

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



TRABAJO DE GRADO:
**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUJECCIÓN CON ROTACIÓN DE 360° PARA
LA REPARACIÓN DE CARROS PORTA BARROTES, PARA LA EMPRESA
INDUSTRIAS DEL ORINOCO C.A.”**

Realizado por:
DANIEL ESTEBAN ALFONZO FERMENAL.

Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito
parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Barcelona, Agosto de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



TRABAJO DE GRADO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUJECCIÓN CON ROTACIÓN DE 360° PARA
LA REPARACIÓN DE CARROS PORTA BARROTES, PARA LA EMPRESA
INDUSTRIAS DEL ORINOCO C.A.”**

Realizado por:

Br. Daniel Esteban Alfonzo Fermenal.

Revisado por:

Ing. Ibsen Perozo
Asesor Industrial

Prof. Dr. Félix Payares
Asesor Académico

Barcelona, Agosto de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



TRABAJO DE GRADO:
**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUJECCIÓN CON ROTACIÓN DE 360° PARA
LA REPARACIÓN DE CARROS PORTA BARROTES, PARA LA EMPRESA
INDUSTRIAS DEL ORINOCO C.A.”**

APROBADO

JURADO CALIFICADOR

Prof. Carlos Gomes

Prof. Francisco García

Barcelona, Agosto de 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo con el ARTÍCULO 41 del Reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del consejo de núcleo, quien deberá participarlo previamente para su autorización“.

DEDICATORIA

A:

Dios todopoderoso, quien merece el crédito y la gloria por acompañarme en todo momento y darme fuerza para lograr que esta meta se hiciera realidad.

Mi madre, Maritza Fernal quien ha confiado en mí ciegamente y que durante muchos años me ha brindado su apoyo incondicional indicando el mejor camino para la consecución de mis metas.

Mis hermanos, Omar José, Marisabel y Luis Enrique por su respeto y solidaridad durante todo el recorrido para alcanzar esta meta.

Todas aquellas personas que formaron parte importante en este proyecto pero que en este momento se me escapan de mi memoria.

AGRADECIMIENTOS

A:

El profesor Félix Payares por su gran calidad como amigo y asesor de esta tesis.

El ingeniero Ibsen Perozo por permitir realizar este trabajo.

Mi tía Alicia por su apoyo durante mi estadía en Puerto Ordaz.

Todos mis compañeros de estudios.

Toda mi familia por confiar en mí.

Todo el personal de la empresa Industrias del Orinoco C.A.

La Universidad de Oriente, en específico a los profesores del departamento de mecánica, por la formación obtenida.

Todos aquellos que de una u otra forma ayudaron a que esta meta se hicieran realidad, gracias mil gracias.

CONTENIDO

	Pág.
RESOLUCIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
CONTENIDO	VII
CONTENIDO DE TABLAS	XI
CONTENIDO DE FIGURAS	XII
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1 Reseña Histórica de la Empresa	15
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Objetivos	18
1.3.1 General:	18
1.3.2 Específicos:	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 Introducción	19
2.2 Peletización	19
2.2.1 Etapas del proceso de peletización	19
2.3 Parrillera móvil	21
2.3.1 Carro porta barrote	22
2.3.2 Cambio de los carros porta barrotes	26
2.4 Diseño de Elementos de Máquinas	29
2.4.1 Diseño mecánico	29

2.4.2 Etapas en el proceso de diseño	30
2.4.2.1 Identificación del problema	30
2.4.2.2 Ideas preliminares	31
2.4.2.3 Evaluación previa	31
2.4.2.4 Análisis	32
2.4.2.5 Decisión	32
2.4.2.6 Realización	34
2.4.3 Consideraciones de diseño.....	34
2.4.4 Factor de seguridad.....	35
2.4.5 Esfuerzos en el diseño de maquinas	36
2.4.5.1 Esfuerzos directos tensión y compresión.....	36
2.4.5.2 Esfuerzo cortante directo	36
2.4.5.3 Esfuerzo debido a flexión	37
2.4.6 Uniones	37
2.4.6.1 Juntas soldados	37
2.4.6.2 Juntas atornilladas.....	38
2.4.7 Cojinetes de elementos rodantes.....	39
CAPÍTULO III	41
DESARROLLO DEL TRABAJO	41
3.1 Introducción.....	41
3.2 Evaluación de Sistemas Propuestos.....	41
3.2.1 Diseños conceptuales alternativos	41
3.2.2 Matriz de decisión	52
3.3 Descripción Detallada del Equipo seleccionado	54

3.3.1 Descripción general	55
3.3.2 Descripción de las unidades	58
3.4 Condiciones y Limitaciones del Diseño	63
3.4.1 Operatividad	63
3.4.2 Seguridad	63
3.4.3 Materiales	63
3.4.4 Factor de Seguridad	64
3.5 Diseño Básico de la Máquina	66
3.5.1 Diseño Asistido por Computador	67
3.5.2 Diseño por Teoría de Elementos de Máquina	70
3.5.3 Selección del motor reductor	76
3.6 Elaboración de Planos	79
CAPÍTULO IV	80
RESULTADOS	80
4.1 Introducción.....	80
4.2 Alternativa Seleccionada	80
4.2.1 Descripción general	80
4.3 Diseño Básico	83
4.3.1 Elementos finitos	83
4.3.1.1 Riel.....	83
4.3.1.2 Cabezal	88
4.3.2 Diseño de elementos mecánicos	93
4.3.2.1 Cadenas y ruedas dentadas	93
4.3.2.2 Soldaduras	94

4.3.2.3 Esfuerzos en la cuña	96
4.3.2.4 Resistencia en los pernos	97
4.3.2.5 Ejes	98
4.3.3 Selección.....	99
4.3.3.1 Rodamientos	100
4.3.3.2 Acoples	100
4.3.3.3 Motor reductor	100
4.4 Documentación.....	101
CAPÍTULO	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1 CONCLUSIONES.....	103
5.2 RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXO A	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C.....	¡Error! Marcador no definido.

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Matriz de decisión de propuestas de diseño	33
Tabla 3.1 Resultados de la matriz de decisión ^[Fuente: propio]	52
Tabla 3.2 Características de factor de seguridad A, B y C.....	65
Tabla 3.3 Características del factor de seguridad D y E.....	66
Tabla 4.1 Resultados predeterminados del riel.....	88
Tabla 4.4 Resultados predeterminados del cabezal	92
Tabla 4.5 Detalle y ubicación de las fuerzas en las ruedas dentadas ^[Fuente: propio]	93
Tabla 4.6 Resultados de las cadenas y ruedas dentadas ^[Fuente: propio]	94
Tabla 4.7 Detalle y ubicación de la fuerzas de las soldaduras ^[Fuente: propio]	95
Tabla 4.8 Soldaduras en las diferentes partes de la maquina ^[Fuente: propio]	95
Tabla 4.9 Detalle y ubicación de la fuerzas en la cuña ^[Fuente: propio]	96
Tabla 4.10 Esfuerzo en la cuña ^[Fuente: propio]	96
Tabla 4.11 Detalle y ubicación de la fuerzas de los pernos ^[Fuente: propio]	97
Tabla 4.12 Resistencia en los pernos ^[Fuente: propio]	98
Tabla 4.13 Detalle y ubicación de la fuerzas de los ejes ^[Fuente: propio]	98
Tabla 4.14 Diámetros de los ejes principales ^[Fuente: propio]	99
Tabla 4.15 Diámetros del eje que le da movimiento a la columna móvil ^[Fuente: propio]	99
Tabla 4.16 Resultados para la selección de los rodamientos ^[Fuente: propio]	100
Tabla 4.17 Datos del motor reductor ^[Fuente: propio]	101

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Forma de sujetar y sostener el carro porta barrote ^[Indorca]	17
Figura.2.1. Proceso de producción de pellas.	21
Figura 2.2. Parrillera móvil ^[Fuente: propio]	22
Figura 2.3 Medidas teóricas del carro porta barrote (todas medidas en milímetros) ^[Indorca]	23
Figura 2.4. Cabezal del carro porta barrote ^[Indorca]	23
Figura 2.5. Filas de barra de parrilla del carro porta barrote ^[Indorca]	24
Figura 2.6 Carros porta barrotes sin cabezales ^[Indorca]	25
Figura 2.7 Carros porta barrotes con cabezales ^[Indorca]	25
Figura 2.8. Temperaturas a las que están sometidos los carros porta barrotes.	26
Figura 2.9. Deflexión de las vigas del carro porta barrote ^[Fuente: propio]	27
Figura 2.10 Grietas marcada con tiza ^[Indorca]	28
Figura 2.11 Visualización de las grietas ^[Indorca]	29
Figura 3.1. Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil ^[Fuente: propio]	42
Figura 3.2 Columna fija ^[Fuente: propio]	43
Figura 3.3 Columna móvil ^[Fuente: propio]	44
Figura 3.4 Funcionamiento de la Alternativa I ^[Fuente: propio]	45
Figura 3.5 Máquina de accionamiento motorizado con ambas columna fijas ^[Fuente: propio]	46
Figura 3.6 Detalles de la alineación de los agujeros y los pines ^[Fuente: propio]	47
Figura 3.7. Alineación del cabezal con el carro porta barrote para colocar los pines ^[Fuente: propio]	47
Figura 3.8 Etapas del funcionamiento de la alternativa II ^[Fuente: propio]	48

Figura 3.9 Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil II ^[Fuente: propio]	49
Figura 3.10 Columna fija ^[Fuente: propio]	50
Figura 3.11 Columna móvil ^[Fuente: propio]	50
Figura 3.12 Etapas del funcionamiento de la alternativa III ^[Fuente: propio]	51
Figura 3.13 Alternativa seleccionada ^[Fuente: propio]	56
Figura 3.14 Despiece de la columna fija ^[Fuente: propio]	57
Figura 3.15 Despiece de la columna móvil ^[Fuente: propio]	58
Figura 3.16 Componentes de la unidad de accionamiento ubicados en la columna móvil y fija ^[Fuente: propio]	59
Figura 3.17 Componentes de la unidad de sujeción ubicados en la columna móvil y fija ^[Fuente: propio]	61
Figura 3.18 Componentes de la estructura ubicados en la columna móvil y fija ^[Fuente: propio]	62
Figura 3.19 Análisis de carga del cabezal ^[Fuente: propio]	67
Figura 3.20 Modelo geométrico del cabezal ^[Fuente: propio]	68
Figura 3.21 Representación de las cargas y restricciones ^[Fuente: propio]	68
Figura 3.22 Distribución de los esfuerzo del cabezal ^[Fuente: propio]	69
Figura 3.23 Modelo deformado del cabezal ^[Fuente: propio]	70
Figura 3.24 Visualización de los objetos a soldar ^[Fuente: propio]	71
Figura 3.25 Representación de las fuerzas y cordón de soldaduras ^[Fuente: propio]	71
Figura 3.29 Dimensiones del carro porta barrotes ^[Fuente: propio]	77
Figura 4.1 Traslado del carro porta barrote con el puente grúa hasta la maquina ^[Fuente: propio]	81
Figura 4.2 Sujeción del carro con le cabezal de la columna fija ^[Fuente: propio]	81
Figura 4.3 Detalle pernos de fijación ubicados en la parte inferior de la columna móvil ^[Fuente: propio]	82
Figura 4.4. Sujeción del carro por los dos extremos ^[Fuente: propio]	82

Figura 4.5 Fuerzas y restricciones del riel ^[Fuente: propio]	85
Figura 4.6 Representación del factor de seguridad ^[Fuente: propio]	85
Figura 4.7 Distribución de esfuerzos del riel ^[Fuente: propio]	86
Figura 4.8 Modelo deformado del riel ^[Fuente: propio]	87
Figura 4.9. Modelo del cabezal ^[Fuente: propio]	88
Figura 4.10 Ubicación de las fuerzas y restricciones ^[Fuente: propio]	89
Figura 4.11 Representación del factor de seguridad ^[Fuente: propio]	90
Figura 4.12 Modelo deformado del cabezal ^[Fuente: propio]	91
Figura 4.13 Distribución de esfuerzo del cabezal ^[Fuente: propio]	92

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Reseña Histórica de la Empresa

Industrias Orinoco, C.A. (INDORCA), es una empresa Venezolana fundada en 1979, en Ciudad Guayana, con el objeto de prestar sus servicios de manufactura y montaje de plantas, equipos y bienes de capital; para la industrias del Acero, Minería, Aluminio y Petróleo establecidas en la llamada Zona del Hierro a fin de dar soluciones a las necesidades que demandan las mismas.

Industrias del Orinoco C.A. suministra productos y servicios en las áreas de Minería (Fabricación de piezas a diseño, reparación y mantenimiento de componentes mecánicos, placas de desgaste, revestimientos de molinos, cambio de vías de rieles), siderurgia (Fabricación de piezas a diseño, reparación y mantenimiento de conjuntos mecánicos, recargue de rodillos, recargue de ruedas, reparación de carros porta barrotos, fabricación de ejes, fabricación de bocinas), petróleo (tanques, recipientes a presión, tuberías prefabricadas, fabricación de acoples, roscado de tubulares, fabricación de niples, fabricación de centralizadores entre otras) y aluminio (fabricación de piezas a diseño, grapas para ánodos, tapas de celdas, desnatadores, ensamble de barras anódicas).

Indorca cuenta con la siguiente infraestructura: superficie cubierta planta 6600 m², superficie cubierta oficinas 2500 m², superficie cubierta almacén 1000 m² y una superficie total de 34000 m². Indorca cuenta con la siguiente carga de trabajo: capacidad instalada en planta 400 ton./ mes, horas hombre: 80000 H.H./ mes aprox. (Incluye horas taller + horas de mantenimiento).

1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad la Siderúrgica del Orinoco C.A. (Sidor), realiza en unas de sus plantas, específicamente en la Planta de Pellas–SIDOR, el proceso de peletización, del cual se obtienen las pellas. Este proceso consta de varias etapas como lo son: peletización verde, endurecimiento y cribado. En la etapa de endurecimiento, las pellas verdes se someten a un proceso de desecación, calentamiento, induración y enfriamiento; para todo este proceso se utiliza una parrillera móvil, la cual recibe las pellas húmedas y las transportan a los hornos de piro-consolidación para la cocción de las mismas. Esta parrillera móvil está formada por un conjunto de unidades llamados carros porta barrotes o carritos de parrillera unidos como eslabones.

Industrias Orinoco, C.A. (INDORCA), es una empresa Venezolana fundada en 1979, en Ciudad Guayana, con el objeto de prestar sus servicios de fabricación, reparación, manufactura, entre otros; a las industrias del acero, minería y petróleo, establecida en la llamada zona del hierro. Actualmente, es la encargada de realizar las reparaciones de los carros porta barrote.

Dada las dimensiones de estos carros (1.496 milímetros de largo, 4.006 milímetros de ancho y 435 milímetros de alto) y su peso (4.000 kilogramos) el traslado, posicionamiento y sujeción es complicado, en la figura 1.1 se puede observar el carro porta barrote y como es su sujeción en la actualidad. Actualmente la empresa cuenta con un puente grúa, el cual además de ser utilizado para la colocación de los carros en los sitios de trabajo, presta servicio a otros tipos de actividades. Esta situación genera inconvenientes, ya que al momento de necesitar cambiar de posición o trasladar los carros es necesario la disponibilidad del puente grúa, lo cual origina retrasos.

Basado en lo antes expuesto la empresa (INDORCA), acordó diseñar un sistema de sujeción que permita posicionar el carro y que facilite su accesibilidad a todas las parte del mismo.

Con este sistema la empresa estima reducir el tiempo de reparación de un carro y a su vez reparar mas carros en un menor tiempo. También se estima que con este equipo el trabajador tendría menos riesgos de sufrir una lesión, ya que el carro estaría sujeto por medio de un sistema confiable.



Figura 1.1 Forma de sujetar y sostener el carro porta barrote [Indorca].

1.3 Objetivos

1.3.1 General:

Diseñar un sistema de sujeción con rotación de 360° para la reparación de carros porta barrotes, para la empresa Industria del Orinoco C.A.

1.3.2 Específicos:

- ✓ Proponer diseños alternativos a partir de necesidades y equipos similares.
- ✓ Analizar los diseños propuestos por medio de matriz de decisión.
- ✓ Especificar en detalle los elementos que conforma el diseño conceptual para el diseño seleccionado.
- ✓ Establecer condiciones y limitaciones de diseño a partir de la disponibilidad de materiales y equipos en los talleres de la empresa.
- ✓ Desarrollar diseño básico en cuanto dimensionamiento y selección de elementos de máquinas.
- ✓ Elaboración de la documentación para la fabricación y manejo del equipo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

La parrillera móvil esta formada por carros porta barrotos, los cuales son utilizados en el proceso de peletización para el transporte de material para su precalentamiento; por tal motivo este capitulo se inicia con una breve descripción de este proceso. Posteriormente se describe que es la parrillera móvil y el daño que sufre la parrillera móvil en los hornos; así como, los elementos mecánicos y esfuerzo de un elemento que deben tomarse en cuenta en el diseño.

2.2 Peletización

Es un proceso que consiste en la formación de bolitas esféricas a partir de la combinación del mineral de hierro finamente molido, aglomerantes (bentonita) y agua. Estas bolitas antes de ser endurecidas se les da el nombre de pellas verdes, y luego de cocción se le llama simplemente pellas, en la figura 2.1 se puede visualizar el proceso de peletización.

2.2.1 Etapas del proceso de peletización

Dosificación:

En esta etapa se recibe el mineral fino, luego es almacenado en sitios ubicado en el interior de la planta y desde allí es suministrado a los secadores para aplicarle aire caliente, para así lograr un valor de humedad requerido para la molienda. Luego de ser molido el material es clasificado de acuerdo al tamaño, el

grueso es retornado a los molinos y el fino es depositado en sitios para su posterior mezclado con otros aditivos (bentonita).

Boleo:

Discos peletizadores: En esta etapa, la mezcla preparada anteriormente se lleva a los discos peletizadores. Es aquí donde se forman las pellas verdes, debido al efecto de rodamiento provocado por el movimiento circular sobre una superficie inclinada [1].

Cribado:

Sistema de doble criba: La función de la doble criba de rodillos es clasificar las pellas, aún verdes, según su tamaño. La criba superior restringe el paso de aquellas pellas de gran tamaño, y permite que aquellas de tamaño aceptable y las muy pequeñas lleguen a la criba inferior, la cual se encarga de filtrar las pellas de tamaño ideal y de desechar aquellas que son muy pequeñas [4].

Endurecimiento:

En esta etapa las pellas verdes cribadas son distribuidas sobre los carros porta barrotos para su piro-consolidación en el horno de quemado, donde se consolidan mediante la inyección de gas natural mas aire, luego las pellas caen desde el horno, donde se le realiza un enfriado recuperativo y uno final. Después de enfriadas las pellas son descargadas en tamices que las separan, según su tamaño. Las pellas muy pequeñas son llevadas al sistema de recuperación de desechos. Posteriormente las pellas son transportadas hasta una criba vibratoria donde los materiales demasiado grandes son separados, luego, se criba el material fino, y las pellas con dimensiones

adecuadas son transportadas por medio de un sistema de correas al patio de almacenaje.

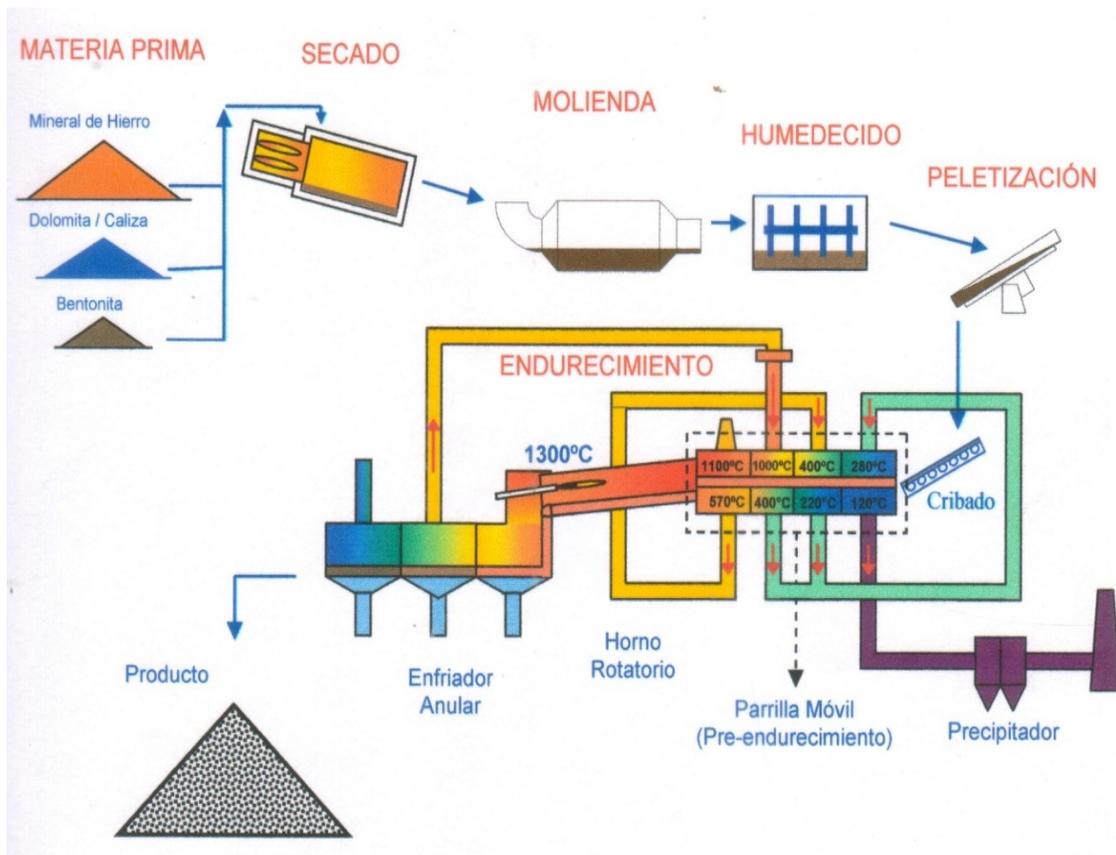


Figura.2.1. Proceso de producción de pellas.

2.3 Parrillera móvil

La parrillera móvil también conocida como máquina de induración de las pellas, está formada por una cadena sin fin de 208 carritos de parrillera o carros porta barrotes. La parrillera móvil tiene como función transportar las pellas verdes a través del horno para su cocción. En la figura 2.2 se puede observar una representación de cómo la parrillera móvil entra y sale del horno [2].

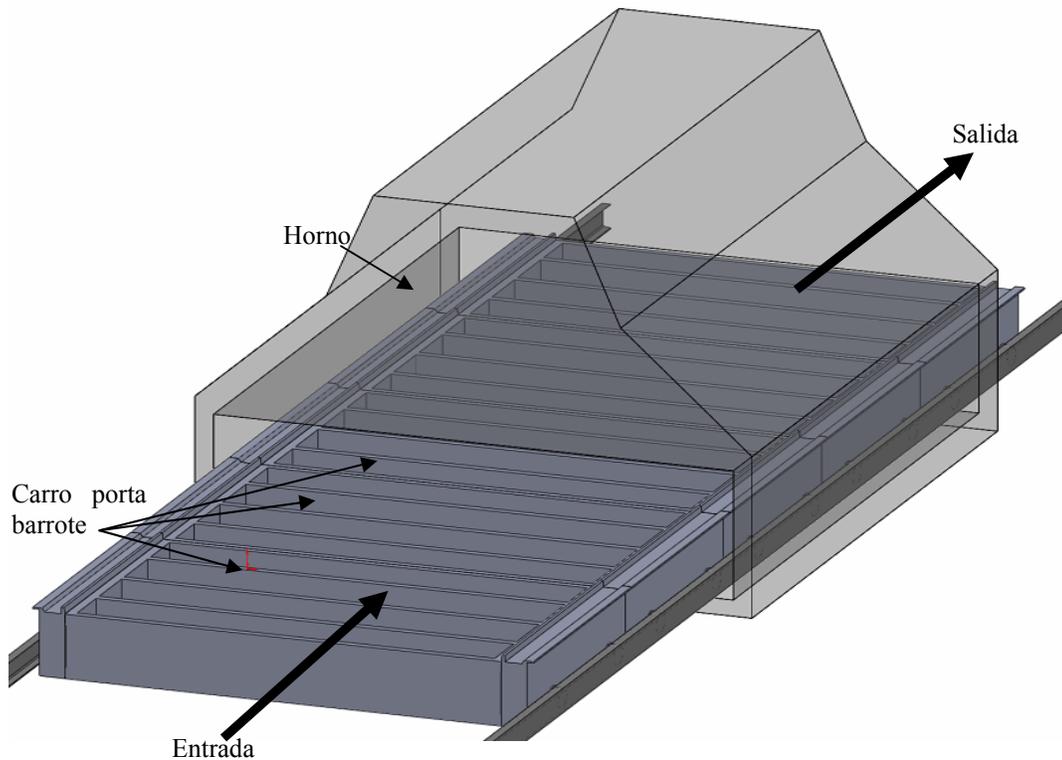


Figura 2.2. Parrillera móvil [Fuente: propio]

2.3.1 Carro porta barrote

El carro porta barrote consta de dos parte, la primera es una estructura de acero altamente aleado que tiene una longitud de 1496 milímetros y un ancho de aproximadamente 4000 milímetros, en la figura 2.3 se puede visualizar las dimensiones de la estructura del carro porta barrote; la segunda es un suplemento que se le coloca en dos de los extremo de la estructura que se le denomina cabezal, la cual cuenta con ocho (8) agujeros y dos (2) ruedas (figura 2.4). La estructura de estos carros porta barrote (primera parte) tienen cuatro filas de barra de parrilla (figura 2.5) y en los dos extremos cuentan con ocho (8) agujeros (figura 2.6), los cuales sirven como orificio para los penos que sujetan el cabezal de la estructura. La figura 2.7 se visualiza el carro porta barrote completamente armado.

