMBRE	
MAGUINA: PRENSA # 3		Tet: 371 58 00 Fax: 371 00 87E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia.	
COMPONE: FREGADO		Departamento Mantenimiento.	
LOCALIA: BOMBA 500		NOMBRE: LAMINA ASTM A-36 1100x670x1-1/2" PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3	
SITE: A-4	PLANO NUMERO: A4-001273-E	FECHA: 25 SEPTIEMBRE 2013	REV: 1
ESCALA: 1:1	CODIGO AUMACIB:	HOJA Nº 4	

**ESPESOR 3"
RECTIFICADO EN AMBAS CARAS**



NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-

MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36 ESPESOR 3"

TODAS LAS MEDIDAS EN mm

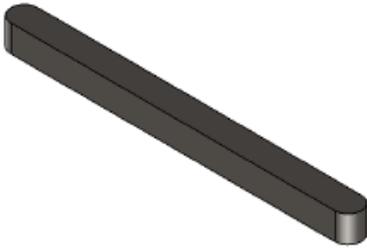
MATAR ARISTAS VIVAS

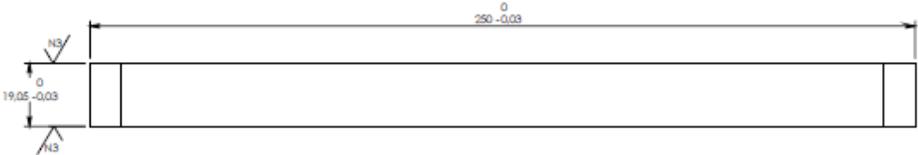
CANTIDAD : 2

PROPIEDAD CONFIDENCIAL
La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.

DIMENSIONES EN mm		NOMBRE		 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 81E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia. Departamento Mantenimiento.	
		SECCION:	EXTRUSIÓN	HOMBRE:	
		MAQUINA:	FRENDA # 3	LÁMINA ASTM A-36 750x170x3" PARA	
		COMPONO:	FRENADO	MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2	
		LOCALIA:	BOMBA 500	PRENSA # 3	
		OBSERVACIONES:		SITE	
DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTIZ APROBO: GIOVANNI HERNANDEZ		PESO 72.6 Kg		PLANO NUMERO: A-4 A4-001273-F	
MATERIAL ASTM		FECHA: 25 SEPTIEMBRE 2013		REV. 1	
APLICACIÓN		ESCALA: 1:4.5		CÓDIGO ASMACBI:	
				HOJA Nº 7	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14







NOTAS:
 TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-
 MATERIAL: **ACERO AISI/SAE 4140**
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS VIVAS
 CANTIDAD : 2

RESERVA DE CONFIDENCIA La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa...		DISEÑO: Luis Acavedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque		HOMBRE	
		0,7 Kg	4140	DIBUJO: Luis Acavedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	SECCION: EXTRUSION
PESO	AISI/SAE	REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTIZ	MAQUINA: PRENSA # 3	COMPORTE: FRENADO	LOCALIDAD: BOMBA 500
APLICACIÓN	APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ	OBSERVACIONES:		HOMBRE:	

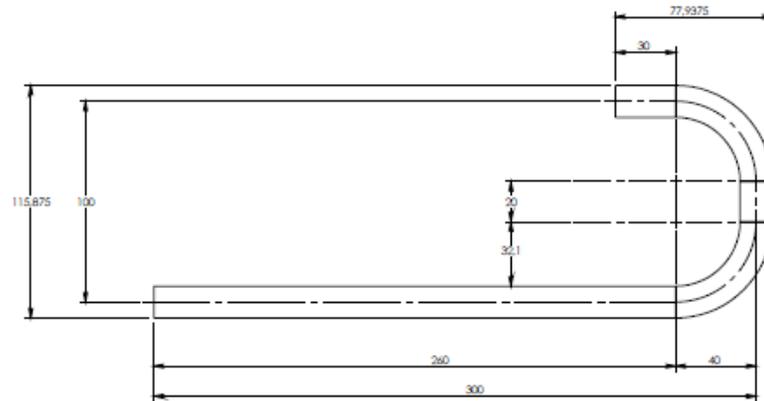

 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 87E-mail: emma@emma.com.co
 Bogotá Colombia.
Departamento Mantenimiento.