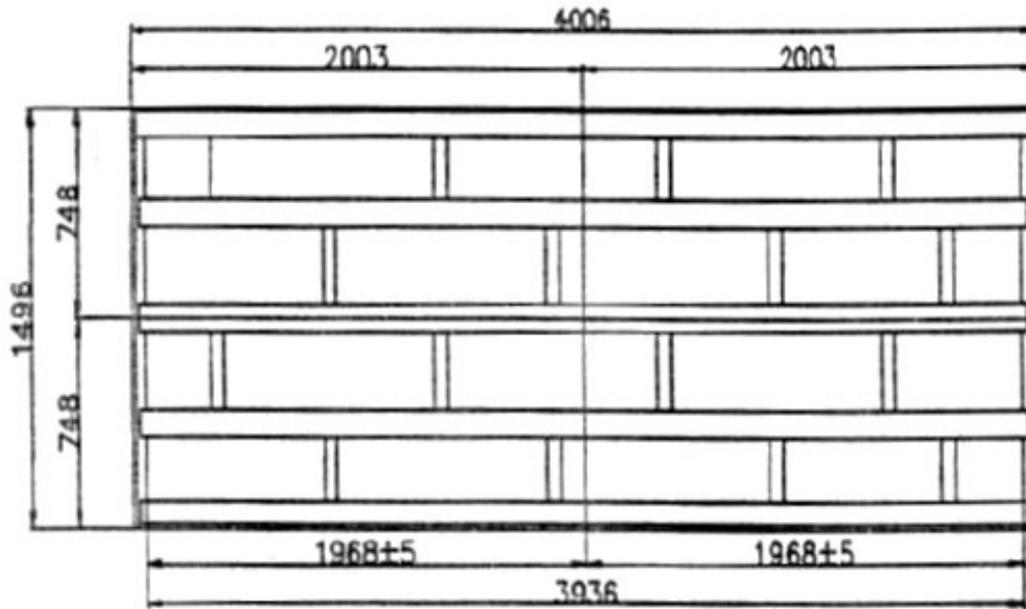


Figura 2.3 Medidas teóricas del carro porta barrote (todas medidas en milímetros) ^[Indorca].

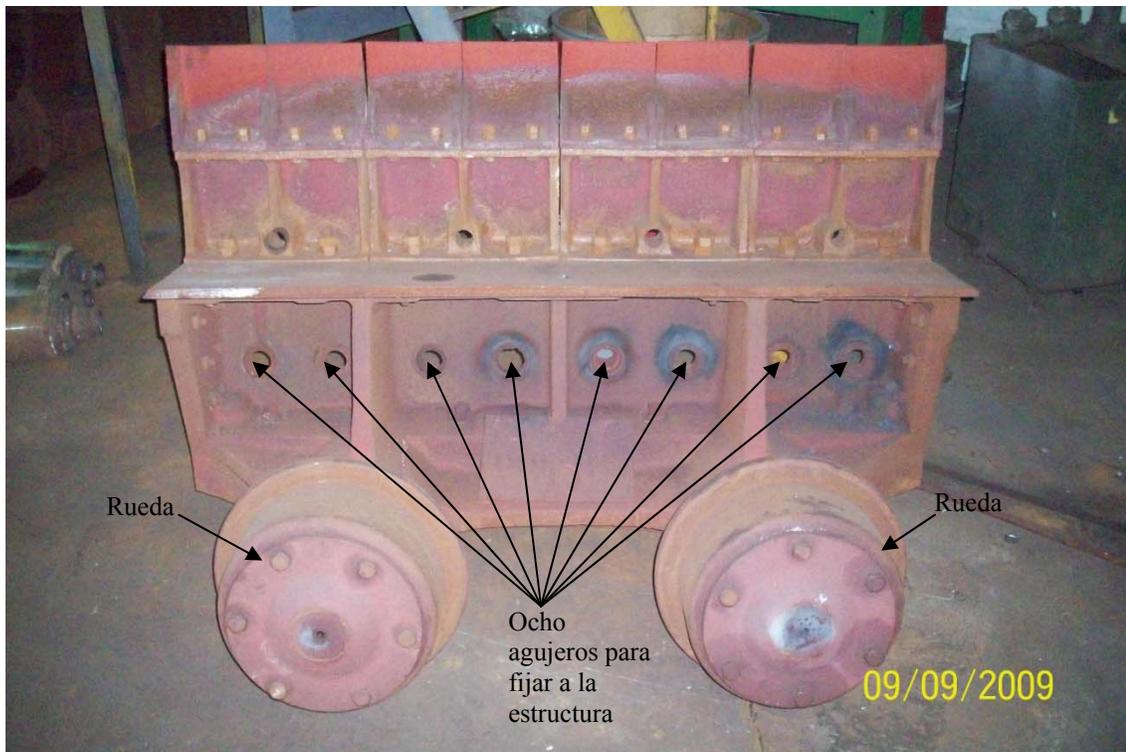


Figura 2.4. Cabezal del carro porta barrote ^[Indorca]

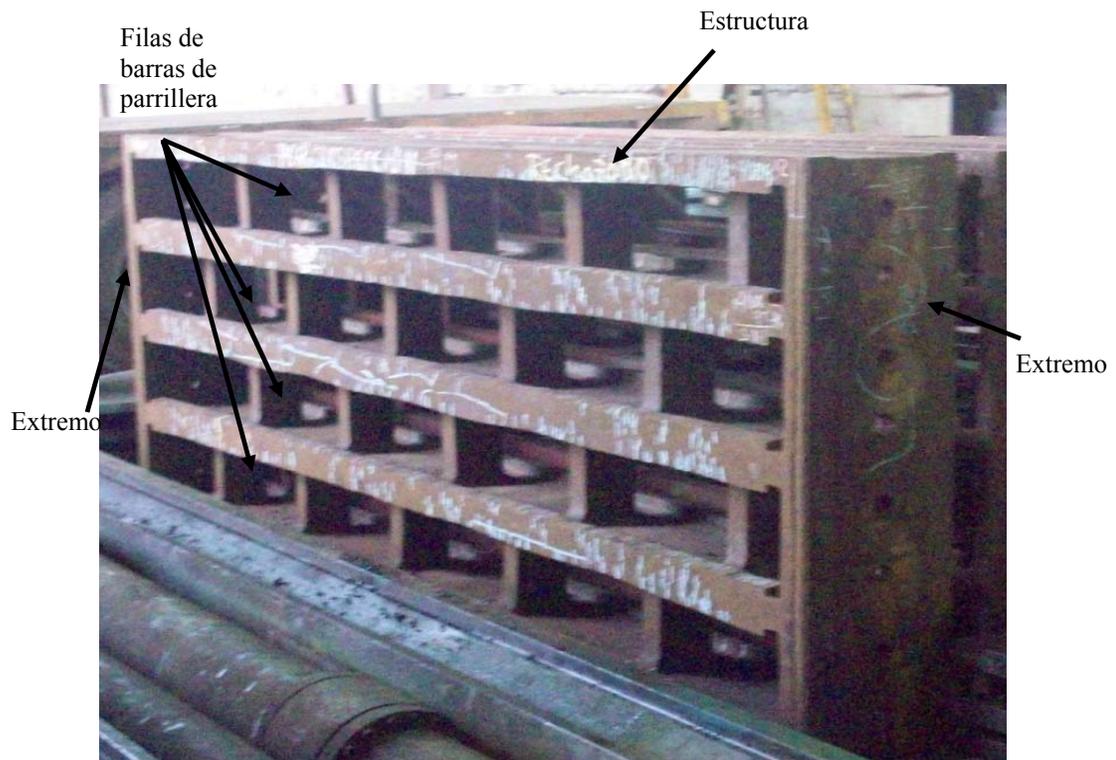


Figura 2.5. Filas de barra de parrilla del carro porta barrote ^[Indorca]

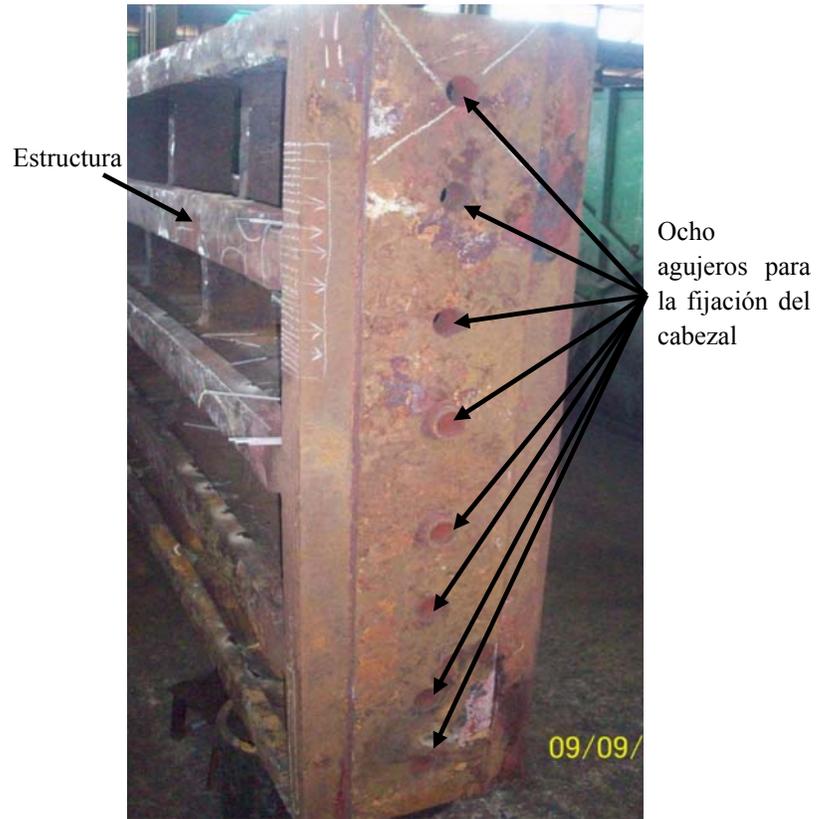


Figura 2.6 Carros porta barrotes sin cabezales [Indorca]



Figura 2.7 Carros porta barrotes con cabezales [Indorca]

2.3.2 Cambio de los carros porta barrotes

Como se puede observar en la figura 2.8 (detalle de la figura 2.1), los carros porta barrotes son expuestos a varios procesos que se encuentran a diferentes temperaturas, las cuales van desde 120 °C hasta 1100 °C. Debido a estas temperaturas los carros porta barrotes se encuentran sometidos a esfuerzos, que generan daños en la estructura de los mismos, ameritando el cambio de ellos.

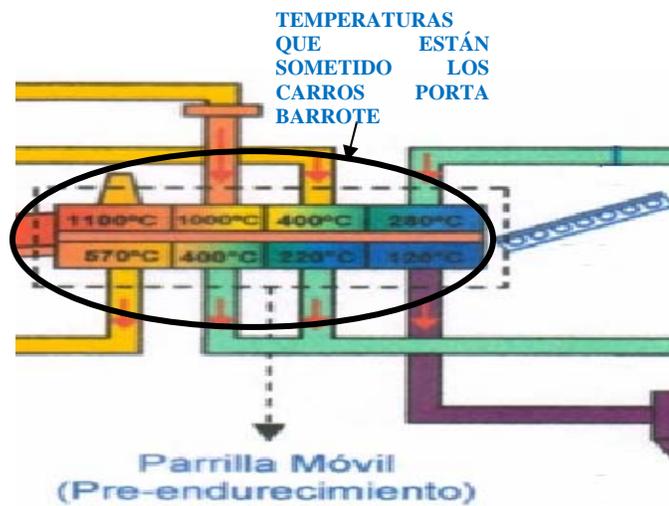


Figura 2.8. Temperaturas a las que están sometidos los carros porta barrotes.

Las razones por las que se cambian los carros porta barrotes son [7]:

A.- Combadura de las vigas longitudinales.

B.- Grietas por toda la estructura del carro porta barrote, aproximadamente 450 grietas por carro.

A- Combadura de las vigas longitudinales

Bajo condiciones normales de operación los carros porta barrotes tienen una vida útil limitada. Uno de los motivos para el cambio de carros porta barrotes es la combadura de la parte central, la cual, es producida por las altas temperaturas a las que está sometido el carro y el peso del material. Existe un instrumento indicador en la vía de retorno de la parrilla que señala el combadado de los carritos. En el momento en que un carro porta barrote combadado toque este instrumento se producirá una señal de alarma en la sala de mando. El operador de la máquina observará entonces en el otro instrumento indicador que esta conectado con una lámpara local cuando el carrito combadado entra en contacto con el instrumento. En la figura 2.9 se puede observar de manera exagerada la deflexión del carro porta barrotes.

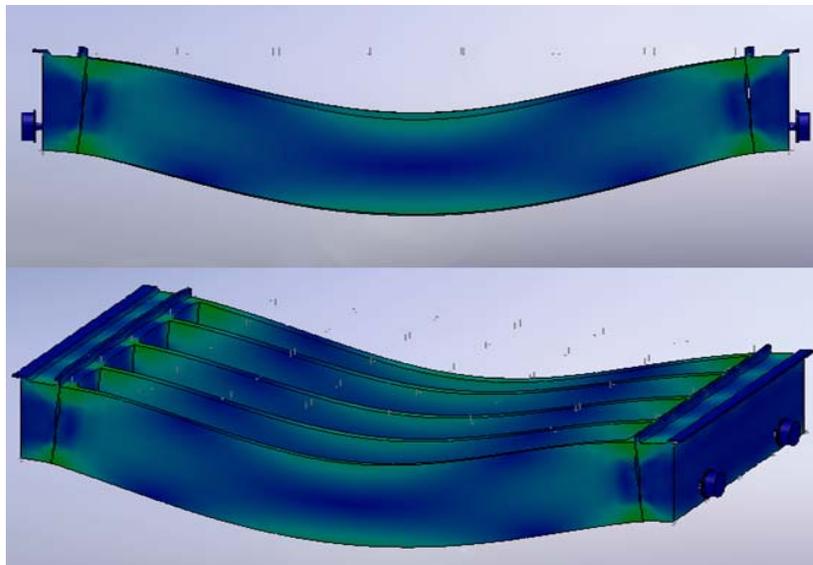


Figura 2.9. Deflexión de las vigas del carro porta barrote [Fuente: propio]

B.- Grietas en la estructura.

Otra de las razones para cambiar los carros porta barrotes son las grietas en su estructura, las cuales se producen debido a las altas temperaturas a las que se encuentran sometidos. La cantidad de grietas en los carros porta barrotes están en el orden de aproximadamente 450 grietas. Por ello es necesario que el operador de la máquina de induración la inspeccione cada cierto tiempo (cada dos meses), con el fin de determinar si los carros porta barrotes están aptos para entrar al horno o de lo contrario deberán reemplazarse. La figuras 2.10 y 2.11 muestran carros porta barrotes con grietas por toda su estructura.



Figura 2.10 Grietas marcada con tiza ^[Indorca]



Figura 2.11 Visualización de las grietas [Indorca]

2.4 Diseño de Elementos de Máquinas

2.4.1 Diseño mecánico

Diseñar es una actividad bastante creativa, en la cual se busca darle soluciones a problemas reales, por lo que siempre se persigue una respuesta que satisfaga una necesidad determinada. El resultado final en un diseño es una acción o en el mejor de los casos, la creación de una realidad física. El diseño mecánico proyecta objetos y sistemas de naturaleza mecánica: maquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos.

Un sistema mecánico esta conformado por la agrupación de elementos de maquinas, seleccionados de manera cuidadosa para lograr una interacción exitosa entre ellos.

2.4.2 Etapas en el proceso de diseño

El proceso de diseño es una guía general de los pasos que pueden seguirse para dar al ingeniero cierto grado de dirección para la solución de problemas. Los diseñadores emplean un gran número de combinaciones de pasos y procedimientos de diseño, pero no se puede decir que haya una combinación óptima.

El seguir las reglas estrictas del diseño no asegura el éxito del proyecto y aun puede inhibir al diseñador hasta el punto de restringir su libre imaginación. A pesar de esto, se cree que el proceso de diseño es un medio efectivo para proporcionar resultados organizados y útiles.

Las etapas del proceso de diseño pueden ser:

- ✓ Identificación del problema
- ✓ Ideas preliminares
- ✓ Evaluación previa
- ✓ Análisis
- ✓ Decisión
- ✓ Realización

2.4.2.1 Identificación del problema

Es importante en cualquier actividad constructiva dar una definición clara de los objetivos para así tener una meta hacia la cual dirigir todos los esfuerzos. La identificación de la necesidad de un diseño se puede basar en datos de varios tipos: estadísticas, entrevistas, datos históricos, observaciones personales, datos experimentales o proyecciones de conceptos actuales.

Definir es establecer los límites; es delimitar el problema y el alcance de la solución que esta buscándose. Es indicar lo que se quiere hacer y a donde no se quiere llegar. Definir un problema es la parte mas complicada en el proceso de diseño; una equivocación a esta altura representa un enorme error al final.

Esto se puede lograr de la siguiente manera:

- ✓ Comprensión del problema: efectuar entrevistas, informes.
- ✓ Recopilación de datos: realizar encuestas, efectuar mediciones.
- ✓ Analizar los datos: comprobar hipótesis, establecer relaciones causa-efecto.
- ✓ Formulación del problema: sintetizar de la mejor forma todo lo hallado.

2.4.2.2 Ideas preliminares

Una vez que se ha definido y establecido el problema en forma clara, es necesario recopilar ideas preliminares a partir de las cuales se pueden asimilar los conceptos del diseño. Esta es probablemente la parte más creativa en el proceso de diseño. Puesto que en la etapa de identificación del problema solamente se han establecido limitaciones generales, el diseñador puede dejar que su imaginación considere libremente cualquier idea que se le ocurra. Estas ideas no deben evaluarse en cuanto a factibilidad, puesto que se las trata con la esperanza de que una actitud positiva estimule otras ideas asociadas como una reacción en cadena. El medio más útil para el desarrollo de ideas preliminares es el dibujo a mano alzada.

2.4.2.3 Evaluación previa

Es el primer paso de la evaluación de las ideas preliminares y se concentra bastante en el análisis de las limitaciones. Todos los esquemas, bosquejos y notas se

revisan, combinan y perfeccionan con el fin de obtener varias soluciones razonables al problema. Deben tenerse en cuenta las limitaciones y restricciones impuestas sobre el diseño final. Los bosquejos son mas útiles cuando se dibujan a escala, pues a partir de ellos se pueden determinar tamaños relativos y tolerancias y, mediante la aplicación de geometría descriptiva y dibujos analíticos, se pueden encontrar longitudes, pesos, ángulos y formas. Estas características físicas deben determinarse en las etapas preliminares del diseño, puesto que pueden afectar al diseño final.

2.4.2.4 Análisis

El análisis es la parte del proceso de diseño que mejor se comprende en el sentido general. El análisis implica el repaso y evaluación de un diseño, en cuanto se refiere a factores humanos, apariencia comercial, resistencia, operación, cantidades físicas y económicas a satisfacer requisitos del diseño. Gran parte del entrenamiento formal del ingeniero se concentra en estas áreas de estudio.

A cada una de las soluciones generadas se le aplica diversos tamices para confirmar si cumplen las restricciones impuestas a la solución, así como otros criterios de solución. Aquellas que no pasan estos controles son rechazadas y solamente se dejan las que de alguna manera podrían llegar a ser soluciones viables al problema planteado.

2.4.2.5 Decisión

La decisión es la etapa del proceso de diseño en la cual el proyecto debe aceptarse o rechazarse, en todo o en parte. Es posible desarrollar, perfeccionar y analizar varias ideas y cada una puede ofrecer ventajas sobre las otras, pero ningún proyecto es ampliamente superior a los demás. La decisión acerca de cual diseño será el optimo para una necesidad específica debe determinarse mediante experiencia técnica e información real.

Siempre existe el riesgo de error en cualquier decisión, pero un diseño bien elaborado estudia el problema a tal profundidad que minimiza la posibilidad de pasar por alto una consideración importante, como ocurriría en una solución improvisada.

Una forma sistemática y racional de tomar una decisión de cual diseño seleccionar de los potencialmente viables, es mediante la aplicación de una matriz de decisión como la mostrada en la tabla 2.1. Esto se debe a que implica considerar diversos factores de una manera organizada, en esta matriz cada diseño ocupa una fila, las columnas son asignadas a diversas categorías con las que son evaluados los diseños, categorías que deben ser definidas por el diseñador según sea el problema tratado. A cada categoría le es asignado un factor de peso con medidas relativas a su importancia en el diseño, adicional a esto se define un rango de puntuación para las categorías con escala conveniente, por ejemplo del 1 al 10.

Luego el diseñador le dará una puntuación a cada categoría, la cual se multiplicara por el factor de peso, este producto particular de cada categoría se sumaran para cada diseño y ese resultado será la puntuación final del diseño, representado el mejor diseño el que cuente con la mayor puntuación.

Tabla 2.1. Matriz de decisión de propuestas de diseño

	Costo	Seguridad	Apariencia	Fiabilidad	Total
Peso	.35	.30	.15	.20	1.0
Diseño 1	3 1.05	6 1.80	4 .60	9 1.80	5.3
Diseño 2	4 1.40	2 .60	7 1.05	2 .40	3.5
Diseño 3	1 .35	9 2.70	4 .60	5 1.00	4.7
Diseño 4	9 3.15	1 .30	6 .90	7 1.40	5.8
Diseño 5	7 2.45	4 1.20	2 .30	6 1.20	5.2

2.4.2.6 Realización

El último paso del diseñador consiste en preparar y supervisar los planos y especificaciones finales con los cuales se va a construir el diseño. En algunos casos, el diseñador también supervisa e inspecciona la realización de su diseño. Al presentar su diseño para realización, debe tener en cuenta los detalles de fabricación, métodos de ensamblaje, materiales utilizados y otras especificaciones.

Durante esta etapa, el diseñador puede hacer modificaciones de poca importancia que mejoren el diseño; sin embargo, estos cambios deben ser insignificantes, a menos que aparezca un concepto enteramente nuevo. En este caso, el proceso de diseño debe retornar a sus etapas iniciales para que el nuevo concepto sea desarrollado, aprobado y presentado.

2.4.3 Consideraciones de diseño

Esto se refiere a las características que influyen en el diseño de un elemento o, quizás, en todo el sistema. Para garantizar un buen diseño es necesario tomar en cuenta varios de estos factores. Entre los más relevantes se encuentran los siguientes:

- ✓ Resistencia
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Desgaste
- ✓ Seguridad
- ✓ Procesamiento
- ✓ Mantenimiento

La resistencia es una de las consideraciones de diseño mas importante, ya que en muchos casos es la que determina la configuración geométrica y las dimensiones

que tendrán los elementos, y por lo tanto dependiendo de la situación hará viable o no un diseño.

Cabe destacar que en ocasiones los factores de diseño importantes son tales que no es necesario hacer cálculos o experimentos para definir un elemento o sistema. Esto suele confundir cuando existen este tipo de situaciones en las que virtualmente es imposible efectuar un solo cálculo y, sin embargo, tiene que tomarse una decisión importante.

Estos casos no son extraordinarios, sino que surgen en el día a día. Algunas veces las maquinas y sus partes se diseñan simplemente desde el punto de vista del estilo y nada mas, de modo de que no siempre existe un enfoque matemático racional para toda decisión de diseño.

2.4.4 Factor de seguridad

Los ingenieros al momento de diseñar deben asegurarse contra condiciones incierta o desconocidas, esto lo hacen empleando un factor de diseño o factor de seguridad. Los factores de seguridad algunas veces son prescritos por un código; pero usualmente están enraizados en la experiencia de diseño. Es decir, los ingenieros de diseño han establecido por medio del desempeño de un producto que un factor de seguridad es suficiente o insuficiente.

Aunque existen muchos métodos para obtener el factor de seguridad en este trabajo de escogió el método Pugsley, el cual ilustra las preocupaciones presentes en la selección del factor de seguridad. Muchos parámetros, como la resistencia del material y las cargas aplicadas, puede que no sean bien conocidos y la confianza en el análisis de ingeniería puede ser sospechosa. Por estas razones, el factor de seguridad ha sido llamado "factor de ignorancia", ya que compensa la ignorancia del medio

ambiente total, situación que todos los ingenieros de diseño enfrentan hasta cierto punto.

2.4.5 Esfuerzos en el diseño de maquinas

Una de las metas principales del análisis de esfuerzos es determinar el punto, dentro de un elemento sometido a cargas, que soporta el máximo nivel de esfuerzo. El lector debe desarrollar la capacidad de visualizar un elemento de esfuerzos, simple, infinitesimalmente un pequeño cubo del elemento en una zona de mucho esfuerzo, e indicar los vectores que representan los tipos de esfuerzos que existen sobre ese elemento. Es crítica la orientación del elemento de esfuerzos, y debe alinearse con ejes especificados sobre el miembro, a los que se suelen llamarse x , y y z .

2.4.5.1 Esfuerzos directos tensión y compresión

Se puede definir el esfuerzo como la resistencia interna que ofrece una unidad de área de un material contra una carga externa aplicada. Los esfuerzos normales (σ) son de tensión (positivos) o de compresión (negativos).

Para un elemento portátil en el que la carga externa está uniformemente distribuida a través de su área de sección transversal.

2.4.5.2 Esfuerzo cortante directo

El esfuerzo cortante directo se produce cuando la fuerza aplicada tiende a cortar el elemento como si fuera unas tijeras o una navaja, o como cuando se usa un troquel para perforar una lámina. Otro ejemplo importante de cortante directo en el diseño de máquinas es la tendencia de una cuña a ser cortada entre el eje y el cubo de un

elemento de máquina cuando transmite par de torsión. El símbolo con que se representa el esfuerzo cortante es la letra griega tau (τ).

2.4.5.3 Esfuerzo debido a flexión

Una viga es un elemento que soporta cargas transversales a su eje. Esas cargas producen momentos de flexión en la viga, las cuales a su vez causan el desarrollo de esfuerzos de flexión. Los esfuerzos de flexión son esfuerzos normales, esto es, son de tensión o de compresión. El esfuerzo cortante máximo en una sección transversal de una viga está en la parte más alejada del eje neutro de la sección.

2.4.6 Uniones

La soldadura ha tenido un lugar importante en la tarea de acelerar la manufactura de partes componentes y en el ensamblaje de esas partes en estructuras industriales. El forjado o la soldadura por presión del hierro han sido practicados durante siglos; los métodos de soldadura por soplete, arco o resistencia han aparecido sólo en años recientes. El campo de aplicación de estos últimos métodos se está ampliando rápidamente.

También pueden usarse remaches o uniones apernadas para formar las juntas y conexiones entre las partes de una estructura. Aunque la soldadura ha reemplazado a los remaches casi por completo, los remaches y pernos se siguen empleando para cierto tipo de juntas.

2.4.6.1 Juntas soldados

Una soldadura se logra uniendo dos miembros y luego agitando las moléculas en sus uniones (usualmente por calor), hasta que se funden en conjunto. Cuando se

remueve la fuente de agitación, los miembros quedan unidos permanentemente. Existe una variedad de métodos de soldadura.

Algunas ventajas de las juntas soldadas, con respecto a los sujetadores roscados, son que las juntas soldadas son baratas y no hay peligro de que se aflojen. Algunas desventajas de las juntas soldadas, con respecto a los sujetadores roscados, son que producen esfuerzos residuales, distorsionan la forma del miembro, ocurren cambios metalúrgicos y el desensamble es un problema.

2.4.6.2 Juntas atornilladas

El uso de pernos y tornillos para el ensamblaje de equipos de máquinas y estructuras metálicas es de uso natural y corriente. Este tipo de unión permite el armado y desarmado de una estructura o grupo de maquinaria tantas veces como se quiera (unión desmontable).

Con la aparición de los tornillos de alta resistencia, que trabajan a esfuerzo cortante y a rozamiento, se ha modificado el sistema constructivo de muchas estructuras por cuanto se pueden preparar en taller grandes conjuntos y posteriormente montarlos con un solo movimiento.

Las uniones apernadas, presentan sobre los demás tipos de unión, entre otras, las siguientes ventajas:

- ✓ Facilidad de montaje y desmontaje.
- ✓ Gran capacidad portante.
- ✓ Gran variedad de existencia en el mercado.
- ✓ Facilidad de uso.
- ✓ Menor costo.
- ✓ Uso en cualquier clima

Sin embargo, también presentan desventajas como son:

- ✓ Gran cantidad de concentradores de esfuerzos.
- ✓ Menor capacidad para absorber esfuerzos de fatiga.
- ✓ Insuficiencias en el apriete, pueden originar fallas en las uniones.
- ✓ No garantizan uniones rígidas.

Además de permitir las uniones entre las piezas que conforman una estructura, los pernos permiten las fijaciones de las máquinas a sus cimientos, estos se conocen como bulones de anclajes.

2.4.7 Cojinetes de elementos rodantes

El propósito de un cojinete es el de proporcionar una posición relativa y libertad de rotación, además de transmitir una carga entre dos estructuras, usualmente un eje y una carcasa. Los cojinetes de elementos rodantes se clasifican en un primer momento por la geometría de sus elementos rodantes, la cual es la siguiente: cojinetes de bolas, de rodillos cilíndricos, de rodillos cónicos, de rodillos esféricos, entre otros. En este diseño se utilizarán cojinetes de bolas.

Los cojinetes de bolas soportan carga radial y carga axial. Las bolas se introducen en las ranuras desplazando el aro interior lateralmente a una posición excéntrica. Las bolas se desplazan después de la introducción y luego se inserta el separador. El uso de una muesca de llenado en los aros (o anillos) interior y exterior permite insertar un mayor número de bolas, por lo tanto aumenta la capacidad de carga.

En los rodamientos se pueden producir penetraciones debido al contacto de los elementos rodantes con la pista de rodadura, con esfuerzos de contacto tan elevados

no es necesaria una carga grande para producir una deformación permanente. Estas penetraciones o indentaciones por presión se llaman huellas falsas Brinell (cavidades o mellas) y el acto de indentación se llama brinelacion o indentacion plástica por deformación bajo carga (brinelling o false brinelling).

La capacidad estática mostradas en las tablas de cojinetes de elementos rodantes, es una medida practica de la magnitud de brinelacion que puede ser tolerada normalmente cuando esta girando el cojinete. Si es permisible un subsiguiente funcionamiento ruidoso, se puede tolerar una carga estática mayor que la capacidad estática. Además cuando el movimiento en funcionamiento de régimen es lento, se puede utilizar una capacidad de carga mas elevada; las cargas de los rodamientos que soportan piezas de artillería pueden ser el dobles que la especificación del catálogo.

El tamaño del rodamiento se debe seleccionar en base a su capacidad de carga estática C_0 , en vez de en base a su duración en cada uno de los siguientes casos:

1. Cuando se trata de un rodamiento estacionario sometido a cargas continuas o intermitente (choque).
2. Cuando el rodamiento efectúa lentos movimientos de oscilación o alineación bajo
3. Cuando el rodamiento gira bajo carga a velocidades muy bajas y solo se necesita alcanzar una vida corta (en este caso, la formula de vida para una determinada carga equivalente P daría una capacidad de carga dinámica C requerida tan baja que el rodamiento seleccionado seria sometido a una sobre carga en servicio).
4. Cuando el rodamiento gira y tiene que soportar elevadas cargas de choque durante una fracción de revolución, además de las cargas de trabajo normales.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Introducción

La primera parte de este capítulo se dedica al estudio y selección del sistema de sujeción con rotación de 360° por medio de matriz de decisión, luego se realiza una descripción detallada del equipo seleccionado. Posteriormente se analiza las condiciones y limitaciones del diseño escogido y finalmente se efectúa el diseño básico de la máquina seleccionada.

3.2 Evaluación de Sistemas Propuestos

En esta parte se estudian las alternativas propuestas, se explica brevemente el funcionamiento de cada una de las alternativas así como las partes principales, con el fin de resaltar sus ventajas.

3.2.1 Diseños conceptuales alternativos

Alternativa I: Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil (Figura 3.1). Esta consta de una columna fija que esta anclada al suelo, en ella se encuentra el motor reductor. La columna posee un eje y en uno de sus extremos un cabezal con cuatro pines (4) (figura3.2), cuya función es sujetar un extremo del carro porta barrote una vez que el puente grúa lo traslade hasta la máquina y lo coloque entre las dos columnas. Luego de que el cabezal de la columna fija este sujetando un extremo del carro, se procede a sujetar el otro extremo con otro cabezal similar al de la columna fija, que esta ubicado en la columna móvil, la cual se encuentra sobre un riel para poder desplazarse longitudinalmente y así asegurar el

carro (figura 3.3). El movimiento longitudinal sobre un riel es manual a través de una manivela y se produce, por una cremallera que esta localizada en el riel y un engrane ajustado a un eje (figura 3.3). Después de colocar el carro en su lugar se asegura la columna móvil mediante cuatro (4) pernos, ubicados en la parte inferior de la columna (figura 3.3), esto con el fin de restringir el movimiento longitudinal de la columna para así colocar en funcionamiento la máquina. La figura 3.4 muestra cuando el puente grúa traslada el carro y lo coloca entre las dos columnas y a su vez se asegura con los dos cabezales.

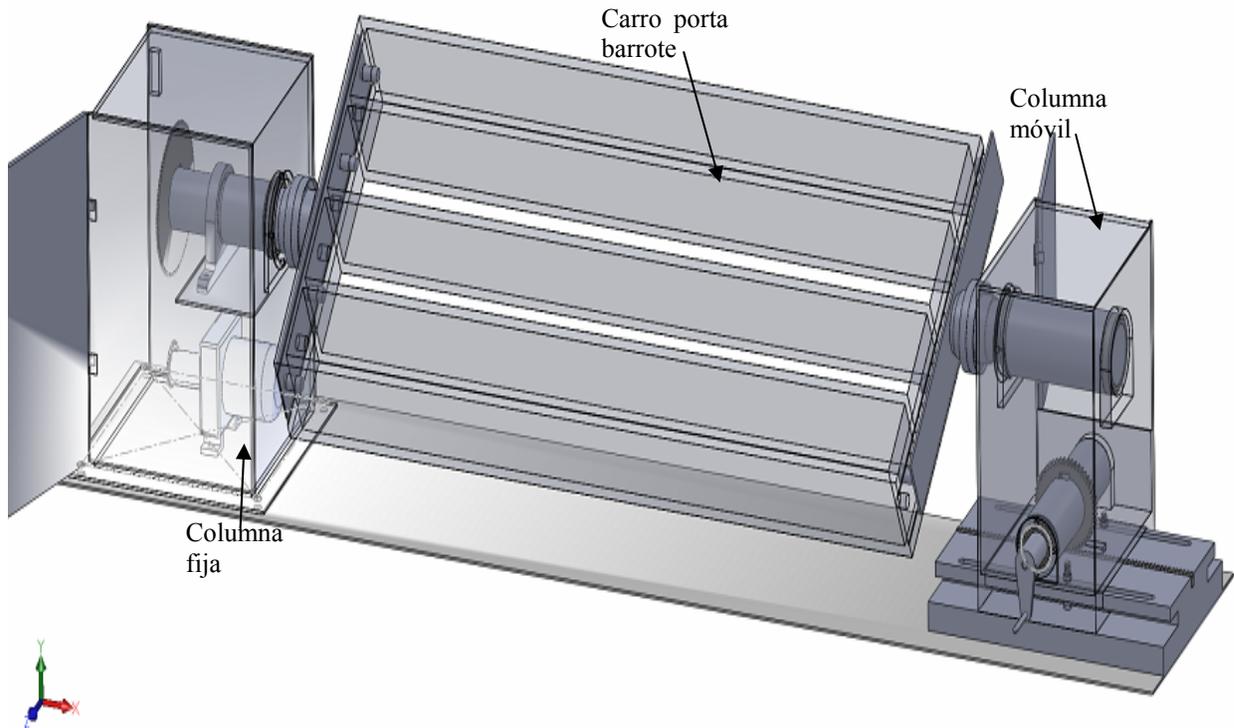


Figura 3.1. Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil [Fuente: propio]

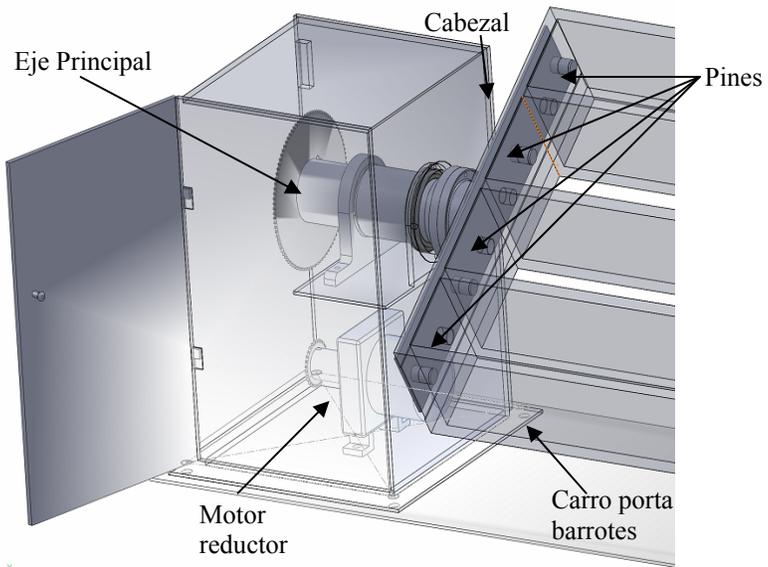


Figura 3.2 Columna fija [Fuente: propio]

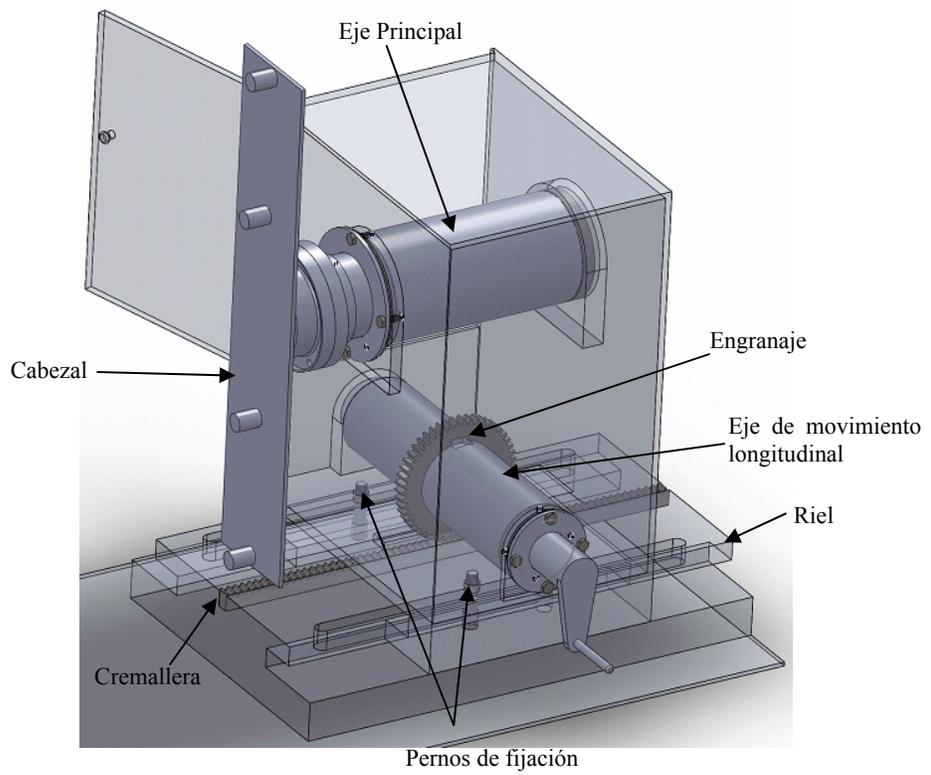


Figura 3.3 Columna móvil ^[Fuente: propio]

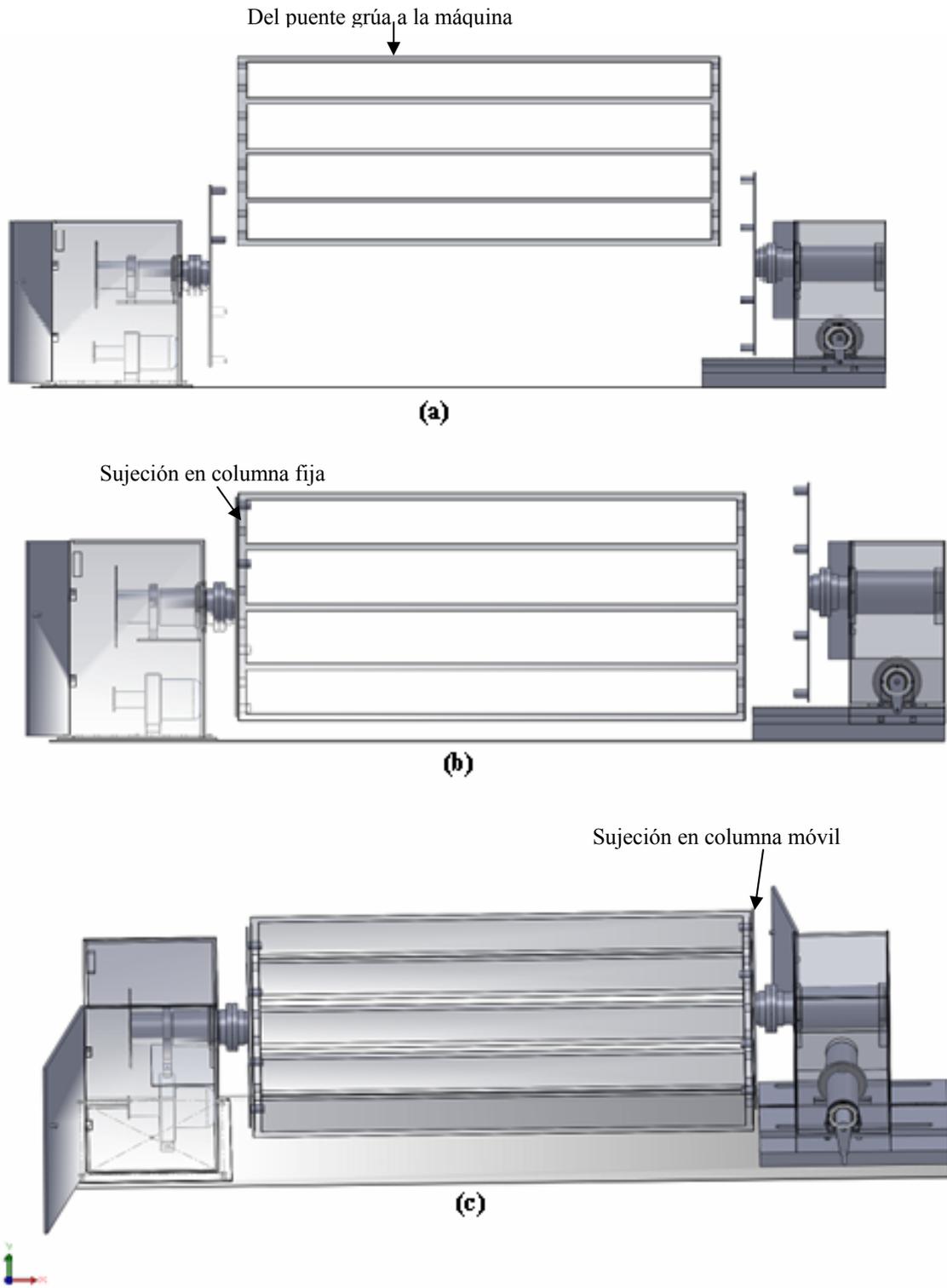


Figura 3.4 Funcionamiento de la Alternativa I [Fuente: propio]

Alternativa II: Máquina de accionamiento motorizado con ambas columna fijas. Este diseño consta de dos (2) columnas que se encuentran ancladas al suelo (fijas) y cada una cuenta con un eje (figura 3.5). Cada eje posee en uno de sus extremos un cabezal con cuatro (4) agujeros, unido mediante un acople (Figura 3.6). Una vez que el carro porta barrote este ubicado entre ambas columnas, debe alinearse los agujeros del cabezal con los agujeros del carro para luego introducir los pines (pasadores) por cada agujero (Figura 3.7). El accionamiento de la máquina es por medio de un motor reductor ubicado en una de las columnas. La figura 3.8 muestra cuando el puente grúa traslada el carro y lo coloca entre las dos columnas y a su vez se alinean los agujeros del carro con los del cabezal y se introducen los pines.

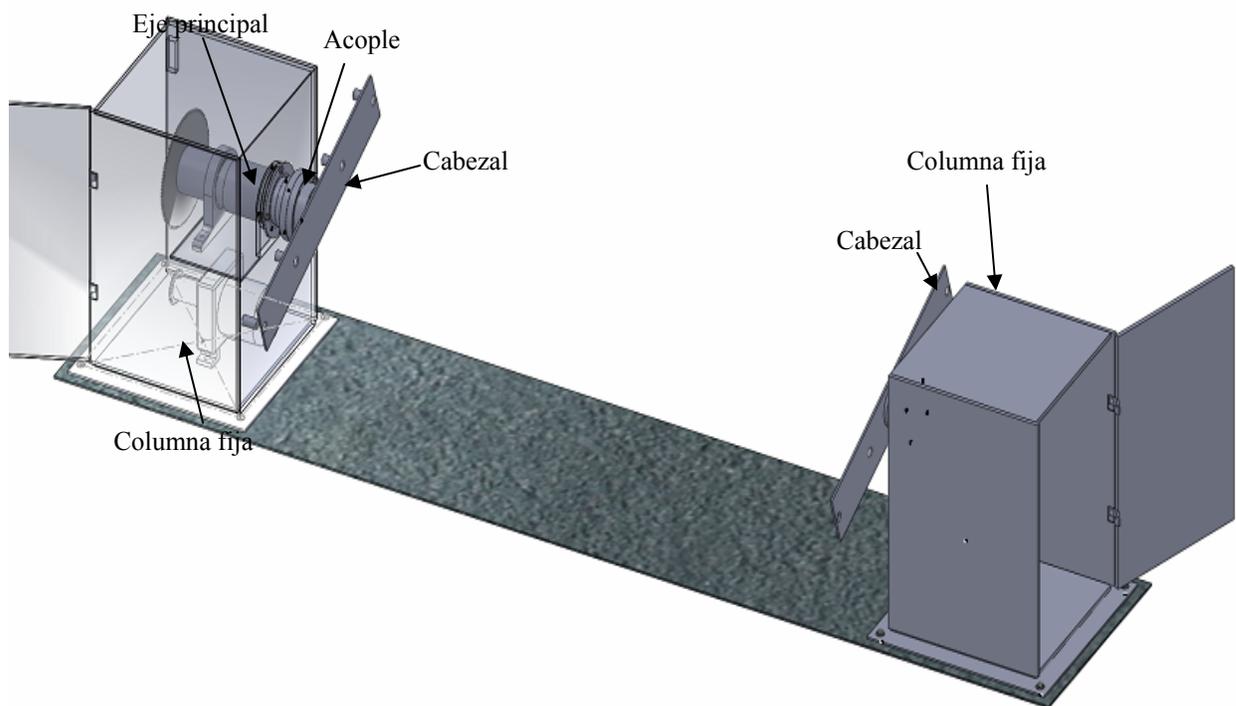


Figura 3.5 Máquina de accionamiento motorizado con ambas columna fijas [Fuente: propio]

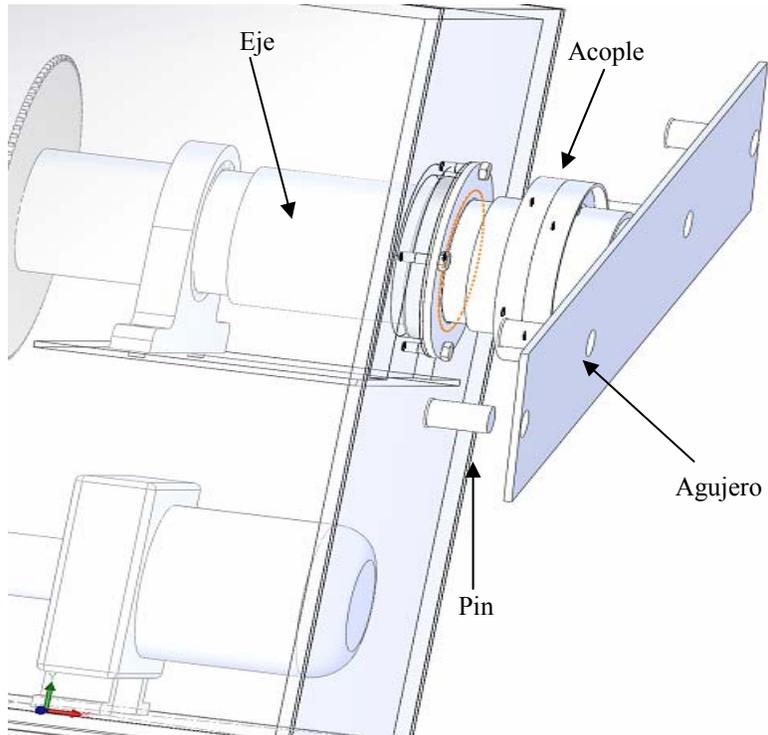


Figura 3.6 Detalles de la alineación de los agujeros y los pines [Fuente: propio]

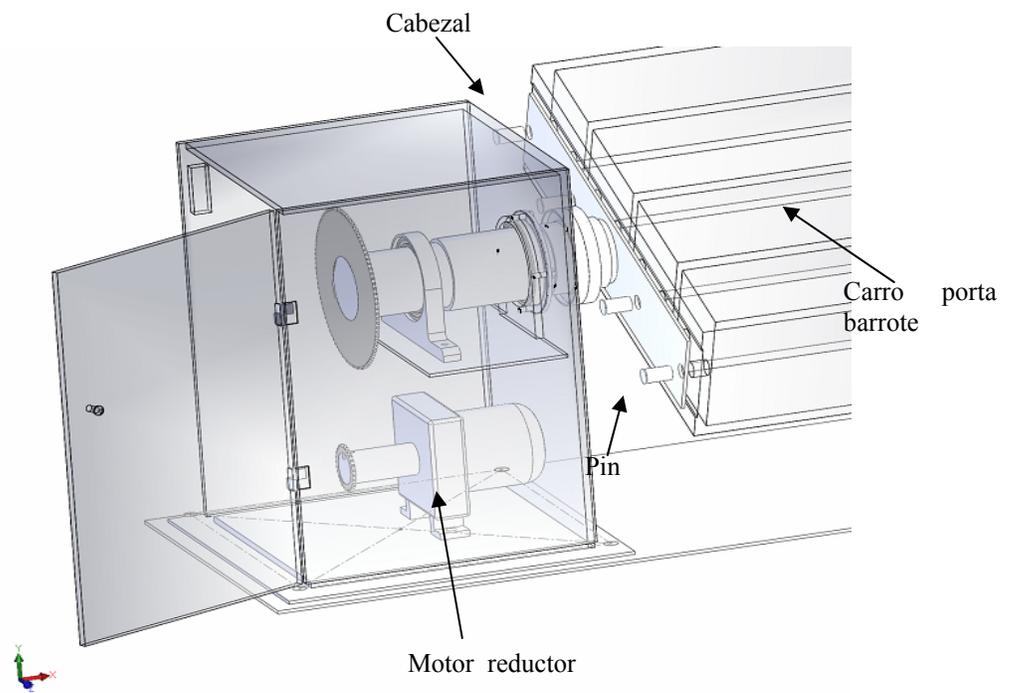


Figura 3.7. Alineación del cabezal con el carro porta barrote para colocar los pines [Fuente: propio]