NOBRE:
CUNA 3/4"x3/4"x250 mm PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3

SIT:	PLANO NUMERO:	FECHA:	REV:
A-4	A4-001273-G	25 SEPTIEMBRE 2013	1
ESCALA: 1:1		CÓDIGO ALMACEN:	HOJA N°: 8

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

VARILLA CORRUGADA ϕ 5/8"



NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1 mm +/-

MATERIAL: HIERRO

TODAS LAS MEDIDAS EN mm

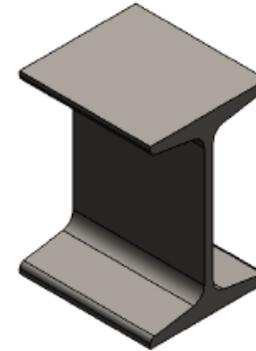
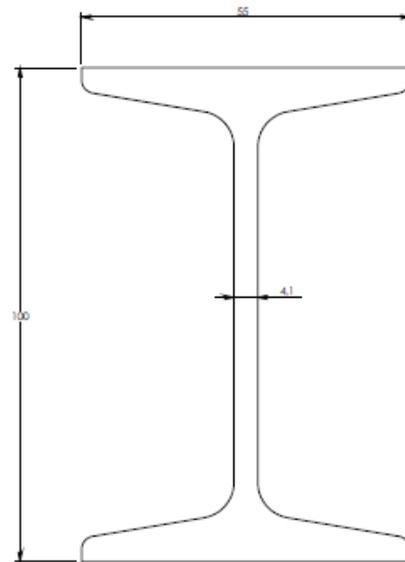
MATAR ARISTAS VIVAS

CANTIDAD : 22

PROPIEDAD CONFIDENCIAL La información contenida en este plano es propiedad de EMM&A y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.		DIMENSIONES EN mm		NOMBRE		 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 975-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia. Departamento Mantenimiento.	
0.63 Kg FUNDICION		DESDÑO: Iuli Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque		SECCIONAL: EXTRUSIÓN			
PESO HIERRO		DIBUJO: Iuli Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque		MAQUINA: PRENSA # 3			
APLICACIÓN		REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTE		COMPONENT: PRENSADO			
APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ		LOCALIA: BOMBA 500		OBSERVACIONES:		NOMBRE: VARILLA CORRUGADA ϕ 5/8" PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3	
SITE: A-4		PLANO NUMERO: A4-001273-H		FECHA: 25 SEPTIEMBRE 2013			REV. 1
ESCALA: 1:1		CÓDIGO ALMACEN:		HOJA Nº 9			

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

LONGITUD 76.2mm



NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-

MATERIAL: HIERRO

TODAS LAS MEDIDAS EN mm

MATAR ARISTAS VIVAS

CANTIDAD : 12

PROPIEDAD CONFIDENCIAL
 La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización expresa.

DESIGN: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	DISEÑO
DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	DIBUJO
REVISÓ: JUAN FERNANDO ORTE	REVISIÓN
APROBÓ: GIOVANNY HERNANDEZ	APROBACIÓN

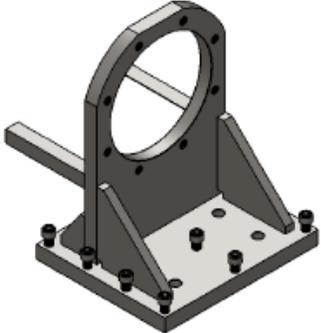
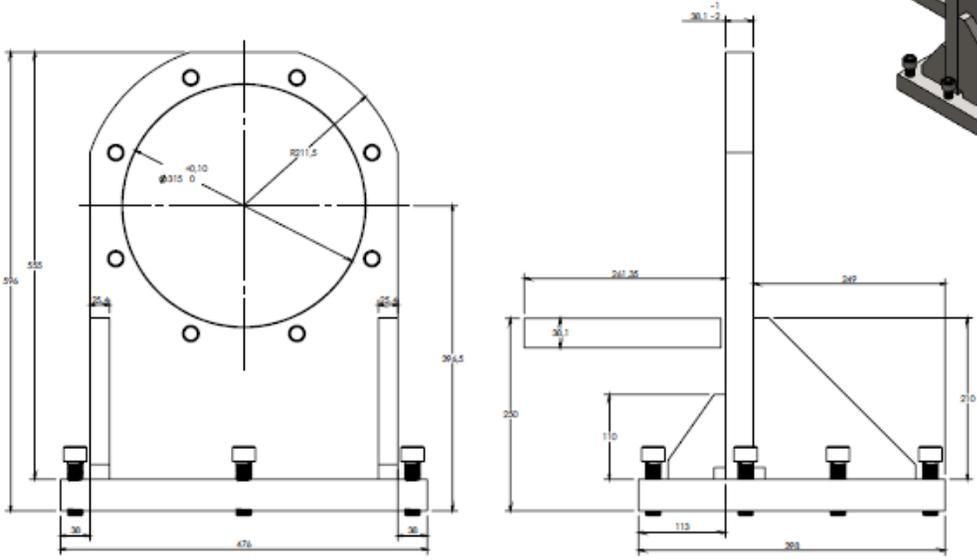
0.87 Kg FUNDICIÓN