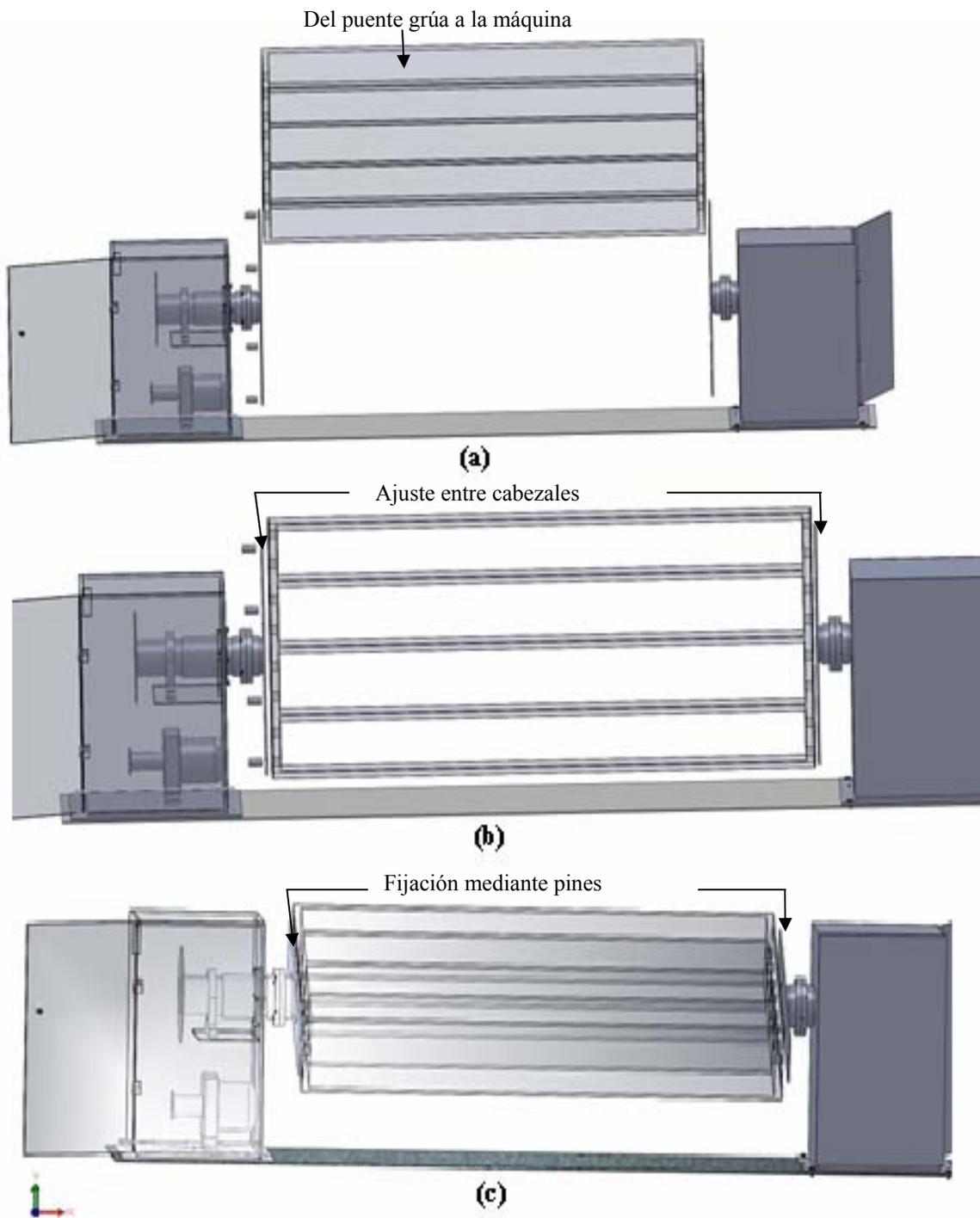


Figura 3.8 Etapas del funcionamiento de la alternativa II [Fuente: propio]

Alternativa III: Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil II. Este diseño difiere de la primera alternativa, en la forma geométrica de las estructuras de las columnas, la ubicación de la cremallera, así como la ubicación del motor reductor ya que está ubicado al lado de la columna fija. Siguiendo la misma secuencia de elementos y el mismo procedimiento de funcionamiento descrito en la alternativa I (Fig. 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12).

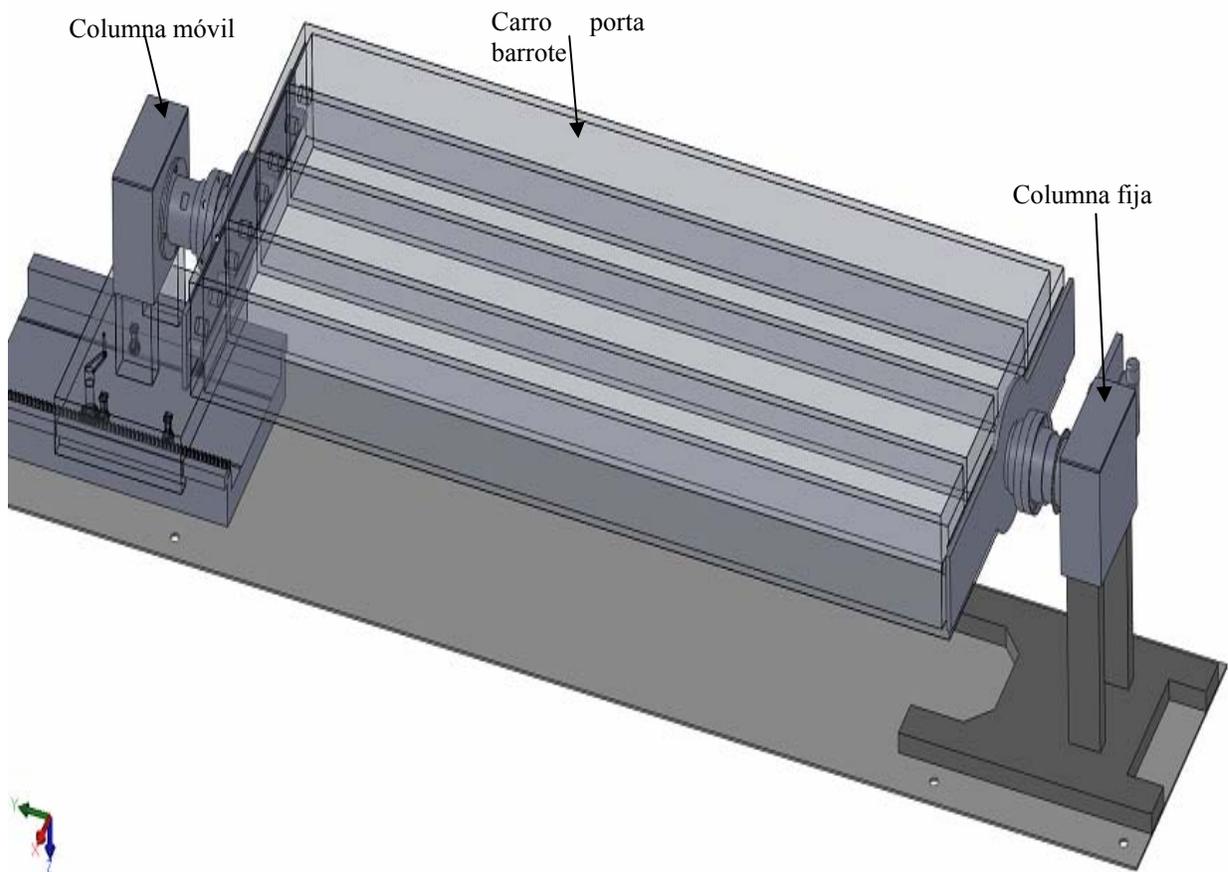


Figura 3.9 Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil II [Fuente: propio]

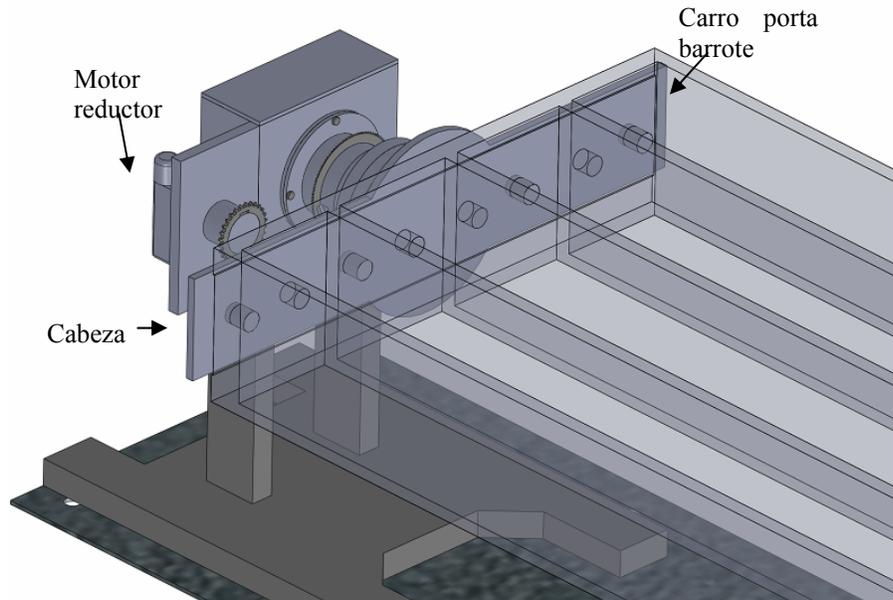


Figura 3.10 Columna fija [Fuente: propio]

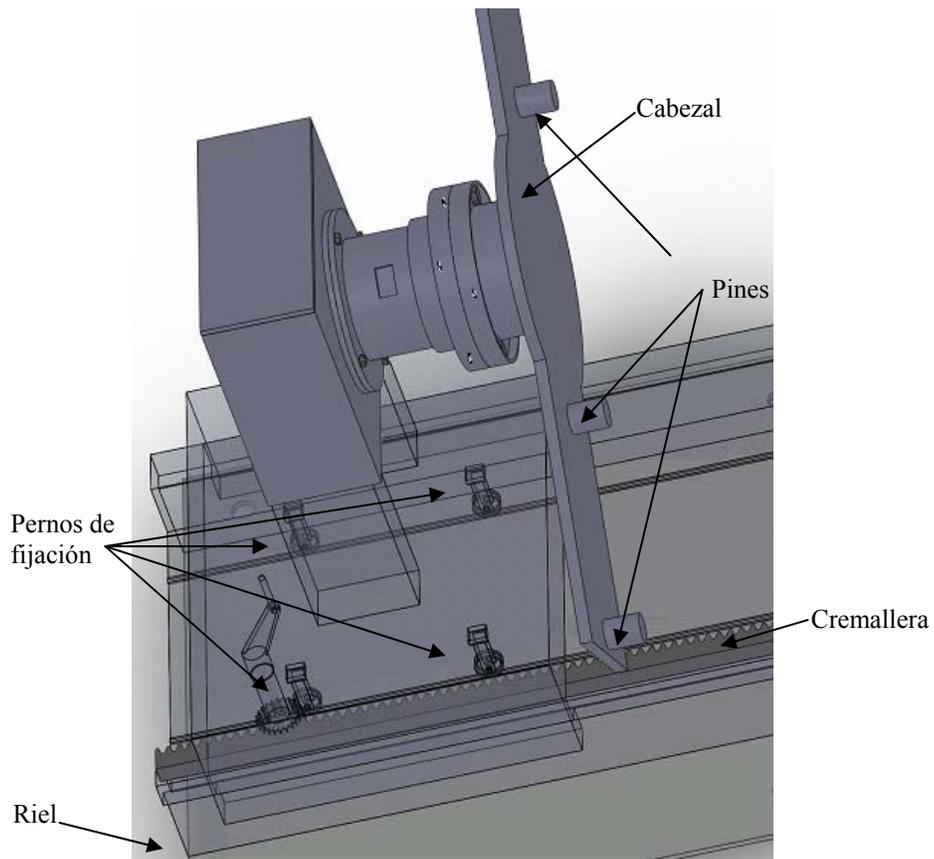


Figura 3.11 Columna móvil [Fuente: propio]

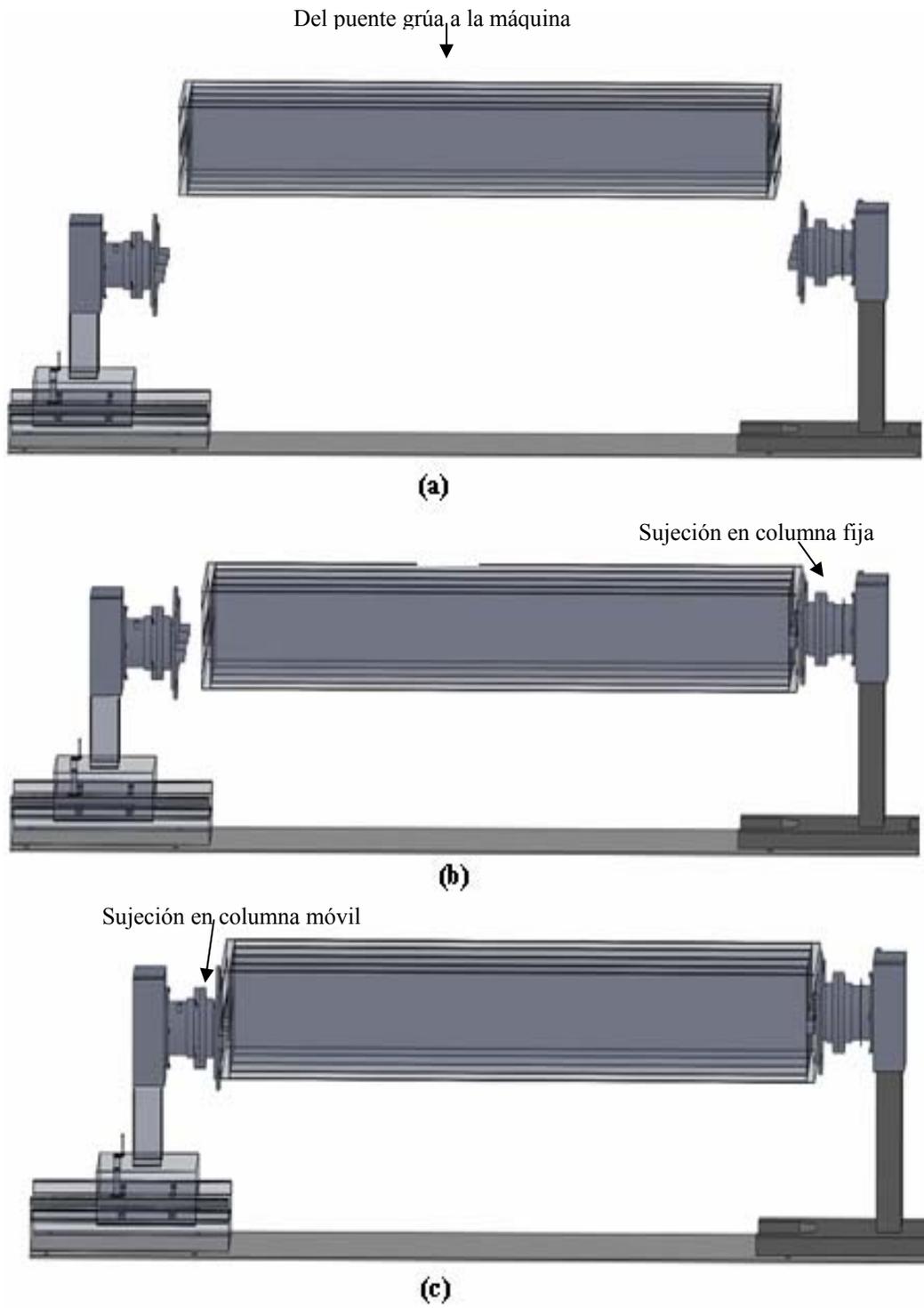


Figura 3.12 Etapas del funcionamiento de la alternativa III [Fuente: propio]

3.2.2 Matriz de decisión

La selección de los modelos propuestos se efectuó a partir de la evaluación de los criterios en cada una de las alternativas, la cual se realizó tomando una puntuación que va desde 0 (muy pobre) a 3 (bueno). Cada criterio se le asignó un porcentaje según la relevancia de éste para el diseño. Dicho porcentaje se multiplicó por la puntuación establecida para cada uno de ellos en las distintas alternativas. Luego de la multiplicación para cada alternativa los valores se sumaron para obtener el resultado final. La tabla 3.1 resume el procedimiento realizado.

Tabla 3.1 Resultados de la matriz de decisión [Fuente: propio].

Criterios	Economía	Posibilidad de construcción	Facilidad de manipulación	Impacto en seguridad	Tamaño de la máquina	Resultados
Porcentaje Diseño	30%	25%	25%	10%	10%	
1.- Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil.	1	1	3	3	2	10
	0.30	0.25	0.75	0.30	0.20	1.8
2.- Máquina de accionamiento motorizado con ambas columnas fijas.	2	2	1	0	3	8
	0.60	0.50	0.25	0	0.30	1.65
3.- Máquina de accionamiento motorizado con una columna fija y una móvil II.	1	1	2	3	2	9
	0.30	0.25	0.50	0.30	0.20	1.55

0 → Muy pobre, 1 → Pobre, 2 → Regular y 3 → Bueno

A continuación se describen los criterios utilizados para la evaluación:

➤ **Economía**

Este criterio toma en cuenta el costo de los materiales a utilizar para la construcción de la máquina, así como la mano de obra de la construcción, es decir, la inversión que se va a realizar para la construcción de la máquina. Es importante resaltar que para la selección del puntaje se realizaron entrevistas no estructuradas a operadores del taller de fabricación de la empresa, de los cuales se obtuvo la información para lograr un valor estimado cualitativamente de referencia. En la tabla 3.1 se puede observar que el puntaje más alto lo tuvo la alternativa II, ya que se utilizaría menos material en comparación con las otras dos alternativas a la hora de construcción, porque cuenta con ambas columna fijas.

➤ **Posibilidad de construcción**

Este factor hace referencia a la factibilidad de construcción y ensamblaje de la máquina, es decir, la disponibilidad de todos los recursos necesarios para la construcción: taller, máquinas, herramientas y personal capacitado. Se puede ver que la alternativa II obtuvo el puntaje mayor, ya que cuenta con las dos columnas fijas por ende es más fácil poder construirla, esto en comparación con las otras dos alternativas que cuentan con una columna fija y otra móvil, por lo tanto cuentan con muchas más piezas de ensamble en la columna móvil.

➤ **Facilidad de manipulación**

Esta relacionado con el grado de dificultad presente al momento de poner en funcionamiento la máquina de forma segura y eficiente. Este factor involucra al operador de la máquina, por ello, se realizaron entrevistas no estructuradas a diferentes operarios, con el fin de conocer su opinión respecto a las diferentes alternativas. Estas entrevistas dieron como resultado que la alternativa I logrará el puntaje más alto, esto debido a que el cabezal cuenta

con los pines directamente y se hace mas fácil la sujeción de carro porta barrote, esto es en comparación con la alternativa II. En esta alternativa (Alternativa I) también se puede manipular con mayor facilidad el movimiento longitudinal de la columna móvil ya que los elementos que generan este movimiento se encuentran mejor ubicados, esto comparándolo con la alternativa III.

➤ **Impacto en seguridad**

Esta relacionado con la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas y/o equipos. La alternativa I y III obtuvieron el mayor puntaje, esto se debe a que son mas segura al momento de sujetar al carro porta barrote ya que el cabezal cuenta con los pines directamente en comparación con la alternativa II, en el cual no ocurre lo mismo.

➤ **Tamaño de la máquina**

Hace referencia al espacio físico a ocupar por la máquina en el taller de trabajo. La alternativa II logró el puntaje más alto, ya que en comparación con las otras dos alternativas es una máquina con menor tamaño ya que cuenta con ambas columna fijas.

Al evaluar los criterios se obtuvo como resultado (tabla 3.1) que la alternativa I es la más conveniente debido a que arrojó el mayor valor.

3.3 Descripción Detallada del Equipo seleccionado

En este punto, se describe la alternativa seleccionada a diseñar, donde se pueden observar detalles de la máquina en su contexto general, el despiece de la misma y la clasificación de los componentes que conforman la máquina.

3.3.1 Descripción general

La máquina escogida consta de dos (2) columnas, una fija y otra móvil (figura 3.13). La descripción del funcionamiento de dicha máquina se encuentra en el apartado 3.2.1.

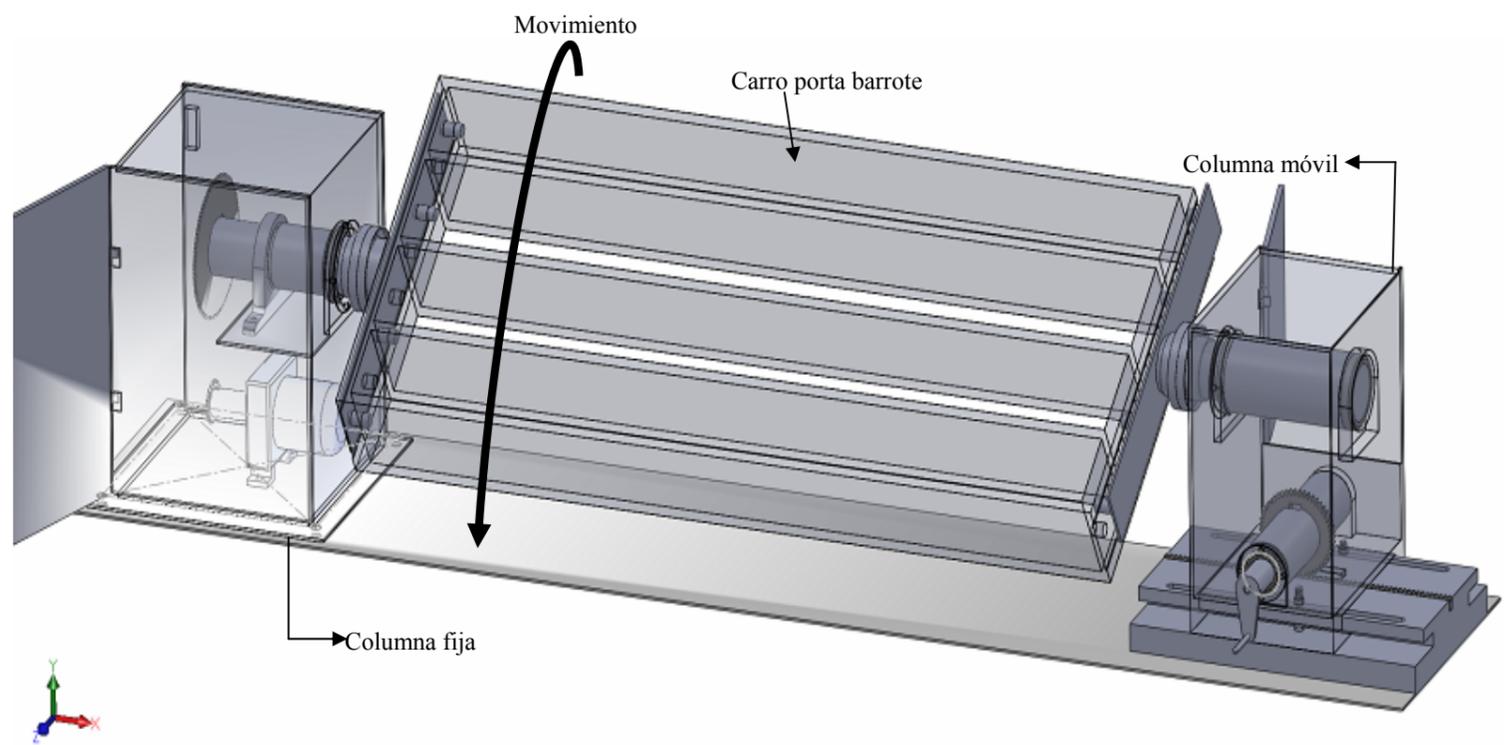


Figura 3.13 Alternativa seleccionada [Fuente: propio]

Los componentes que conforman esta alternativa se pueden observar en las figuras 3.14 y 3.15 respectivamente, estos se agruparon por unidades, las cuales se organizaron de la siguiente manera: unidad de accionamiento, unidad de sujeción y estructura o bancada.