PESO HIERRO

APLICACIÓN

DIMENSIONES EN mm	NOMBRE
SECCION:	DIFUSIÓN
MAGAZIN:	FRENDA # 3
COMPON:	FRENDA
LOCALIA:	BOMBA 500
OBSERVACIONES:	


 Tel: 371 56 00 Fax: 371 00 61E-mail: emma@emma.com.co
 Bogotá, Colombia.
Departamento Mantenimiento.
 NOMBRE: **VIGA EN I REF: IPE 100 PARA MONTAJE DE MOTOR BOMBA 500 #2 PRENSA # 3**
 DISEÑO: A-4 PLANO NUMERO: A4-001273-I FECHA: 25 SEPTIEMBRE 2013 REV. 1
 ESCALA: 1:1 CÓDIGO & MACB: HOJA Nº 10

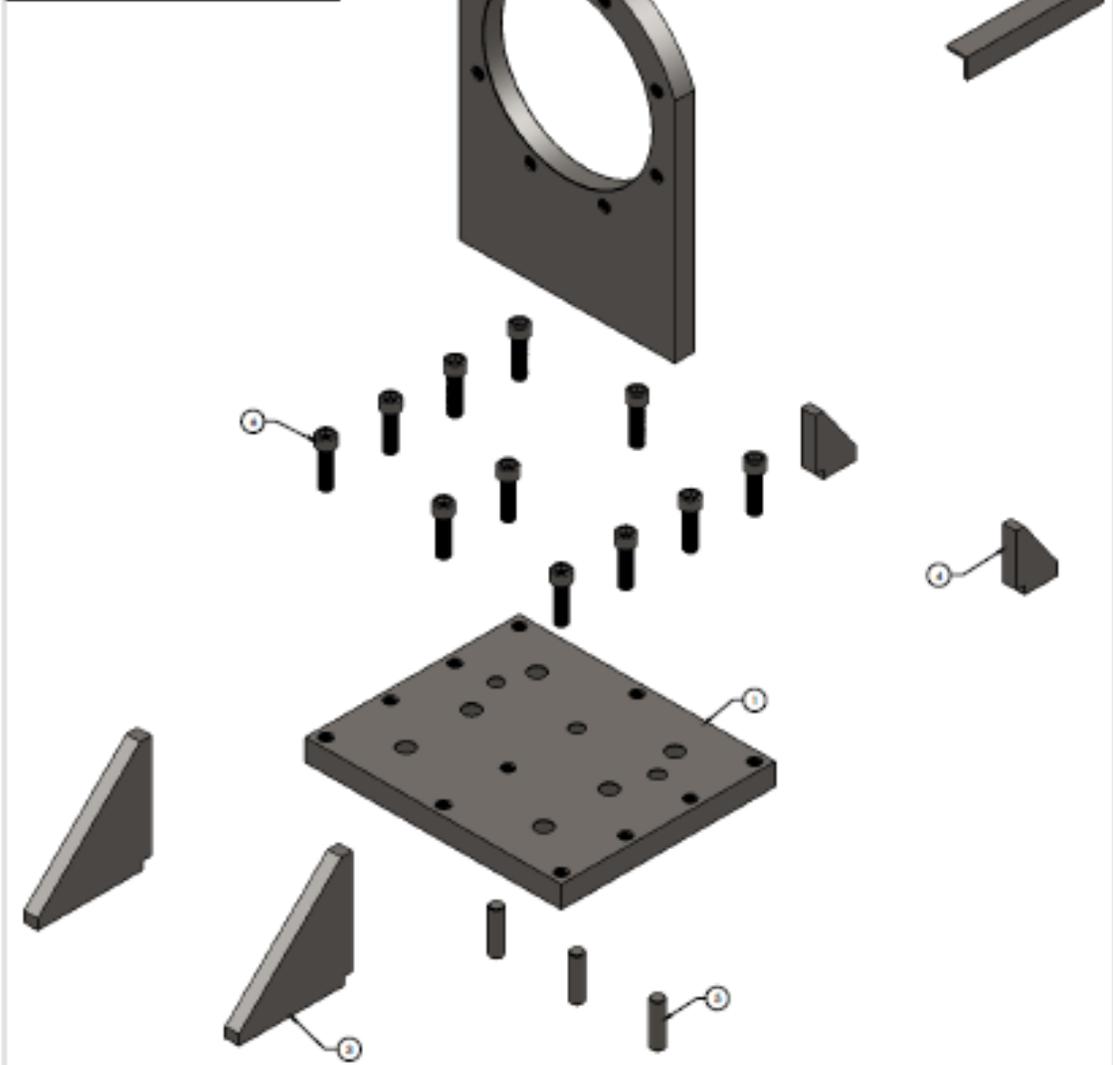



NOTAS:
TOLERANCIAS NO ESPESIFICADAS +/- 0.1 mm

MATERIAL: **LÁMINA ASTM A-36**
TODAS LAS MEDIDAS EN mm
MATAR ARISTAS
CANTIDAD : 1

PROPIEDAD CONFIDENCIAL La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.		COPIA # 01	DESÑO: Iuli Acavedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGUN DISEÑO	SECCION: EXTRUSIÓN	NOMBRE
109.98 Kg	A-36	DIBUJO: Iuli Acavedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	REVISÓ: JUAN ORTIZ	MAQUINA: PREGISA #3	COMPONENT: PREGISADO	EMMA Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 87E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia.
PESO	ASTM	APLICACIÓN	AFROSO: GIOVANNY HERNANDEZ	LOCALIA: BOMBA A7V 500 #2	OBSERVACIONES:	Departamento Mantenimiento.
						NOMBRE: BASE PARA BOMBA REXROTH A7V 500 #2 PRENSA #3 1650TON
						SITE: A-4 PLANO NÚMERO: A4-000694 FECHA: 13 JUNIO 2014 REV. 1
						ESCALA: 1:1 CÓDIGO ALMACEN: HOJA Nº: 1-4

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	LÁMINA ASTM A-36 470 x 390 x 3/4"	1
2	LÁMINA ASTM A-36 525 x 400 x 1/2"	1
3	NERVIO ASTM A-36 210 x 211 x 1"	2
4	NERVIO ASTM A-36 110 x 75 x 1"	2
5	BARRA ACERO PLATA Ø7/8" x 60mm	3
6	TORNILLO SOCKET M20 x P2,5 x 70mm	11
7	ANGULO 1-1/2" x 31/8" x 250mm	2



NOTA

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS 0.1mm+/-
 MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR A RISTAS
 CANTIDAD: 1

PRESENCIA DE INFORMACIÓN
 La información contenida en este plano es propiedad de EMME y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.

DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGUN DISEÑO		NOMBRES	
CORPA #	DT	SECCION	EXTENSOR
109.98 Kg	A-36	INDICIA	FERRAS #2
PIBO	ASEM	COMPONET	FERRASO
APLICACION	APRECO GIOVANNI FERRASO	LOCALIZA	BOMBA ATV 600 #2
	DISEÑO: LUIS ACEREDA, GUSTAVO RAMIREZ Y JORGE ALVARO DIAZ	LOCALIZA	BOMBA ATV 600 #2
	DISEÑO: LUIS ACEREDA, GUSTAVO RAMIREZ Y JORGE ALVARO DIAZ	LOCALIZA	BOMBA ATV 600 #2
	REVISÓ: JEAN ORTEZ	LOCALIZA	BOMBA ATV 600 #2
		LOCALIZA	BOMBA ATV 600 #2

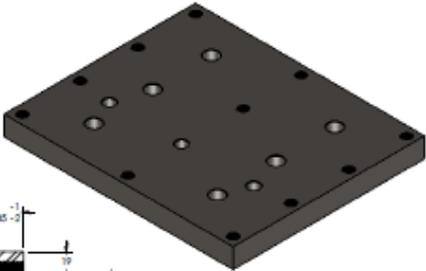
EMME

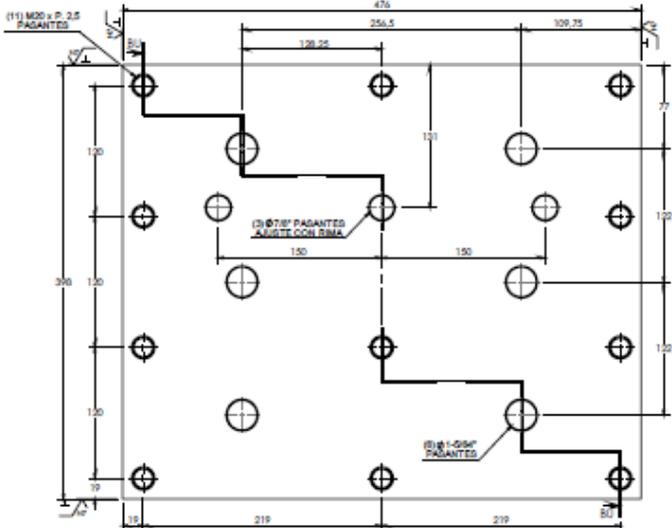
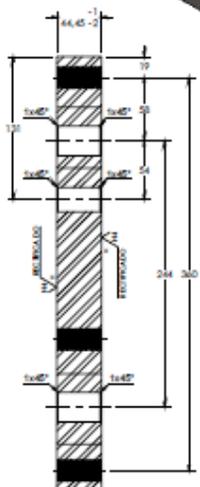
Tel: 371 50 30 Fax: 371 50 770 - e-mail: emme@emme.com.co
 Bogotá Colombia

Departamento Mantenimiento.