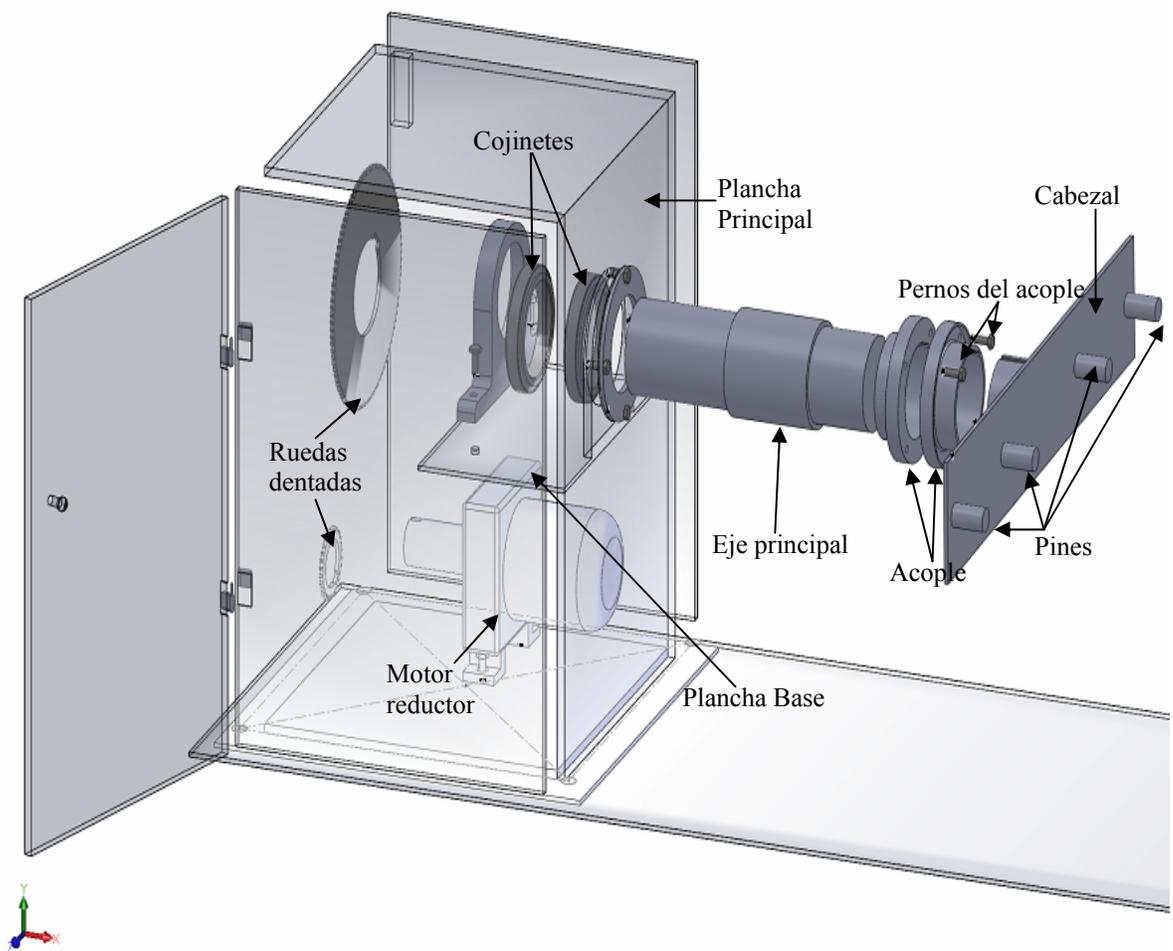


Figura 3.14 Despiece de la columna fija [Fuente: propio]

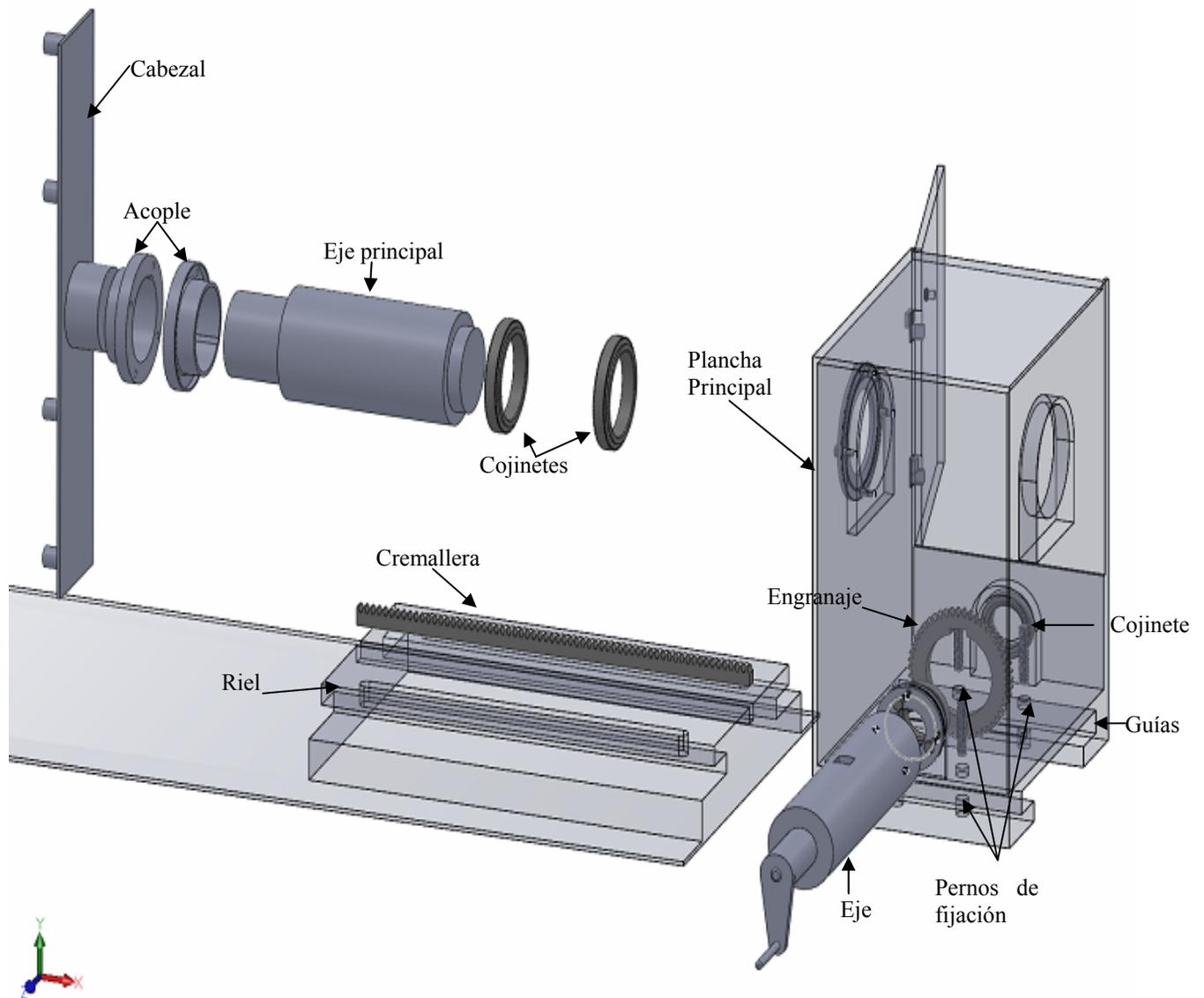


Figura 3.15 Despiece de la columna móvil [Fuente: propio]

3.3.2 Descripción de las unidades

- A. La unidad de accionamiento esta conformada por los siguientes componentes (figura 3.16): motor reductor y ruedas dentadas los cuales fueron seleccionados mediante catálogos y los ejes principales de las columnas que se diseñaron en función de la resistencia.

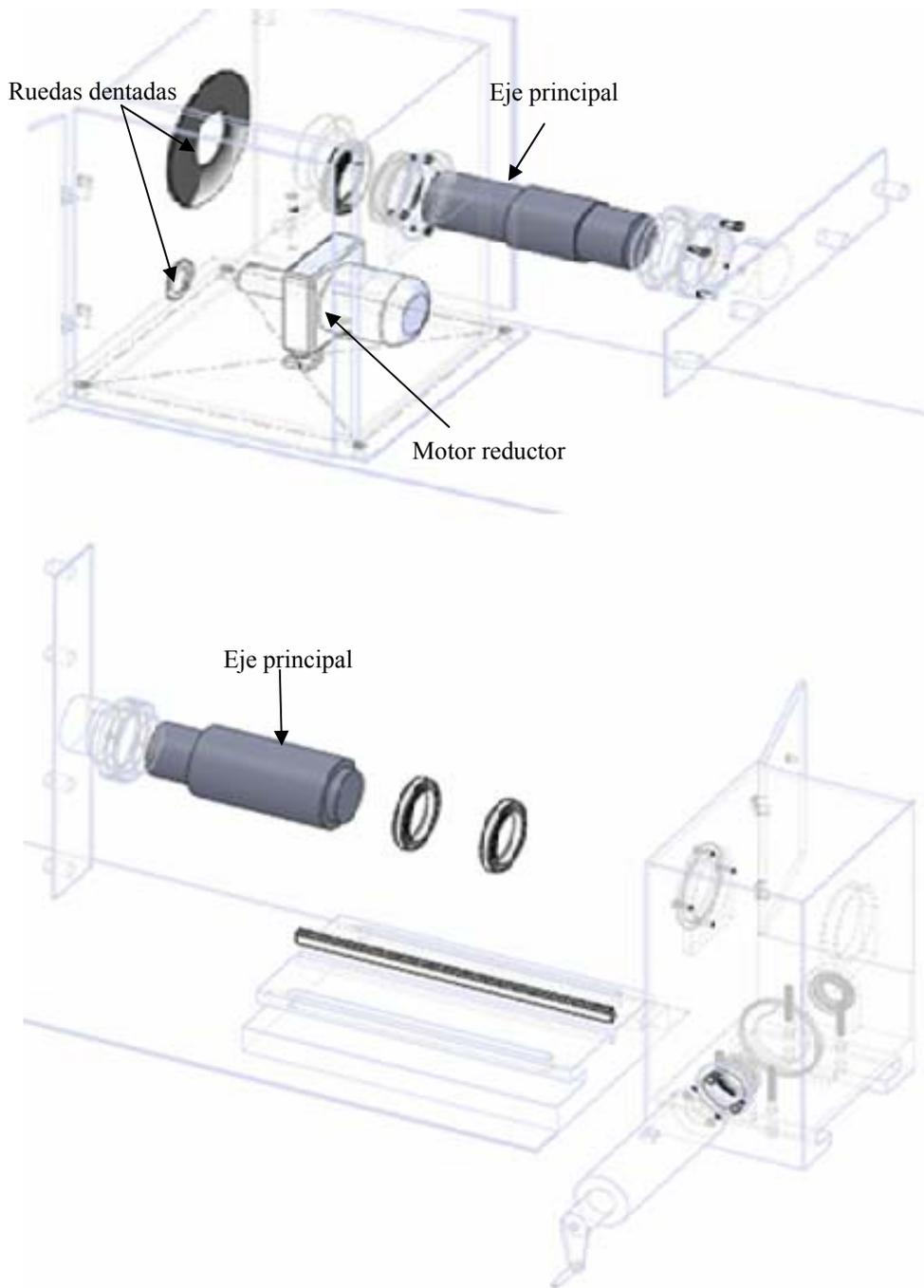


Figura 3.16 Componentes de la unidad de accionamiento ubicados en la columna móvil y fija [Fuente: propio].

B. La unidad de sujeción la conforman los siguientes componentes (figura 3.17): eje de movimiento longitudinal que está ubicado en la columna móvil, cabezales y pines los cuales se diseñaron en función de la resistencia y están ubicado en los extremos de ambas columnas para sostener el carro; cremallera y engranaje, los cuales fueron seleccionados mediante un catálogo, están ubicados en la columna móvil y son los que le dan el movimiento a dicha columna para ajustar la máquina a las dimensiones del carro.

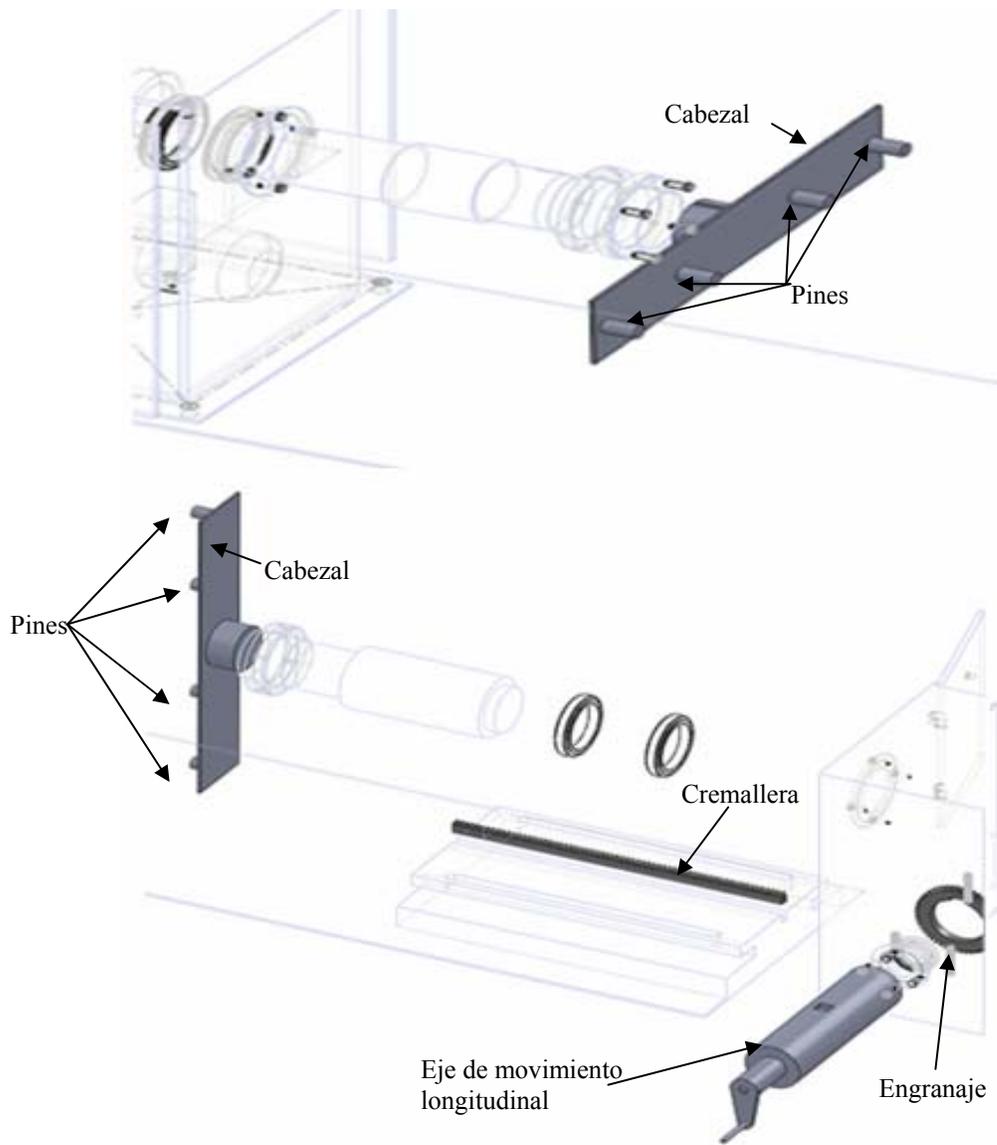


Figura 3.17 Componentes de la unidad de sujeción ubicados en la columna móvil y fija [Fuente: propio].

C. La estructura comprende (figura 3.18): las placas que conforman tanto la columna móvil como la fija, el riel y los pernos los cuales se diseñaron en función de la resistencia; por otra parte se encuentran los cojinetes y acoples los cuales fueron seleccionados mediante catálogos.

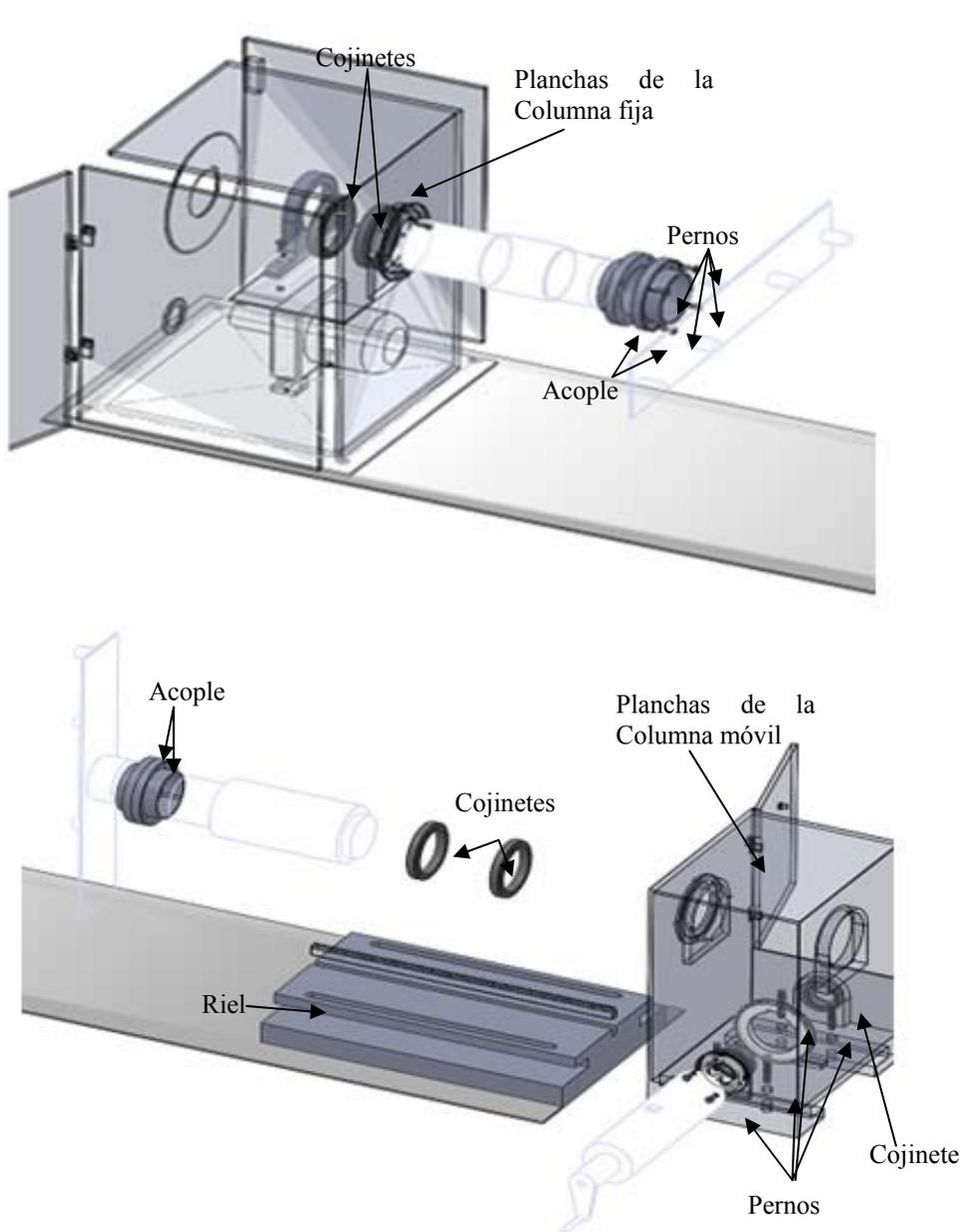


Figura 3.18 Componentes de la estructura ubicados en la columna móvil y fija [Fuente: propio].

3.4 Condiciones y Limitaciones del Diseño

En esta sección se explica lo concerniente a las condiciones y limitaciones del diseño tomando en cuenta algunos factores presentados en la matriz de decisión, como lo son: operatividad, seguridad, disponibilidad de materiales y muy importante como lo es el factor de seguridad.

3.4.1 Operatividad

Este factor se estudió por medio de opiniones que se obtuvieron mediante entrevistas no estructuradas a operadores e ingenieros, los cuales dieron aportes de la maniobrabilidad al momento de que el puente grúa coloca el carro entre las dos columnas, al instante de ser ajustada la máquina a las dimensiones del carro y poner en funcionamiento la máquina con seguridad y eficiencia.

3.4.2 Seguridad

Este criterio esta relacionado con la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas y/o equipos, es decir, que no ocurra ningún accidente, esto se hizo mediante entrevistas no estructuradas a ingenieros expertos en el área de seguridad ocupacional.

3.4.3 Materiales

Con el fin de determinar los materiales que se utilizarán para el diseño de la máquina se realizaron entrevistas no estructuradas a ingenieros de la empresa, así como también se realizaron visitas a los almacenes de la empresa para ver con que materiales se contaban. Se tiene que resaltar que los materiales vienen de un fabricante reconocido nacionalmente (H. Welle).

3.4.4 Factor de Seguridad

En este trabajo se uso el método de Pugsley para determinar el factor de seguridad. Pugsley planteó un método sistemático para determinar el factor de seguridad mediante la siguiente ecuación:

$$n_s = n_{sx} * n_{sy} \quad (\text{Ecu. 3.1})$$

Donde:

n_{sx} : factor de seguridad que involucra características A, B y C

A: calidad de los materiales, destreza, mantenimiento e inspección.

B: control sobre la carga aplicada a la parte.

C: exactitud del análisis del esfuerzo, información experimental o experiencia con dispositivos similares.

n_{sy} : factor de seguridad que involucra características D y E

D: peligro para el personal.

E: impacto económico.

En la tabla 3.2 se proporcionan los valores de n_{sx} para varias condiciones de A, B, y C. Para utilizar esta tabla, se estimó cada característica para una aplicación en particular como muy buena (mb), buena (b), regular (r) o pobre (p). El factor A habla de calidad de los materiales, destreza, mantenimiento e inspección, en nuestro caso este factor se baso fundamentalmente en la calidad de material ya que como se trabajo con materiales que vienen de un fabricante reconocido nacionalmente, entonces se consideró que esos materiales son de buena (b) calidad. El factor B habla de control sobre la carga aplicada a la parte, ya que la única pieza que se va a montar en la máquina son los carros porta barrotes y todos tienen aproximadamente el mismo peso se decidió que existe un buen control sobre la carga aplicada, por lo tanto se

escogió la característica buena (b). El factor C habla de exactitud del análisis del esfuerzo, información experimental o experiencia con dispositivos similares, dado que hay una combinación de elementos finitos sobre algunos elementos y de diseño de teoría por elemento de máquinas en otros elementos, de manera conservadora se utilizó la característica regular (r), aun cuando se prevee un análisis en detalles.

Tabla 3.2 Características de factor de seguridad A, B y C.

Característica ^a			B			
			mb	b	r	P
A = mb	C =	Mb	1.1	1.3	1.5	1.7
		b	1.2	1.45	1.7	1.95
		r	1.3	1.6	1.9	2.2
		p	1.4	1.75	2.1	2.45
A = b	C =	Mb	1.3	1.55	1.8	2.05
		b	1.45	1.75	2.05	2.35
		r	1.6	1.95	2.3	2.65
		p	1.75	2.15	2.55	2.9
A = r	C =	Mb	1.5	1.8	2.1	2.4
		b	1.7	2.05	2.4	2.75
		r	1.9	2.3	2.7	3.1
		p	2.1	2.55	3.0	3.45
A = p	C =	Mb	1.7	2.15	2.4	2.75
		b	1.95	2.35	3.75	3.15
		R	2.2	2.65	3.1	3.55
		P	2.45	2.95	3.45	3.95

En la tabla 3.3 se muestran los valores de n_{Sy} para varias condiciones de D y E. Para usar esta tabla se consideró cada característica para una aplicación en particular como muy seria (ms), seria (s) o no seria (ns). En el caso del factor D el

cual habla de peligro para el personal, es escogió una característica no seria (ns) ya que la máquina no está en movimiento todo el tiempo, es decir, es mas el tiempo que la máquina pasa parada que el que está en movimiento por tal motivo no hay riesgo para el personal. Y finalmente el factor E el cual habla de impacto económico, el cual se estudio y concluyó que el impacto económico es serio (S) ya que se escogieron materiales de buena calidad y son costoso, así como también la mano de obra calificada al momentos de fabricar la máquina. Al poner los valores de n_{sx} y n_{sy} en la ecuación 3.1 el resultado es el factor de seguridad.

Tabla 3.3 Características del factor de seguridad D y E.

Característica ^a	D		
	ns	s	ms
Ns	1.0	1.2	1.4
E = S	1.0	1.3	1.5
Ms	1.2	1.4	1.6

Con los valores de n_{sx} y n_{sy} mediante la ecuación 3.1 se obtiene $n_s = 1,95$

3.5 Diseño Básico de la Máquina

La alternativa seleccionada cuenta con diversos componentes o piezas, a los cuales se les hizo un análisis de carga a partir de diagramas de cuerpo libre. Esto sirvió para generar posteriormente modelos para el análisis por elementos finitos o por teoría de elementos de máquinas. A continuación se muestran ejemplos de cómo se analizaron las piezas según el análisis de carga, uno por elementos finitos (cabezal), el otro por diseño de elementos de máquinas y la selección del motor reductor.

3.5.1 Diseño Asistido por Computador

En la figura 3.19, se observa la representación del diagrama de cuerpo libre del cabezal, del cual se generó un modelo para el análisis de elementos finitos.