**DESPIECE BASE PARA BOMBA
REXROTH ATV 600 #2
PRENSA #31850TON**

REV	PLANO REVISADO	FECHA	REV
A-4	A4-000694-A	13 JUNIO 2014	1



SECCIÓN BU-BU
ESCALA 1:5

NOTAS:
TOLERANCIAS NO ESPESIFICADAS +/- 0.1 mm
MATERIAL: **LÁMINA ASTM A-36**
TODAS LAS MEDIDAS EN mm
MATAR ARISTAS
CANTIDAD : 1

PROPIEDAD CONFIDENCIAL <small>La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa...</small>	COPIA #	01	DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque	REVISÓ: JUAN ORTIZ	APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ
	PESO	58.50 Kg	ASTM			
AFUCCACIÓN						

DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGUN DISEÑO		NOMBRE		
		SECCION:	ENTRUGÓN	
		MAGUINA:	PRENSA #3	
		COMPORT:	PRENSADO	
		LOCALIZA:	BOMBA A7V 500 #2	
		OBSERVACIONES:		



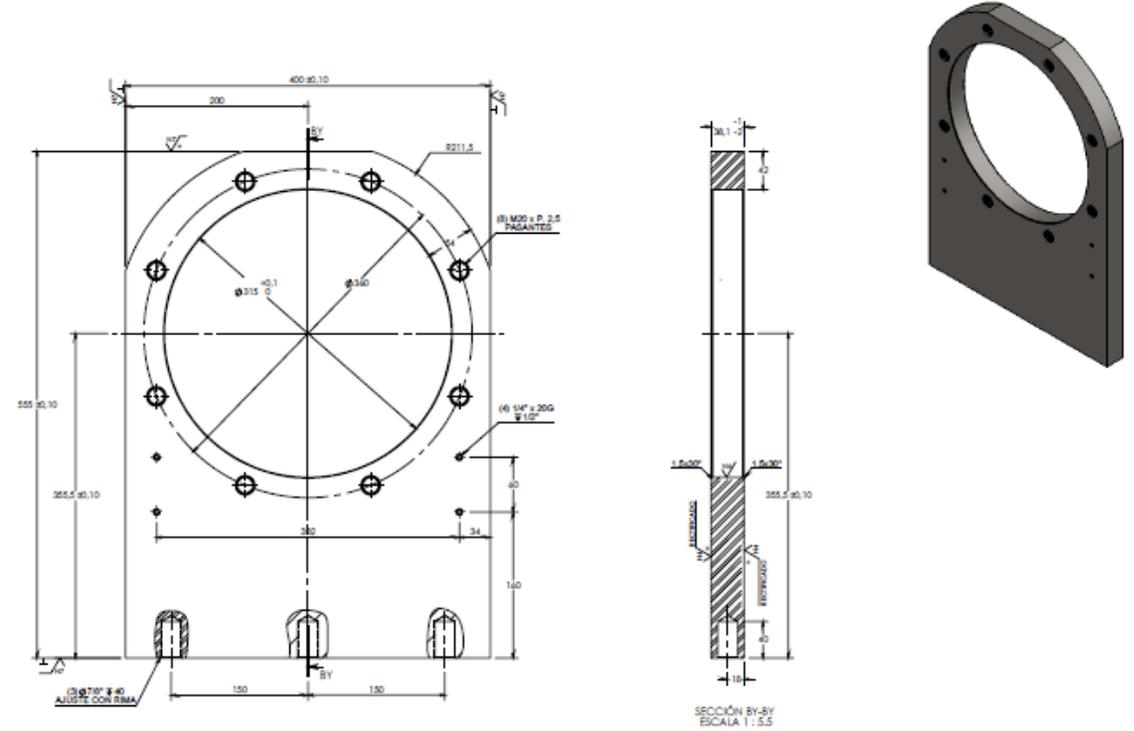
Tel: 371 58 00 Fax: 371 50 87 e-mail: emma@emma.com.co
Bogotá Colombia.
Departamento Mantenimiento.

NOMBRE:
**LÁMINA ASTM A-36 476x398x1-3/4"
BASE PARA BOMBA REXROTH
A7V 500 #2 PRENSA #3 1650TON**

DISEÑO	PLANO NÚMERO:	FECHA:	REV.
A-4	A4-000694-B	13 JUNIO 2014	1

ESCALA: 1:5 CÓDIGO ALMACEN: HOJA Nº 3/4

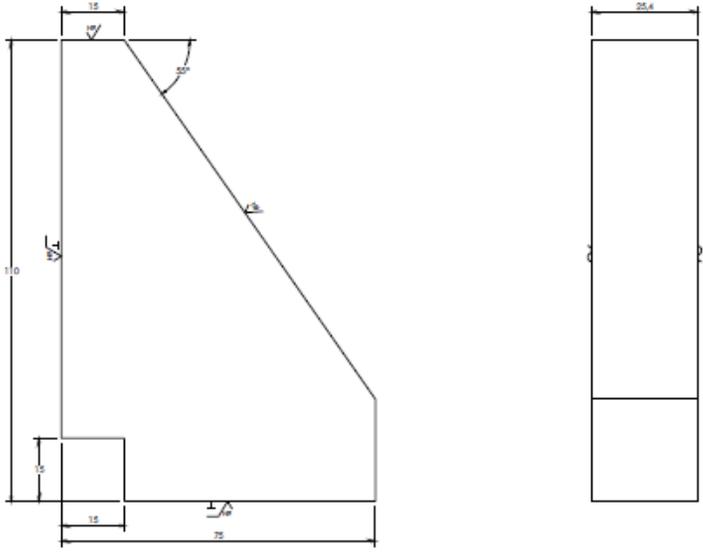
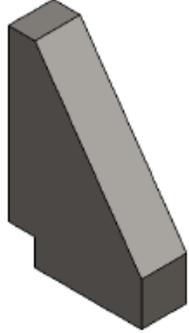
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14



NOTAS:
 TOLERANCIAS NO ESPSCIFICADAS +/- 0.1 mm
 MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS
 CANTIDAD : 1

DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGÚN DISEÑO		HOMBRE SECCIÓN: EXTRUSIÓN MAGURA: PRENSA #3 COMPONENTE: PRENSADO LOCALIZA: BOMBA ATV 500 #2	
DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernández y Jonathan Duque DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernández y Jonathan Duque REVISÓ: JUAN ORTIZ APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ	COPIA # 01 36.38 Kg PESO ASTM APLICACIÓN	PROPIEDAD COMERCIAL La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorizaciones previas.	OBSERVACIONES: HOMBRE: LÁMINA ASTM A-36 555x400x1-1/2" BASE PARA BOMBA REXROTH ATV 500 #2 PRENSA #3 1650TON SEE: A-4 PLANO NÚMERO: A4-000674-C ESCALA: 1:1.5 FECHA: 13 JUNIO 2014 CÓDIGO ALMACEN: HOJA Nº: #9

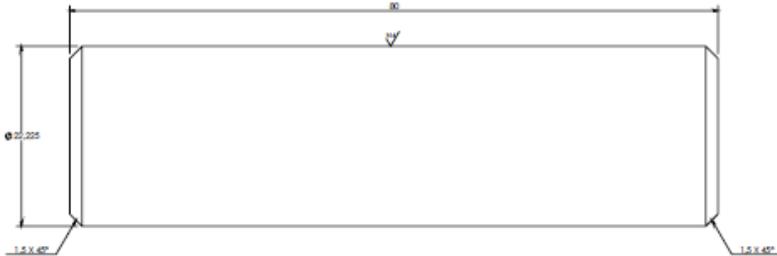
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

NOTAS:
 TOLERANCIAS NO ESPESIFICADAS +/- 0.1 mm
 MATERIAL: LÁMINA ASTM A-36
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS
 CANTIDAD : 2

PROPIEDAD CONFIDENCIAL <small>La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa...</small>		COPIA # 01 PESO 1.09 Kg ASTM A-36	DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque REVISÓ: JUAN ORTIZ AFROBO: GIOVANNY HERNANDEZ	DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGÚN DISEÑO	HOMBRE DIBUJO: EXTRUSIÓN MAQUINA: PRENSA #3 COMPONENTE: PRENSADO LOCALIDAD: BOMBA ATV 500 #2 OBSERVACIONES:	 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 61E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia. Departamento Mantenimiento. NOMBRE: NERVIO ASTM A-36 110x75x1" BASE PARA BOMBA REXROTH ATV 500 #2 PRENSA #3 1650TON DISEÑO: A-4 PLANO NÚMERO: A4-000694-E ESCALA: 1:1.2 FECHA: 13 JUNIO 2014 CÓDIGO ALMACÉN: REV. 1 HOJA Nº: 6/9
--	--	---	--	---	--	--