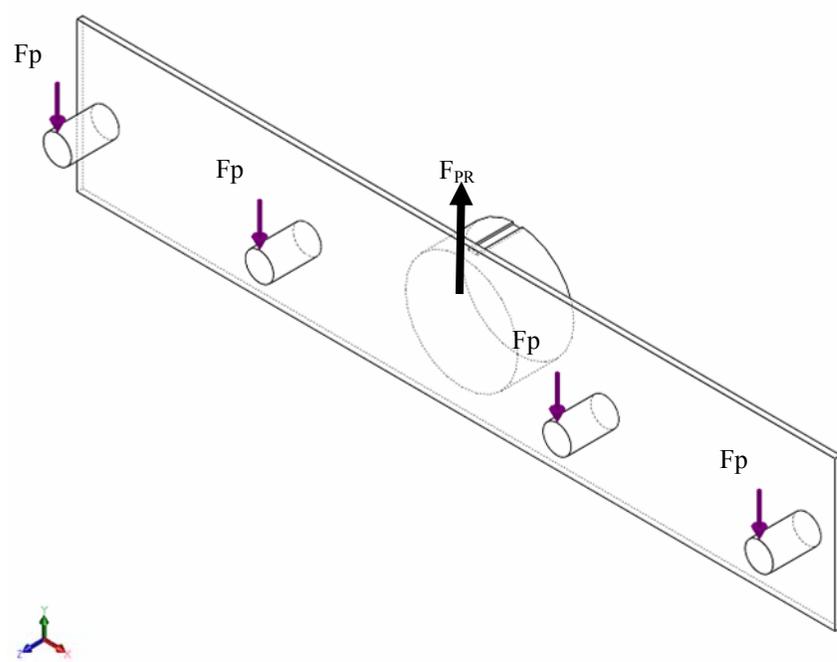


Figura 3.19 Análisis de carga del cabezal [Fuente: propio].

Posteriormente en la figura 3.20 se puede visualizar el modelo realizado del cabezal, así como las fuerzas (F_p) y las restricciones.

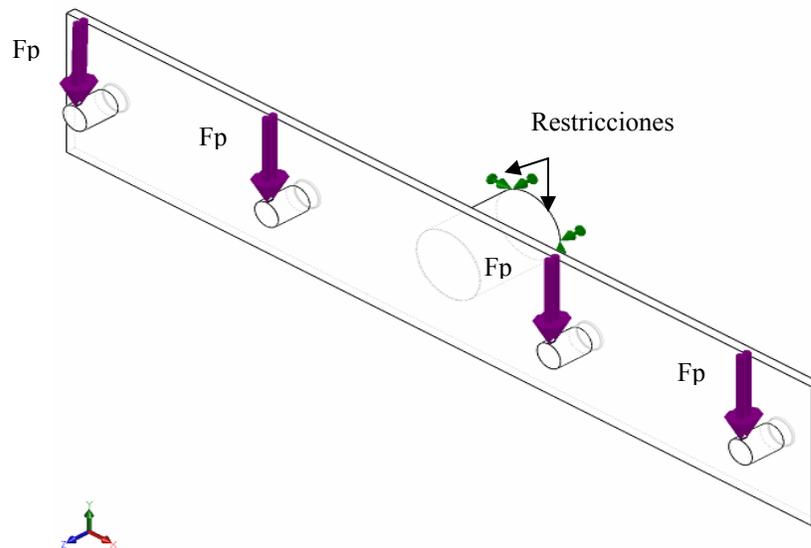


Figura 3.20 Modelo geométrico del cabezal [Fuente: propio].

Seguidamente se muestra (figura 3.21) el mallado que se le realizó al modelo del cabezal, así como también las cargas y restricciones.

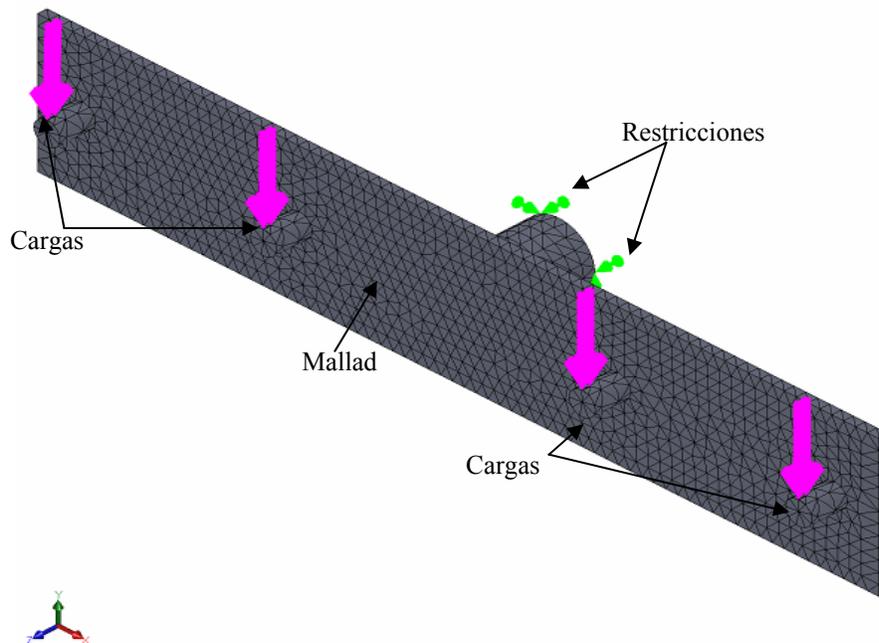


Figura 3.21 Representación de las cargas y restricciones [Fuente: propio].

En la figura 3.22 se pueden observar lo que arrojó el software comercial una vez finalizado el análisis de esfuerzos, donde se puede ver la pieza con la distribución de esfuerzos, así como también en la parte derecha una leyenda de colores que representa la distribución de los esfuerzo generados en el cabezal, dichos esfuerzos vienen expresados en kilogramo fuerza sobre centímetros cuadrados.

Finalmente se representa (figura 2.23) el modelo del cabezal deformado, que al igual que la figura 2.22 cuenta con una leyenda de colores en la parte derecha, en la cual se puede visualizar la deformaciones que sufre la pieza al momento de aplicarle la carga, estas deformaciones se presentan en milímetros.

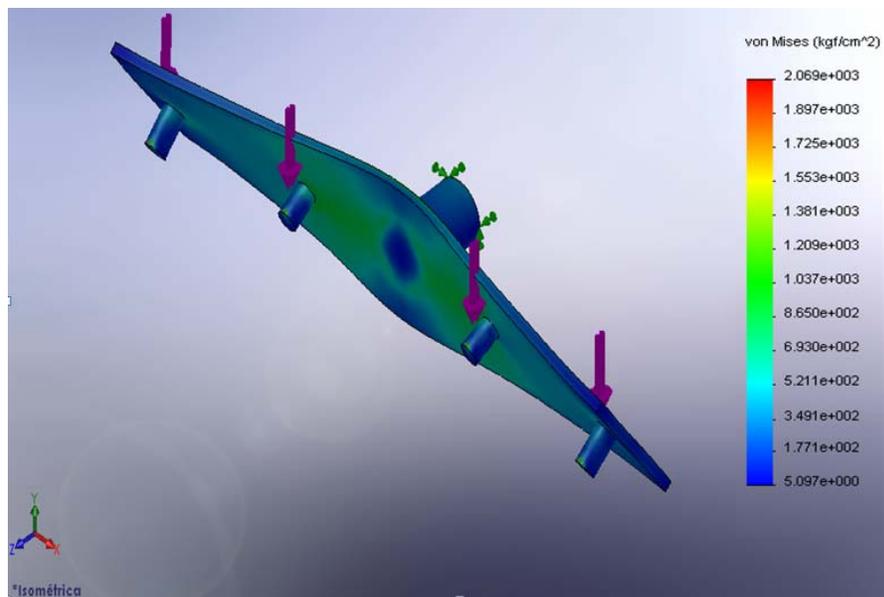


Figura 3.22 Distribución de los esfuerzo del cabezal [Fuente: propio].

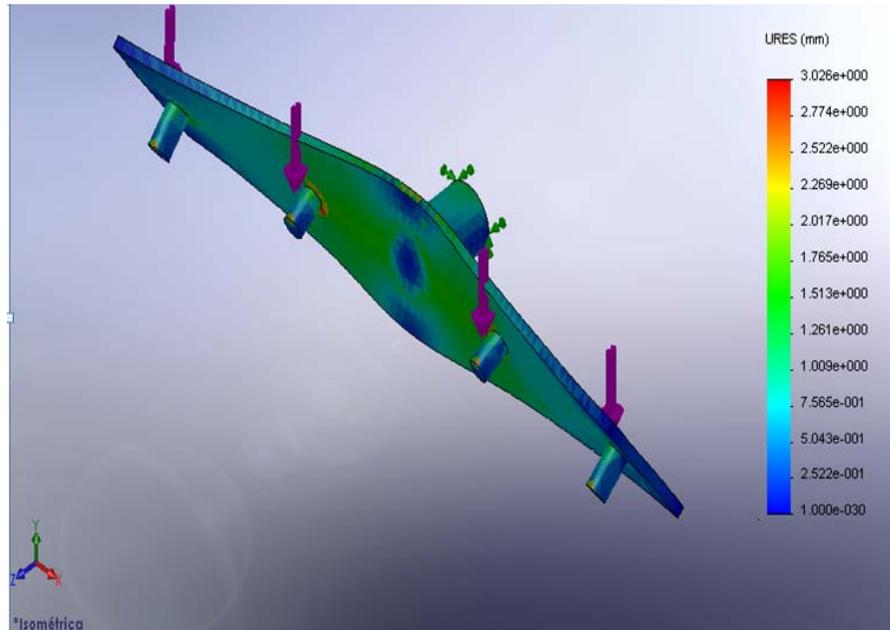


Figura 3.23 Modelo deformado del cabezal [Fuente: propio].

Se tiene que destacar que se realizó refinamiento en las partes del cabezal donde los valores de esfuerzos son elevados.

3.5.2 Diseño por Teoría de Elementos de Máquina

A continuación se describe el procedimiento utilizado para obtener los resultados de las piezas que se analizaron con la teoría clásica de diseño de elementos mecánicos. El caso que se expone como ejemplo es el de soldadura que une la punta de eje del cabezal con la plancha base (figura 3.24). En la figura 3.25 se representan las cargas (F_p), el torque (T) y donde va a estar el cordón de soldadura.

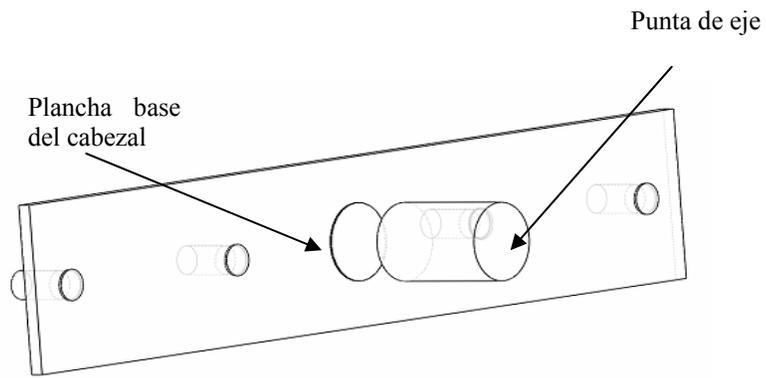


Figura 3.24 Visualización de los objetos a soldar [Fuente: propio].

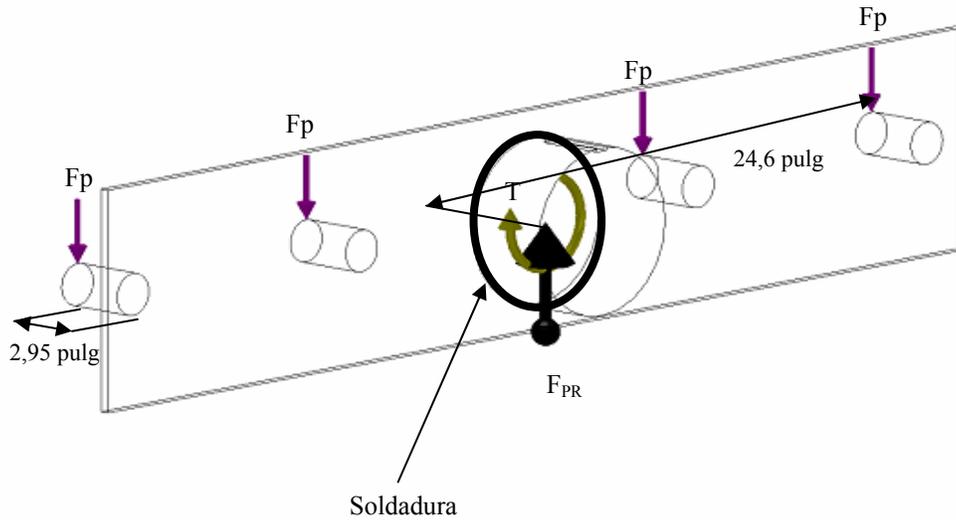


Figura 3.25 Representación de las fuerzas y cordón de soldaduras [Fuente: propio].

Fuerzas ejercidas.

A continuación se especifican los valores de las fuerzas que actúan en la soldadura.

$$F_p = 2204,51 \text{ lb}$$

$$T = 2204,51 \text{ lb} * 24,6 \text{ pulg} = 54230,71 \text{ lb} * \text{pulg}$$

$$M = 2204,51 \text{ lb} * 2,95 \text{ pulg} = 6503,27 \text{ lb} * \text{pulg}$$

Se aplicó soldadura por todo el borde de la punta de eje, formando una geometría similar a la presentada en la tabla A8 del apéndice A, caso n° 1.

Cargas que actúan sobre el punto en estudio

✓ Carga Transversal:

$$\tau_p = \frac{F_p}{A_w} \quad (\text{Ecu. 3.2})$$

Donde:

τ_p : Carga transversal (lb/pulg).

F_p : La fuerza aplicada en el pin (lb).

A_w : Geometría de la soldadura (pulg).

Donde el valor de A_w se obtuvo de la ecuación dada por la tabla A8 del apéndice A. El valor de d , en este caso, corresponde al diámetro de la punta de eje que es 4,72 pulg, ya que fue el valor arrojado al momento de diseñar el eje.

$$A_w = \pi * d * 0.707 h_e \quad (\text{Ecu.3.3})$$

$$A_w = 10,48 h_e \text{ pulg}$$

Con los valores de F_p y A_w , mediante la ecuación 3.2 se obtiene:

$$\tau_p = \frac{2204,5 \text{ lb}}{10,48 h_e \text{ pulg}}$$

$$\tau_p = \frac{210,28}{h_e} \text{ lb/pulg}$$

✓ Carga de Flexión

$$\sigma_M = \frac{M}{Z_w} \quad (\text{Ecu. 3.4})$$

donde:

σ_M : Carga de Flexión (lb/pulg).

M : Momento (lb*pulg).

Z_w : Geometría de la soldadura (pulg²).

Donde el valor de Z_w se obtiene de la ecuación dada por la tabla A8 del apéndice A.

$$Z_w = \pi * \frac{d^2}{4} * 0.707 h_e \quad (\text{Ecu. 3.5})$$

$$Z_w = 12,37 h_e \text{ pulg}^2$$

Con los valores de M y Z_w , mediante la ecuación 3.4 se obtiene:

$$\sigma_p = \frac{2204,5 \text{ lb} * 2,95 \text{ pulg}}{12,37 h_e \text{ pulg}^2}$$

$$\sigma_p = \frac{490,06}{h_e} \text{ lb/pulg}$$

✓ Carga de Torsión

$$\tau_T = \frac{Tc}{J} \quad (\text{Ecu. 3.6})$$

donde:

τ_T : Carga de torsión (lb/pulg).

T : Torque (lb*pulg).

C : Radio del eje (pulg).

J : Geometría de la soldadura (pulg³).

Donde el valor de J_u se obtiene de la ecuación dada por la tabla A8 del apéndice

A

$$J = (J_u \cdot 0.707 h_e) \quad (\text{Ecu. 3.7})$$

$$J = \left(\pi * \frac{d^3}{4} \cdot 0.707 h_e \right)$$

$$J = 58,38 h_e \text{ pulg}^3$$

Con los valores de T , c y J , mediante la ecuación 3.6 se obtiene:

$$\tau_T = \frac{54230.7 \text{ lb} \cdot \text{pulg} \cdot 2,36 \text{ pulg}}{58,38 h_e \text{ pulg}^3}$$

$$\tau_T = \frac{2191,91}{h_e} \text{ lb/pulg}$$

✓ Carga Resultante

$$\sigma_R = \sqrt{\tau_p^2 + \sigma_M^2 + \tau_T^2} \quad (\text{Ecu. 3.8})$$

donde:

σ_R : Carga resultante (lb/pulg).

τ_p : Carga transversal (lb/pulg).

σ_M : Carga de flexión (lb/pulg).

τ_T : Carga de torsión (lb/pulg).

Con los valores de τ_p , σ_M y τ_T mediante la ecuación 3.8 se obtiene:

$$\sigma_R = \sqrt{\left(\frac{210,28}{h_e}\right)^2 + \left(\frac{490,06}{h_e}\right)^2 + \left(\frac{2191,91}{h_e}\right)^2}$$

$$\sigma_R = \frac{2255,84}{h_e}$$

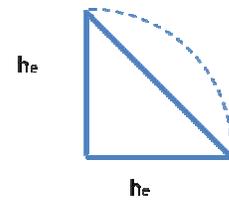
De la tabla A6 del apéndice A se especifica un electrodo E70 con un límite a la fluencia promedio de 11200 lb/pulg.

$$n_s = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma_R} \quad (\text{Ecu. 3.9})$$

$$1.95 = \frac{11200 \text{ lb/pulg}}{\frac{2255,84}{h_e} \text{ lb/pulg}}$$

$$h_e = \frac{2255,84 \cdot 1.95}{11200}$$

$$h_e = 0.39 \text{ pulg}$$



Por ende el valor real del esfuerzo al que está sometido el cordón de soldadura se calcula sustituyendo el valor del cateto en la expresión σ_R .

$$\sigma_R = \frac{2255,84}{h_e} \text{ lb/pulg}$$

$$\sigma_R = \frac{2255,84}{0,39}$$

$$\sigma_R = 5744.44 \text{ lb/pulg}$$

3.5.3 Selección del motor reductor

Luego de numerosas reuniones con ingenieros, operadores y especialistas del tema, con la finalidad de optimizar la alternativa seleccionada, manteniendo el

principio básico de funcionamiento del mismo, se concluyó que la velocidad segura de operación para que gire el carro porta barrote una vez montado en la máquina es de 1 rpm, ya que el operador tiene que observar las partes dañadas del carro y con que el carro dé una vuelta en 60 segundos es suficiente.

Masa del carro porta barrote: 6000 Kg.

Fuerza: 58860 N

Momento de inercia en el eje j del carro porta barrote: 7914311,76 kg*m²

n: 1 rpm

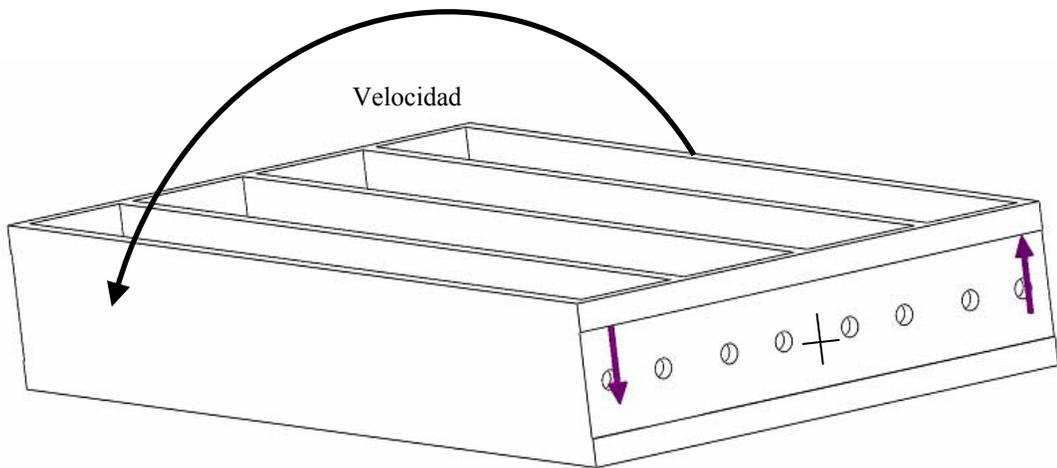


Figura 3.29 Dimensiones del carro porta barrotes [Fuente: propio].

✓ Cálculo de la Velocidad angular

$$\omega = \left(\frac{2 * \pi * n}{60} \right) \quad (\text{Ecu. 3.10})$$

Con el Valor de n mediante la ecuación 3.10 se obtuvo la velocidad angular:

$$\omega = 0,1047 \text{ rad/seg.}$$

La aceleración angular es $\alpha = 0,00174 \text{ rad/seg}^2$

✓ Cálculo del torque

$$T = I * \alpha \quad (\text{Ecu. 3.11})$$

Donde:

I = Momento de inercia en el eje j del carro porta barrote ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$).

α = Aceleración Angular (rad/seg^2).

T = Torque ($\text{N}\cdot\text{m}$).

Con el valor de ω y r , mediante la ecuación 3.11 se obtuvo un torque de $13454,32 \text{ N}\cdot\text{m}$.

✓ Cálculo de la Potencia

$$P = \left(\frac{T * \omega}{1000} \right) \quad (\text{Ecu. 3.12})$$

Donde:

P : Potencia (KW)

T : Torque ($\text{N}\cdot\text{m}$)

ω : velocidad Angular (rad/seg.).

De la ecuación 3.12 se obtuvo $P = 1,4 \text{ KW} \approx 1,87 \text{ hp}$.

De la tabla A1 del apéndice A se obtiene un motor reductor de 1,5 KW lo que equivale a 1,87 Hp con una velocidad de 3,4 rpm. En la tabla A2 del apéndice A se puede observar las dimensiones del motor reductor seleccionado modelo KF97 DV112M

3.6 Elaboración de Planos

Cada pieza que conforma la alternativa seleccionada posee un plano, en el cual se puede visualizar las vista de planta, laterales, así como los detalles más importante y la pieza en 3D. Los mismos se realizaron mediante las normas DIN cumpliendo con las mismas de dibujo técnico (ver apéndice C). Cada plano posee un nombre según como esta en las figuras 3.14 y 3.15 respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Introducción

En este capítulo se comienza mostrando la alternativa seleccionada en su contexto general, posteriormente se exponen los resultados que se obtuvieron del diseño básico por elementos finitos, diseño de elementos mecánicos y selección para finalizar con la documentación.

4.2 Alternativa Seleccionada

Luego de analizar las alternativas propuestas y de haber pre seleccionado por la matriz de decisión la alternativa con mayor puntaje, se analizó numerosas veces el diseño con la finalidad de optimizarlo, manteniendo el principio básico de funcionamiento del mismo.

4.2.1 Descripción general

El principio básico de funcionamiento de la alternativa seleccionada es el siguiente, una vez el carro porta barrote es trasladado por el puente grúa hasta el sitio donde se encuentra la máquina, el carro es colocado entre las dos columnas (Figura 4.1) , con la ayuda del operador se sujeta el carro con el cabezal de la columna fija (figura 4.2), luego moviendo longitudinalmente la columna móvil se asegura el otro extremo del carro, para así apretar los pernos de fijación ubicados en la parte inferior de la columna móvil (figura 4.3) para evitar cualquier movimiento de la columna, se retira el puente grúa y se procede a poner en movimiento la máquina (figura 4.4).

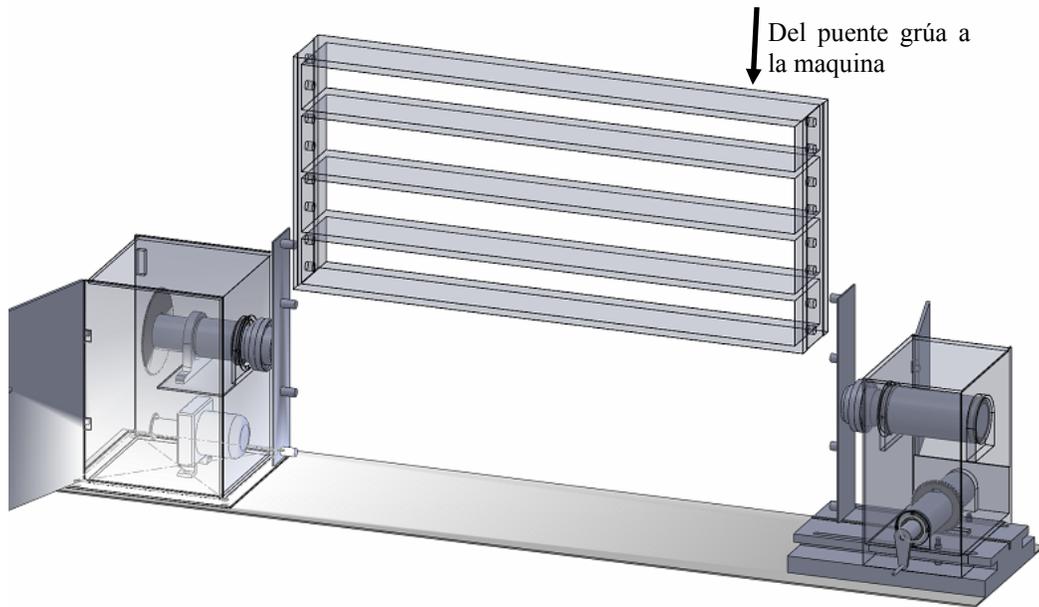


Figura 4.1 Traslado del carro porta barrote con el puente grúa hasta la maquina [Fuente: propio].

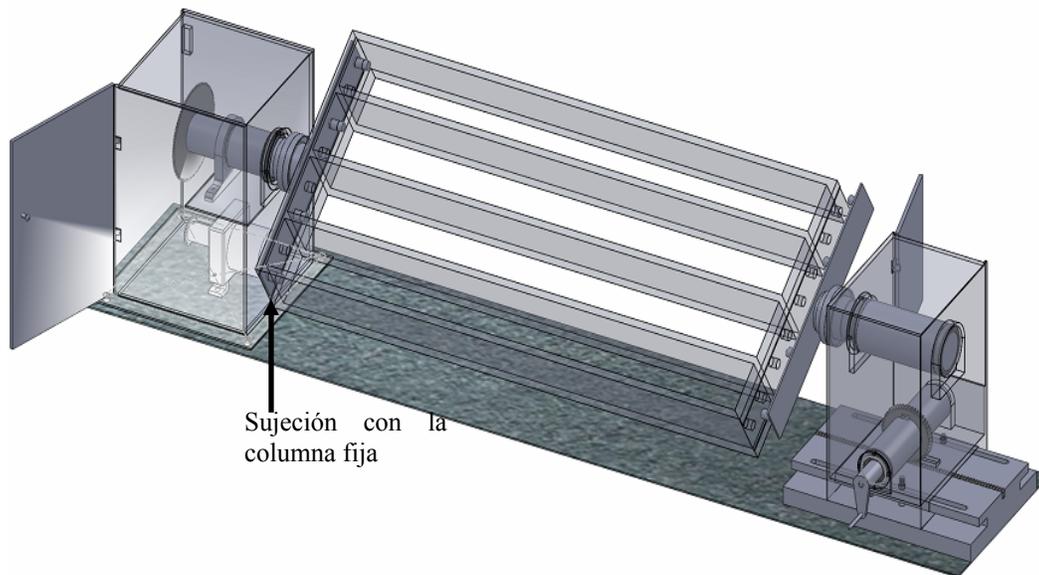


Figura 4.2 Sujeción del carro con le cabezal de la columna fija [Fuente: propio].



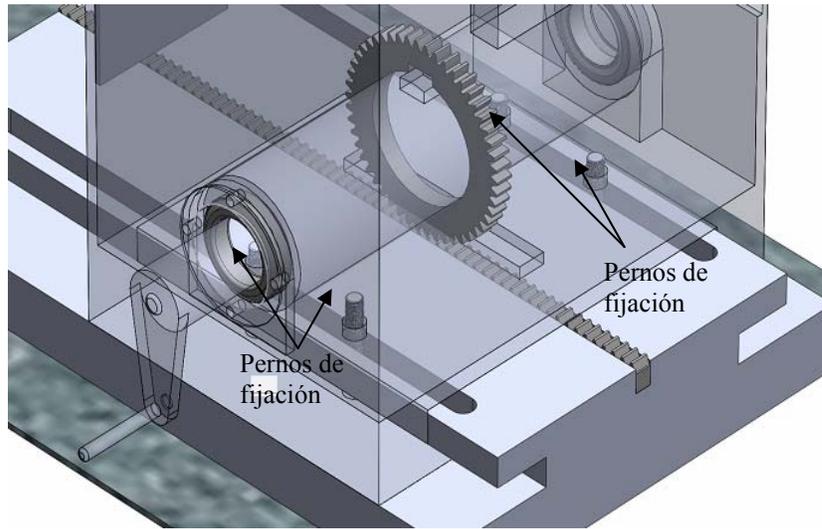


Figura 4.3 Detalle pernos de fijación ubicados en la parte inferior de la columna móvil [Fuente: propio].

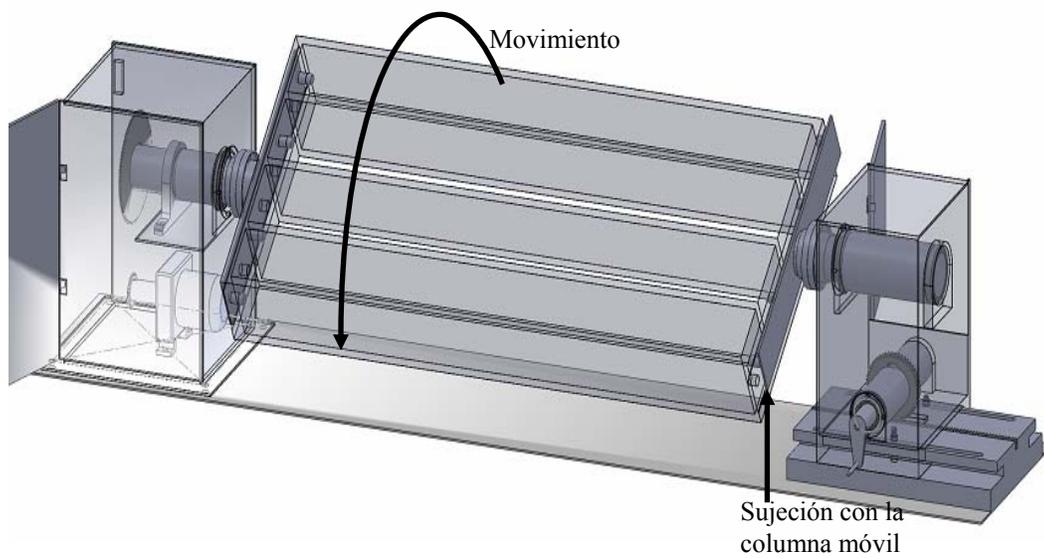


Figura 4.4. Sujeción del carro por los dos extremos [Fuente: propio].

4.3 Diseño Básico

A continuación se presentarán los resultados obtenidos mediante un análisis estático lineal por elementos finitos, diseño de elemento mecánico y selección mediante catálogos, estos resultados se mostrarán de forma resumida mediante tablas.

4.3.1 Elementos finitos

Como se puede observar en el apartado 3.5.2 se explicó como se analizaron las piezas mediante el uso de elementos finitos, de esta forma se analizó el riel y el cabezal que se muestra a continuación:

4.3.1.1 Riel

A continuación se muestra el análisis que se le realizó al riel, en la figura 4.4 se observa el modelo geométrico del mismo.

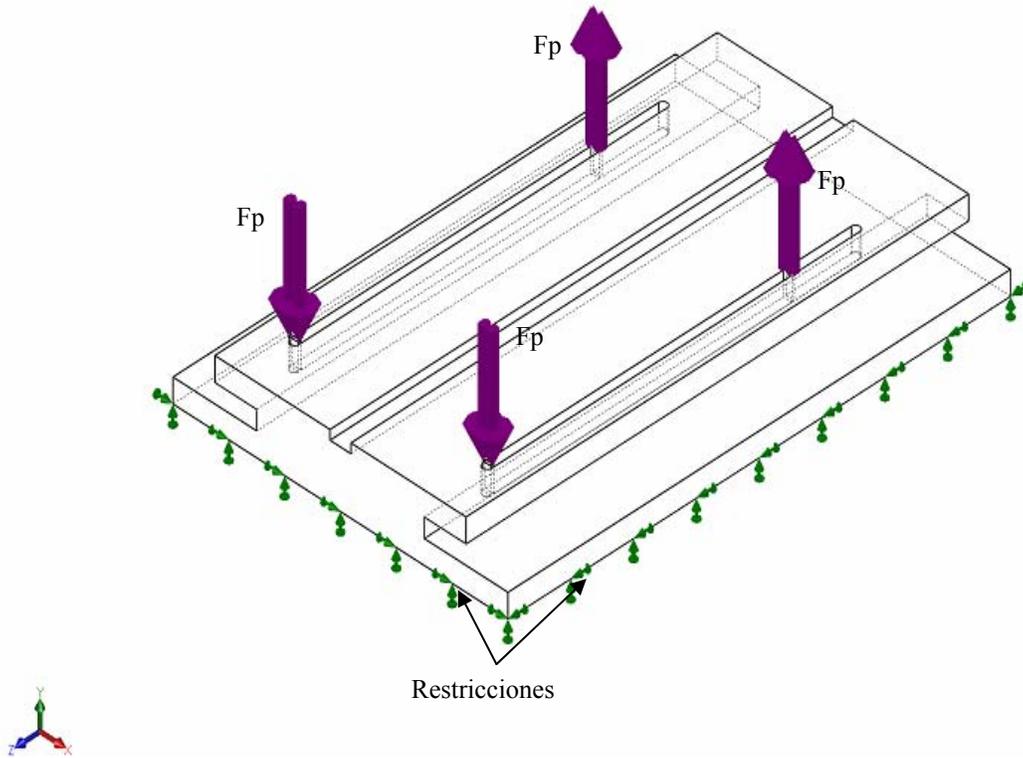


Figura 4.4 Modelo geométrico del riel [Fuente: propio].

Seguidamente en la figura 4.5 se puede visualizar la ubicación de las cargas y restricciones, así como también el mallado que se le realizó al modelo del arriba mencionado.

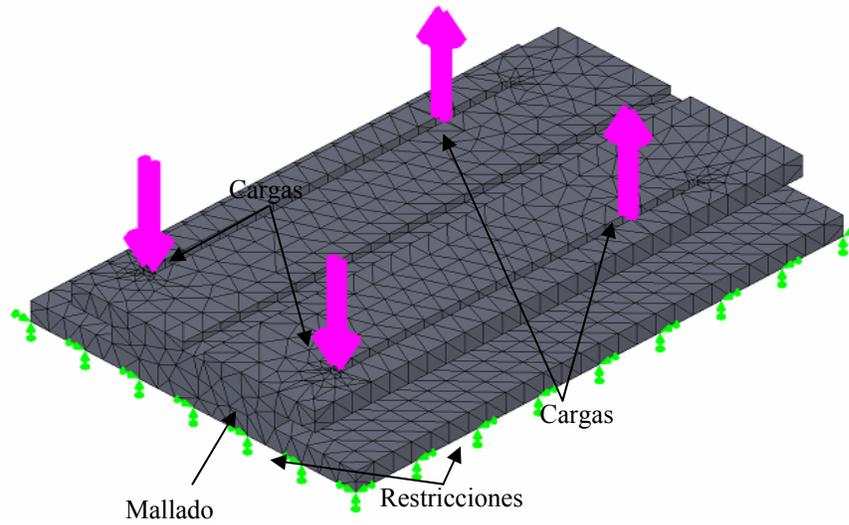


Figura 4.5 Fuerzas y restricciones del riel [Fuente: propio].

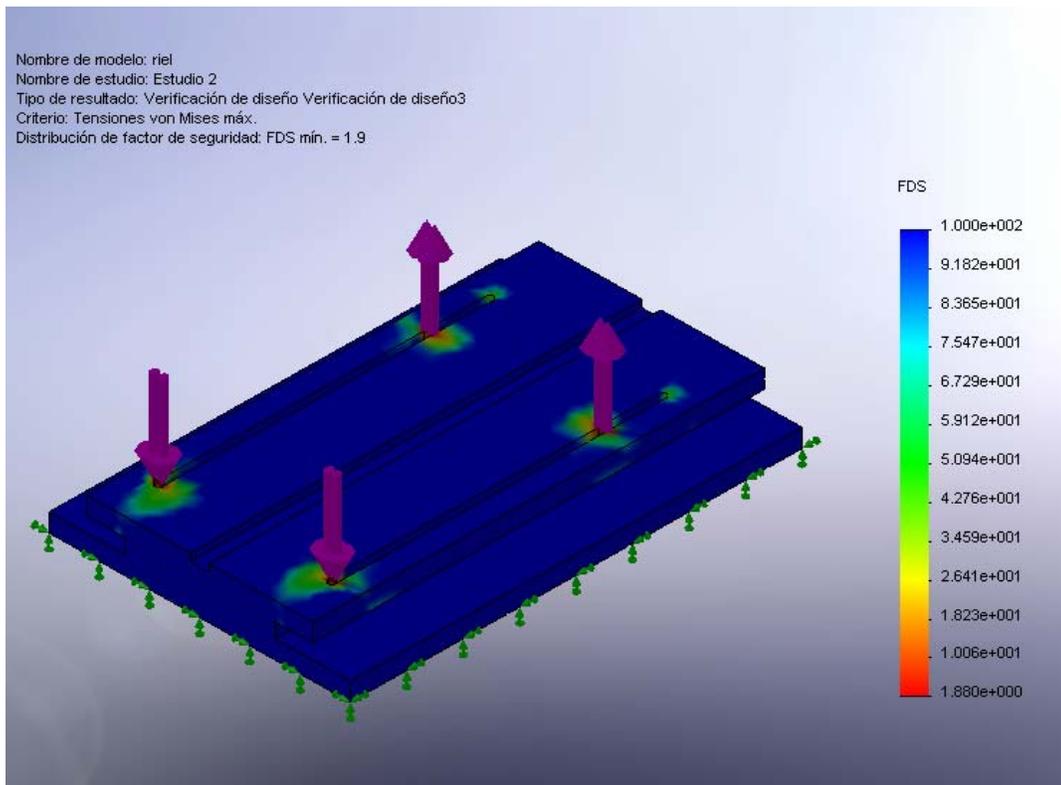


Figura 4.6 Representación del factor de seguridad [Fuente: propio].

El software comercial que se utilizó para realizar el diseño por elementos finitos cuenta con un asistente de verificación de diseño, el cual arroja el valor del factor de seguridad que obtuvo el programa. Se tiene que resaltar que el factor de seguridad para este caso, es de 1,9, tal como lo muestra la figura 4.6. Este valor aceptable si se compara con el factor de seguridad que se escogió para el diseño del equipo en el capítulo 3 (apartado 3.4.4) el cual fue de 1,95.

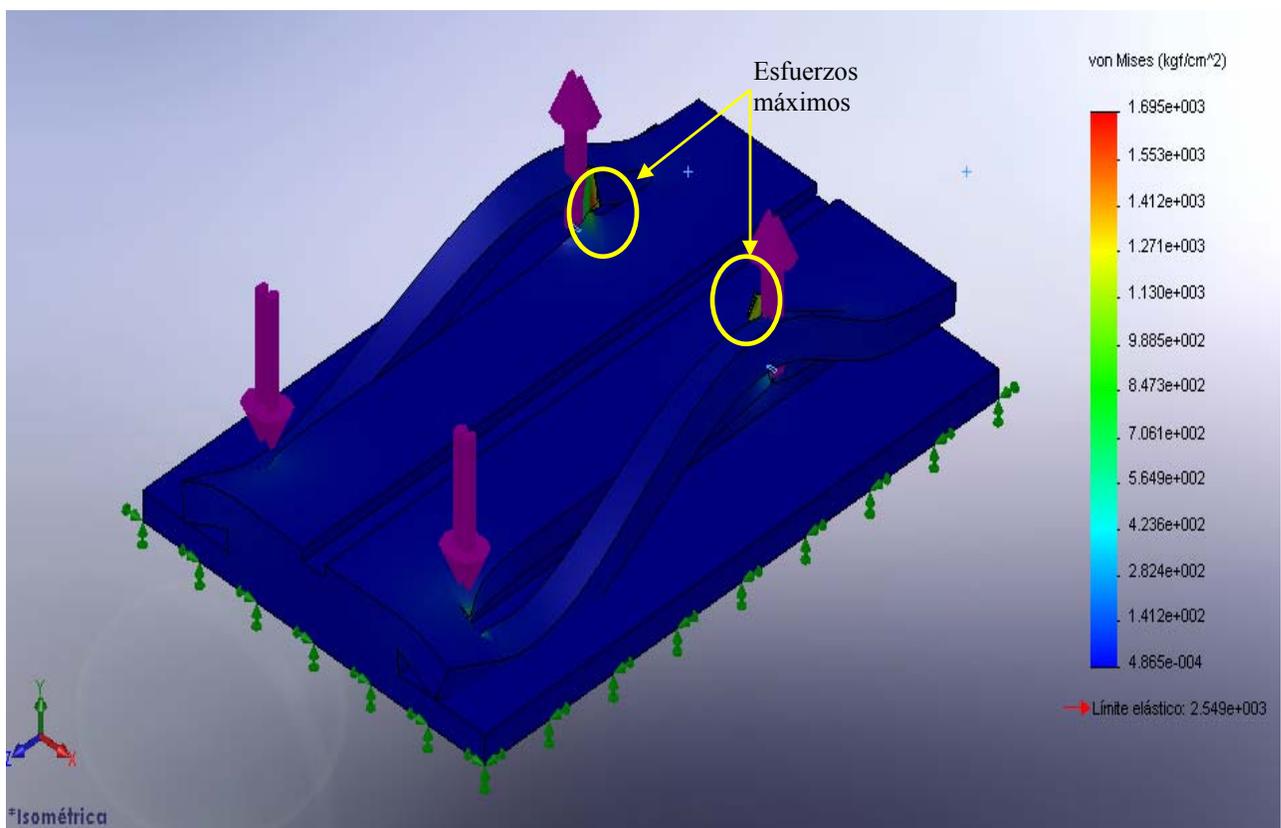


Figura 4.7 Distribución de esfuerzos del riel [Fuente: propio].

La figura 4.7 muestra la distribución de esfuerzo en el riel, así como la ubicación de los esfuerzos máximos, con un valor de $1694,59 \text{ Kg/cm}^2$ (Tabla 4.1). Se tiene que destacar que el esfuerzo máximo de Von Mises no supera los 2500 Kg/cm^2 de la resistencia a la fluencia del material (A-36), por lo tanto el riel resiste las cargas a las cuales esta sometido.

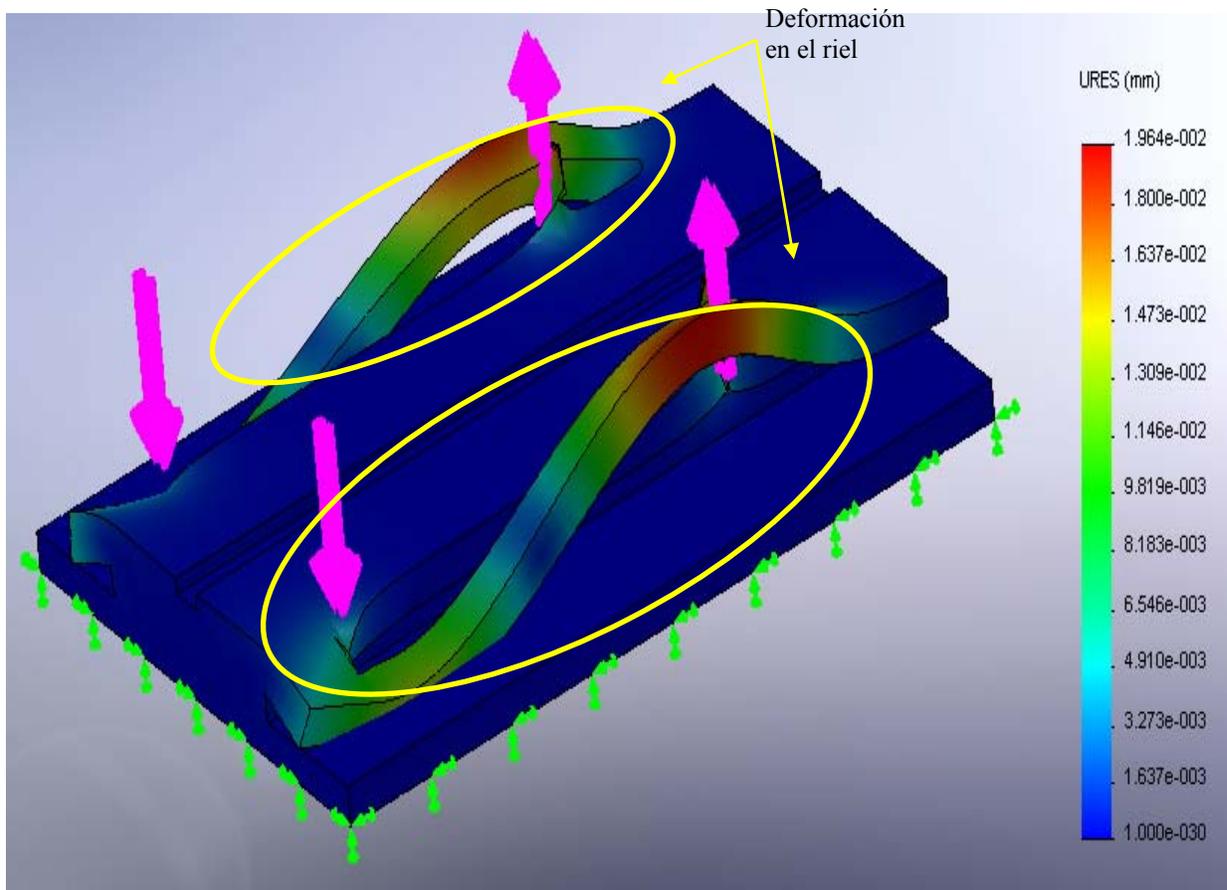


Figura 4.8 Modelo deformado del riel [Fuente: propio].

Por ultimo se visualiza (figura 4.8) el modelo deformado debido a la carga aplicada, también se puede observar donde ocurre la deformación máxima, con una deformación promedio máxima de $0,019 \text{ mm}$ (tabla 4.1), la cual es aceptable, ya que el riel tiene un longitud de 1200 mm , lo que da una deformación de $0,000016 \text{ mm/mm}$ y al compararla con los valores sugeridos ($v_{max} = 0,00001 \text{ a } 0,0005 \text{ mm/mm}$) se observa que esta comprendida en el rango.

Tabla 4.1 Resultados predeterminados del riel.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones	VON: Tensión de von Mises	0.000486494 kgf/cm ² Nodo: 12222	(-380 mm, 25 mm, 23.077mm)	1694.59 kgf/cm ² Nodo: 15196	(220 mm, 117 mm, 1074 mm)
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 674	(400 mm, -25 mm, 0 mm)	0.0196389mm Nodo: 7163	(300 mm, 115 mm, 438.462mm)

4.3.1.2 Cabezal

A continuación se mostraran los resultados obtenidos de análisis realizado al cabezal. En la figura 4.9 se puede visualizar el modelo del cabezal.

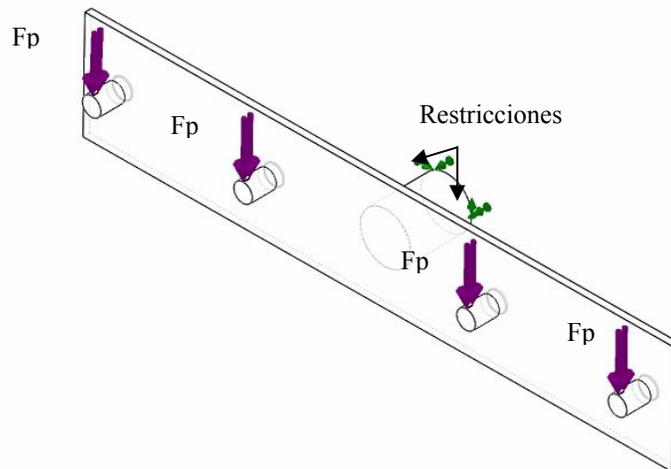


Figura 4.9. Modelo del cabezal [Fuente: propio].

La ubicación de las cargas como las de las restricciones se pueden observar en la figura 4.10, donde también se puede ver en todo el modelo el mallado realizado al mismo.

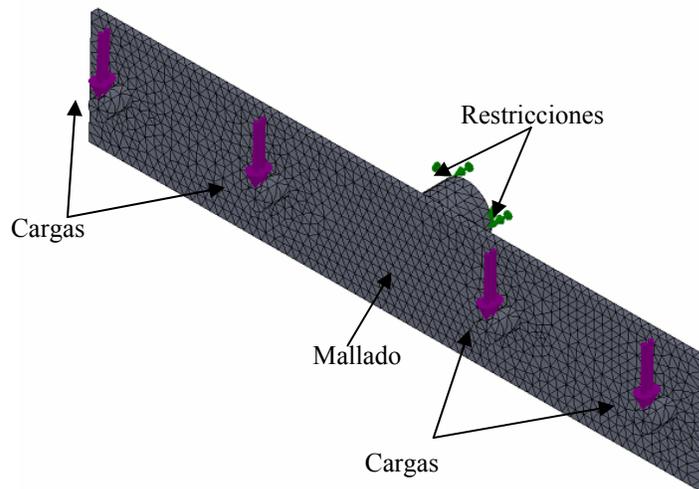


Figura 4.10 Ubicación de las fuerzas y restricciones [Fuente: propio].

La verificación del diseño del cabezal se realizó mediante una comparación del factor de seguridad que arroja el software comercial ($F.S = 2,3$) y el calculado en el apartado 3.4.4 ($F.S = 1,95$), donde se puede ver que el diseño es aceptable ya que el factor de seguridad del programa está por encima del valor fijado para este diseño, esto se puede observar en la figura 4.11.

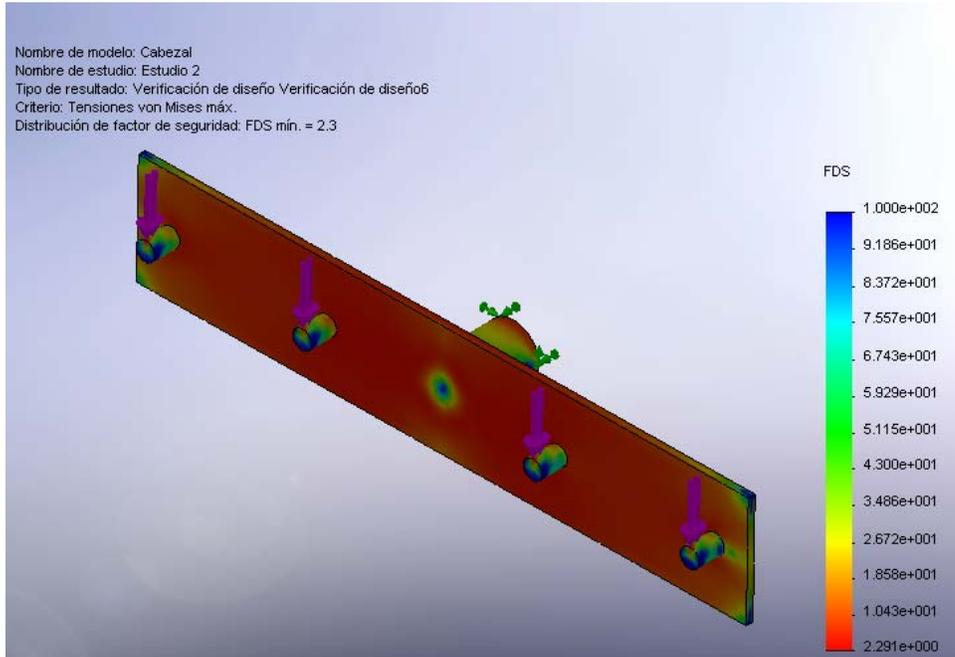


Figura 4.11 Representación del factor de seguridad [Fuente: propio].