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

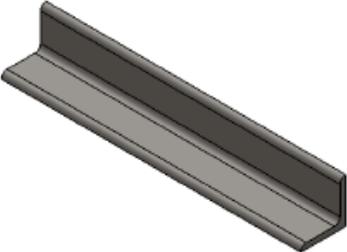


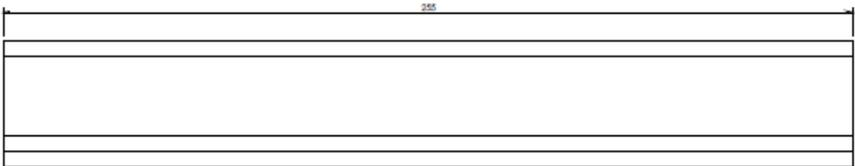
NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPESIFICADAS +/- 0.1 mm
MATERIAL: BARRA ACERO PLATA ϕ 7/8"
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS
 CANTIDAD : 3

PROPIEDAD CONFIDENCIAL <small>La información contenida en este plano es propiedad de SIMBA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa.</small>	COPIA #	01	DISEÑO: Juli Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque DIBUJO: Juli Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque REVISÓ: JUAN ORTIZ APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ	DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGUN DISEÑO	NOMBRE SECCIÓN: DISTRIBUCIÓN MAQUINA: PRESISA #3 COMPONENTE: FRENADO LOCALIDAD: BOMBA ATV 500 #2	 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 67E-mail: emme@emme.com.co Itagüé Colombia. Departamento Mantenimiento. NOMBRE: BARRA ACERO PLATA ϕ 7/8" BASE PARA BOMBA REXROTH ATV 500 #2 PRENSA #3 1650TON
	PESO	0.24 Kg	ACERO PLATA			
	APLICACIÓN	BARRA				
SITIO: A-4 ESCALA: 1:1 PLANO NUMERO: A4-000694-F FECHA: 15 JUNIO 2014 CÓDIGO ALMACEN: HOJA Nº 7-9			REV. 1			

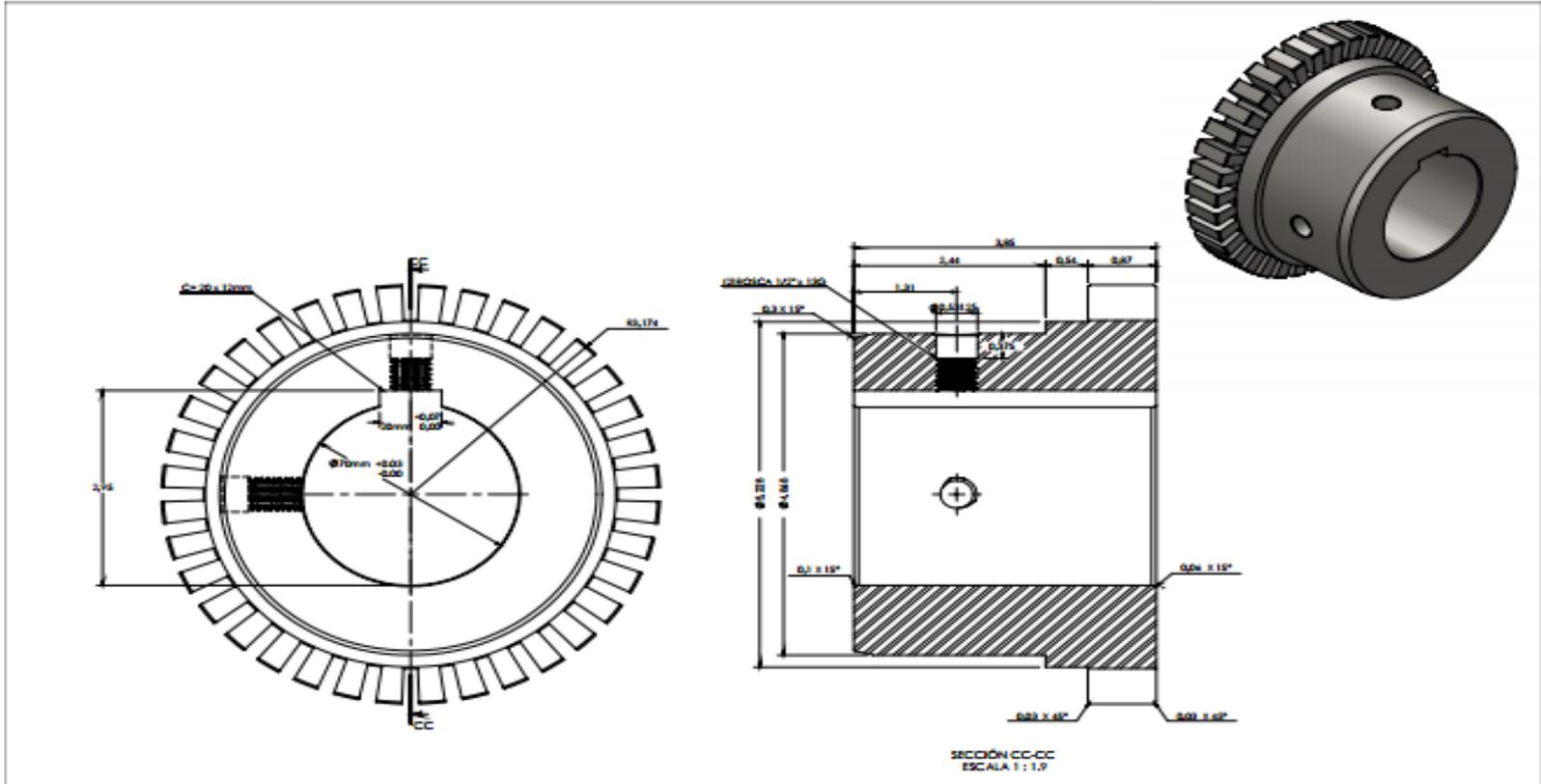
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14





NOTAS:
 TOLERANCIAS NO ESPSCIFICADAS +/- 0.1 mm
 MATERIAL: **ÁNGULO L 1-1/2" x 3/16"**
 TODAS LAS MEDIDAS EN mm
 MATAR ARISTAS
 CANTIDAD : 2

PROPIEDAD CONFIDENCIAL <small>La información contenida en este plano es propiedad de EMMA y CIA. No se permite el uso de copias de este sin autorización previa...</small>		COPIA #	01	DISEÑO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque DIBUJO: Luis Acevedo, Gustavo Hernandez y Jonathan Duque REVISÓ: JUAN ORTIZ APROBO: GIOVANNY HERNANDEZ	DIMENSIONES EN mm TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGÚN DISEÑO	NOMBRE SECCION: EXTRUSIÓN MAGNIFICA: FRENDA #3 COMPONENT: FRENDAO LOCALIA: BOMBA A7V 500 #2	 Tel: 371 58 00 Fax: 371 00 87E-mail: emma@emma.com.co Bogotá Colombia. Departamento Mantenimiento.
		PESO 0.67 Kg	ÁNGULO L1-1/2"x3/16"		NOMBRE: ÁNGULO L1-1/2"x3/16"x255 BASE PARA BOMBA REXROTH A7V 500 #2 PRENSA #3 1650TON		
APLICACIÓN				OBSERVACIONES:		ESCALA: 1:1.5 CÓDIGO ALMACEN:	HOJA Nº: 3/3



NOTAS:

TOLERANCIAS NO ESPECIFICADAS +/- 0.0039 in

MATERIAL: ESPECIFICADO POR EL PROVEEDOR
TODAS LAS MEDIDAS EN in
MATAR ARISTAS
CANTIDAD : 1

PROPIEDAD CONFIDENCIAL
Si un fabricante contenido en esta planta es propiedad de ESEMIA y CCA, no se permite el uso de copias de este sin autorización previa.

COPIA #	01
PESO	7.33 Kg
ABSI/SAE	
APLICACIÓN	

DIMENSIONES EN in TOLERANCIAS ESPECIFICADAS SEGÚN DISEÑO	SECCIÓN	NOMBRE
DISEÑO: Jonathan Duque, Luis Acevedo y Gustavo Hernández	ACOPLES FALK	
DIBUJO: Jonathan Duque, Luis Acevedo y Gustavo Hernández	MAGNIFICAC	
REVISÓ: JUAN ORTE	COMPONTE	
APROBÓ: GIOVANNY HERNANDEZ	LOCALIZA	
	OBSERVACIONES	

ESEMIA
Tel: 371 56 00 Fax: 371 04 31E-mail: esemias@esemias.com.co
Bogotá Colombia.

Departamento Mantenimiento.

NOMBRE: MANZANA DE ACOPLE FALK REF:1090T PARA EJE DE BOMBA REXROTH ATV 500 #2 PRENSA #3 1650TON

REV	PLANO NÚMERO	FECHA	REV.
A-4	A4-000954	17 JUNIO 2014	1

ESCALA: 1:1 CÓDIGO ALMACÉN: HOJA Nº 1

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO – FACULTAD DE INGENIERÍAS	Código	FDE 089
		Versión	02
		Fecha	2014-10-14

FIRMA ESTUDIANTES GUSTAVO HERNANDEZ.

[Signature]

Ricardo Alberto Acevedo Ortega

FIRMA ASESOR [Signature]

FECHA ENTREGA: 29-09-2015

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____