En la figura 4.12 se muestra la representación el esfuerzo equivalente de Von Mises a lo largo de toda la geometría del cabezal cuando éste está sometido a las fuerzas generadas por el carro porta barrote y donde ocurre el esfuerzo máximo, obteniéndose un esfuerzo de Von Mises de 2069 Kgf/cm^2 (tabla 4.4), la plancha es un acero A-36 con una resistencia de fluencia de 2500 kgf/cm^2 y el pin es de un acero 4140 con una resistencia de fluencia de 6700 Kgf/cm^2 , por tal razón se puede decir que la pieza soporta la carga aplicada sin ningún problema.

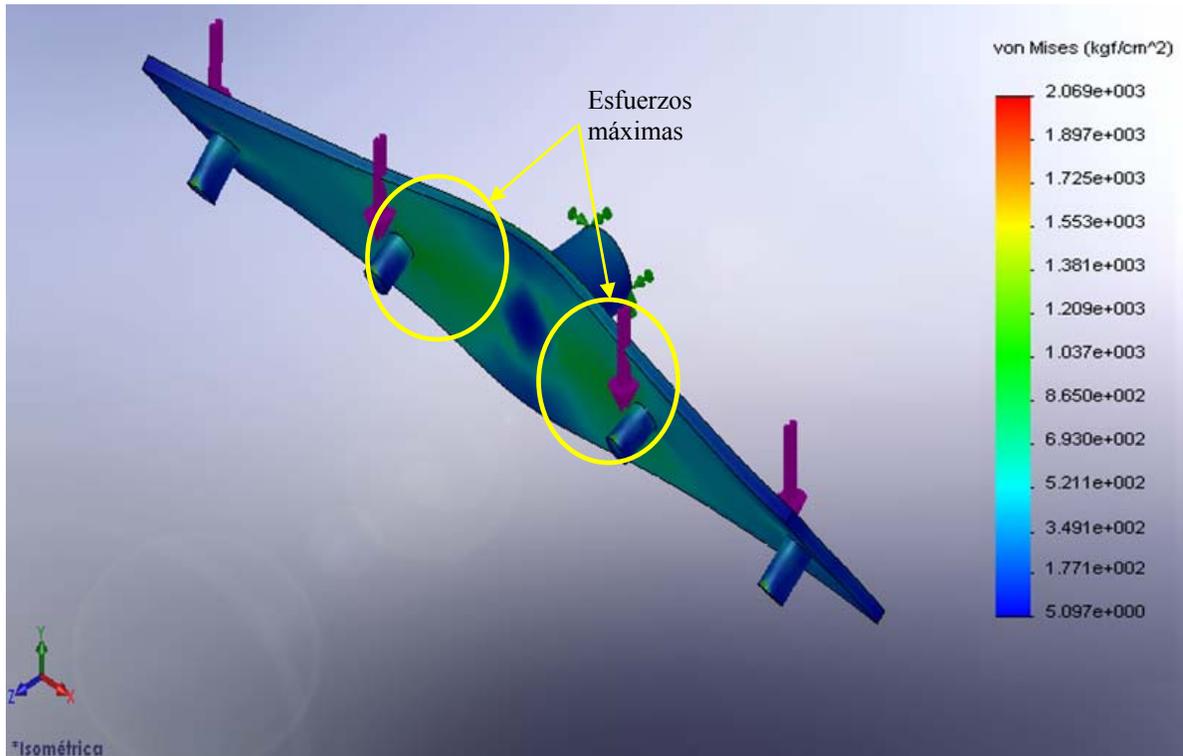


Figura 4.12 Modelo deformado del cabezal [Fuente: propio]

Para finalizar con este análisis se muestra el modelo deformado del cabezal (figura 4.13) con una deformación promedio $3,026 \text{ mm}$ (tabla 4.4), lo que es un valor aceptable ya que la longitud del cabezal es de 1496 mm los que da una deformación de $0,002 \text{ mm/mm}$ y este valor se encuentra en el rango de los límites de deformación aceptada para piezas generales de máquinas ($y_{max} = 0,0005 \text{ mm/mm}$ a $0,003 \text{ mm/mm}$).

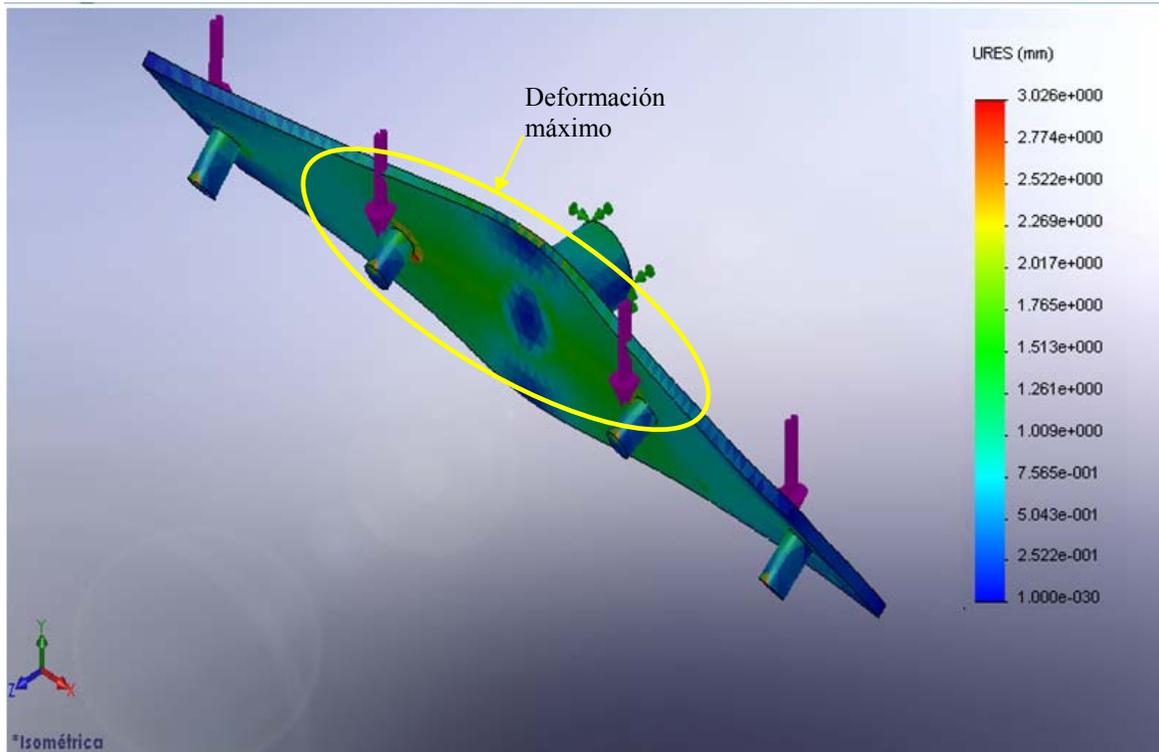


Figura 4.13 Distribución de esfuerzo del cabezal [Fuente: propio].

Tabla 4.4 Resultados predeterminados del cabezal

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones	VON: Tensión de von Mises	5.09739 kgf/cm ² Nodo: 13453	(-697.727 mm, 17.7708 mm, 4 mm)	2068.94kgf/cm ² Nodo: 15759	(-41.7097 mm, 106.96 mm, -155 mm)
Desplazamientos	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 14109	(32.2734mm, 95.8093 mm, -155 mm)	3.0259 mm Nodo: 3101	(-697.727 mm, 17.7708 mm, 12 mm)

4.3.2 Diseño de elementos mecánicos

A continuación se muestran los resultados de los componentes diseñados por teoría de elementos de máquinas, en cada resultado se mostrarán dos tablas una con figuras representativas de la piezas en estudio y otra tabla que contiene los resultados.

4.3.2.1 Cadenas y ruedas dentadas

Las ruedas dentadas se diseñaron con una velocidad de salida del motor reductor de 3,4 rpm y una velocidad de entrada al eje de 1 rpm y con un choque moderado ($F_s = 1,3$), en la tabla 4.5 se puede observar el detalle y la ubicación de las fuerzas, los cálculos de las ruedas dentadas se encuentran en el apéndice B sección B-1. Los resultados se pueden visualizar en la Tabla 4.6.

Tabla 4.5 Detalle y ubicación de las fuerzas en las ruedas dentadas ^[Fuente: propio].

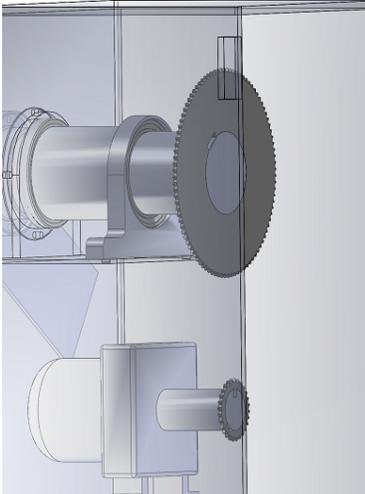
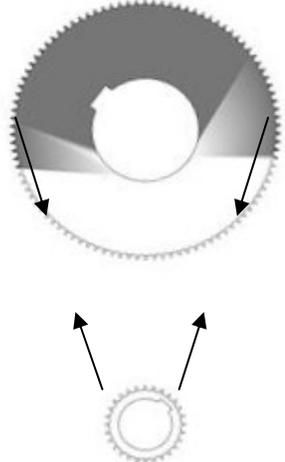
Detalle	Ubicación de las fuerzas
	

Tabla 4.6 Resultados de las cadenas y ruedas dentadas ^[Fuente: propio].

Factor a calcular	Resultados
Potencia de diseño	10,7 HP
Relación de velocidad	3,4
Número de dientes de la rueda motora (N1)	20
Número de dientes de la rueda conducida (N2)	68
Paso	1 pulg
Diámetro de la rueda motora	6,39 pulg
Diámetro de la rueda conducida	21,65 pulg
Longitud de la cadena	105,94pulg
Distancia entre centros	32 pasos

4.3.2.2 Soldaduras

La tabla 4.7 se presentan figuras esquemáticas de las soldaduras en diversas partes de la máquina, los cálculos de las distintas soldaduras se localizan en el apéndice B sección B-2. Los resultados se pueden observar en la tabla 4.8. Para realizar la soldadura se escogió un electrodo E70 con una fuerza permisible de 11200 lb/pulg, (tabla A6 del apéndice A).

Tabla 4.7 Detalle y ubicación de las fuerzas de las soldaduras [Fuente: propio].

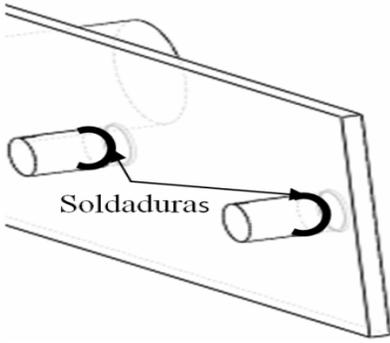
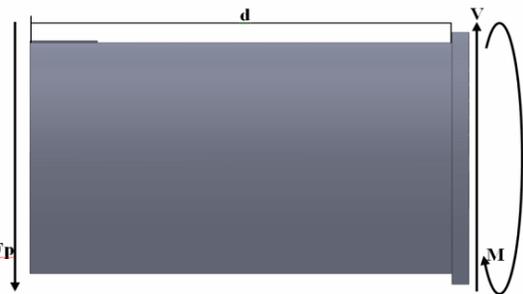
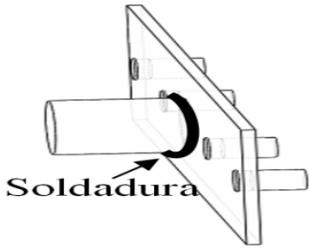
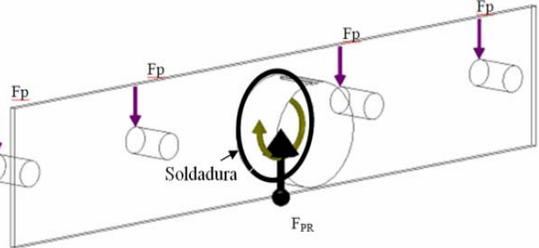
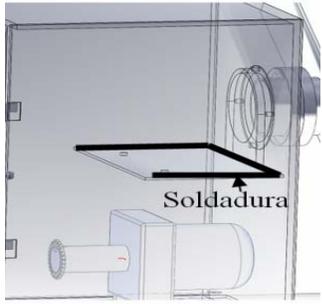
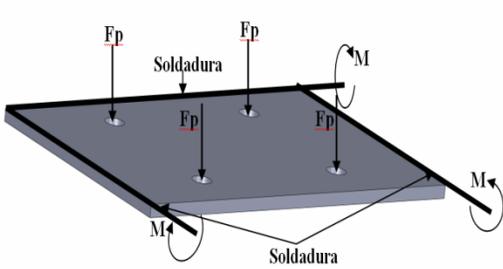
Detalle	Ubicación de las fuerzas
	
	
	

Tabla 4.8 Soldaduras en las diferentes partes de la maquina [Fuente: propio].

Soldadura	Fuerza (lb/pulg)	Ancho (pulg)	Ancho (mm)	Long. Total (mm)
Soldadura de los pines	5746,28	0,45	11,43	400
Punta de eje para el cabezal	5744,44	0,37	9,39	377
Soldadura en la plancha base	589,25	0,04	1,02	1580

4.3.2.3 Esfuerzos en la cuña

Al momento de diseñar se tiene que asegurar que el nivel de tensión no rebase el punto de deformación en los materiales, lo cual asegura, de manera automática, que la parte no tendrá fractura bajo la acción de una carga estática. En la tabla 4.9 se muestran las figuras donde se aplican la fuerza en la cuña, los cálculos se pueden ubicar en el apéndice B sección B-3. Los resultados de los esfuerzos (f_v) a lo que están sometida la cuña, así como también, la resistencia admisible (F_v) se encuentran en la tabla 4.10.

Tabla 4.9 Detalle y ubicación de las fuerzas en la cuña [Fuente: propio].

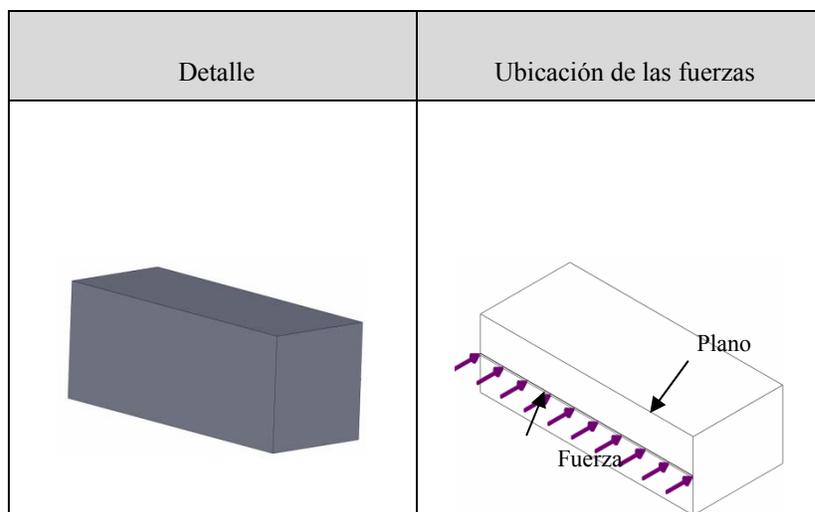


Tabla 4.10 Esfuerzo en la cuña [Fuente: propio].

ESFUERZO	Material	F_v (Kgf/cm ²)	f_v (kgf/cm ²)
Tensión de corte en la cuña	AISI 1040	1715,51	154,53

4.3.2.4 Resistencia en los pernos

En la tabla 4.11 se muestran las figuras de cómo se le aplican las cargas a los pernos. Los resultados de las resistencias de los pernos se pueden observar en la tabla 4.12 y sus respectivos cálculos se pueden visualizar en el apéndice B sección B-4.

Tabla 4.11 Detalle y ubicación de las fuerzas de los pernos ^[Fuente: propio].

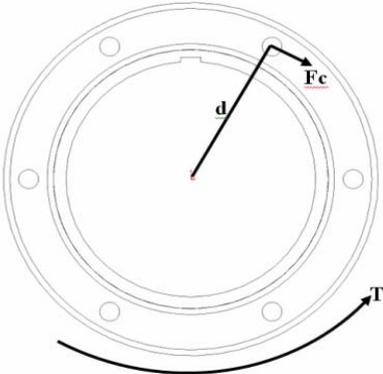
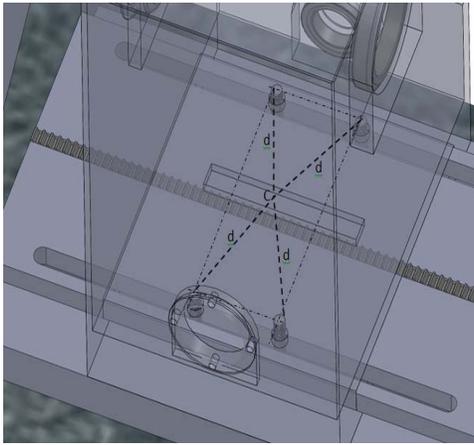
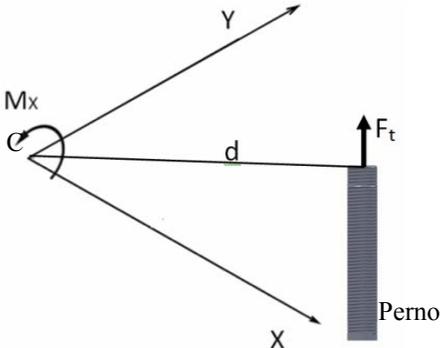
Detalle	Ubicación de las fuerzas
	
	

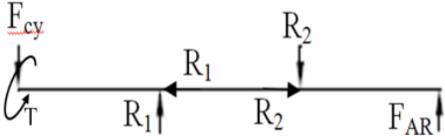
Tabla 4.12 Resistencia en los pernos ^[Fuente: propio].

Resistencia	Material	F_v (Kgf/cm ²)	f_v (kgf/cm ²)
Resistencia al corte en los pernos del acople	A-325 de 5/8	1550	514,67
Resistencia al corte de los pernos de fijación de la columna móvil	A-325 de 3/4	1550	631,57

4.3.2.5 Ejes

Los ejes se diseñaron de un material AISI 4140 del catálogo SUMINDU (tabla A19 del apéndice A) ya que se contaba con ese material en los almacenes de la empresa, a continuación se muestran figuras representativas de los ejes (tabla 4.13) y en las tablas 4.14 y 4.15 los resultados de los diámetros de los ejes principales de ambas columnas y los del eje que proporciona el movimiento longitudinal a la columna móvil respectivamente. Los cálculos del diseño de los eje se hallan en el apéndice B sección B-5.

Tabla 4.13 Detalle y ubicación de la fuerzas de los ejes ^[Fuente: propio].

Detalle	Ubicación de las fuerzas
	

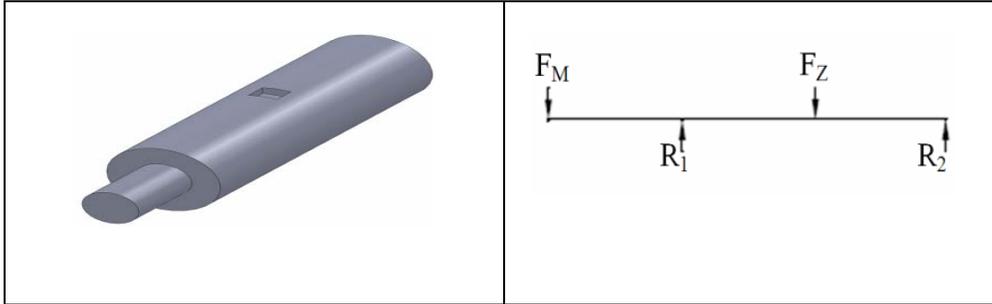


Tabla 4.14 Diámetros de los ejes principales ^[Fuente: propio].

Diámetros	$D_1 = D_7$ (mm)	$D_2 = D_6$ (mm)	$D_3 = D_5$ (mm)	D_4 (mm)
		120	150	180

Tabla 4.15 Diámetros del eje que le da movimiento a la columna móvil ^[Fuente: propio].

Diámetros	$D_1 = D_3$ (mm)	D_2 (mm)
		90

4.3.3 Selección

A continuación se mostraran los rodamientos, el acople y motor reductor seleccionado donde se podrán observar algunas especificaciones que se encuentran en los catálogos de selección.

4.3.3.1 Rodamientos

La tabla 4.16 muestra los resultados para la selección de los rodamientos de los ejes principales (Tabla A17 del apéndice A) y los rodamientos del eje que le da movimiento a la columna móvil (A18 del apéndice A). Los cálculos para la selección de los rodamientos se encuentran en el apéndice B sección B-6

Tabla 4.16 Resultados para la selección de los rodamientos ^[Fuente: propio].

Rodamientos	Eje que le da el movimiento a la columna móvil	Ejes principales de las columnas
Tipo de rodamiento	Bola N° 6821	Bola N° 6939
Diámetro interno	110 mm	180 mm
Diámetro externo	170 mm	250 mm
Carga dinámica equivalente	52875,9 N	84218,85 N
Carga estática equivalente	39240 N	59841 N
Tiempo de vida	6000 horas aprox.	5800 Horas aprox.

4.3.3.2 Acoples

Al momento de juntar el cabezal con el eje principal en cada columna, se unirán por medio de un acople de platos, este se seleccionó a través del diámetro del eje, comprobando las medidas. Mediante la tabla A9 del apéndice A se escogió un acople tipo R300.

4.3.3.3 Motor reductor

Posterior a las reuniones con los ingenieros y especialistas del tema para decidir la velocidad a la cual debe girar el carro porta barrote, se seleccionó el motor reductor, para ello, se calculó la potencia de trabajo y luego se buscó en el catalogo SEW EURODRIVE (Tablas A1 y A2 del apéndice A) un motor reductor con esa

potencia dando como resultado que no se encontró ningún motor comercial con la potencia calculada, por lo tanto se escogió el inmediato superior, el cual está plasmado en la tabla 4.17. Los cálculos se pueden visualizar en el apéndice B sección B-7.

Tabla 4.17 Datos del motor reductor ^[Fuente: propio].

Motor reductor	Potencia calculada (Kw)	Potencia Escogida (Kw)	Potencia escogida (Hp)	RPM
Motor reductor K127 DV132S	4,62	5,5	7,37	3,4

4.4 Documentación

Para diseñar la máquina, se elaboraron planos a cada uno de los componentes que la conforman, con la documentación necesaria para su posterior fabricación y ensamble, todo esto con la ayuda de un software comercial. En la figura 4.14 se puede visualizar un ejemplo de cómo se presentan los planos, específicamente el del cabezal. Todos estos planos se encuentran en un disco compacto anexo al trabajo de grado.

CAPÍTULO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El sistema presentado en este trabajo incorpora los requerimientos dentro del diseño propuesto por los operarios del área de reparación de los carros porta barrotes.
2. La incorporación en el sistema propuesto de un mecanismo de sujeción accionado por un motor eléctrico sugiere una reducción en el tiempo de reparación de los carros porta barrotes y la dependencia del puente grúa para su rotación.
3. Los aspectos de seguridad del operario, materiales utilizados, integridad estructural; así como la calidad en el análisis de los cálculos, fueron considerados de forma integral para la selección del factor de seguridad.
4. El factor de seguridad para el diseño de los componentes del sistema propuesto es de 1,95.
5. La construcción y mantenimiento del equipo se garantiza ya que los elementos que los conforman se encuentran en el mercado industrial nacional.
6. La utilización de software para la simulación del diseño propuesto sugiere la factibilidad de construcción del mismo sin interferencia entre sus componentes.
7. La sencillez en el diseño propuesto se hizo de manera racional para facilitar las tareas de mantenimiento.

5.2 RECOMENDACIONES

- Analizar los componentes con otros materiales diferentes a los limitados por la empresa con la finalidad de reducir costos o peso.
- Para la fabricación e implantación del sistema propuesto es importante contar con personal especializado en el área.
- Antes de la puesta en marcha del prototipo se recomienda entrenar al personal que va a operarlo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lurgi A. y Voest P. **“Manual de proceso – planta de pellas Sidor”** Caracas, 1974.
- [2] Kobe Shell LTD. **“Manual de Operación de la Parrillera Móvil”**. Japón, 1994.
- [3] CVG Siderúrgica del Orinoco, C.A., SIDOR. **“Manual de Proyectos. Estructuras de Aceros”**, Tomo II. Diseño de Miembros y uniones. Segunda edición. Caracas 1982.
- [4] Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero, **“Siderúrgica Latinoamericana”**. Volumen 429. California, 1996.
- [5] Avallone E. y T. Baumeister. **“Manual del Ingeniero Mecánico”**, Vol. I y Vol. II, Editorial McGraw -Hill, Novena Edición, México, 1999.
- [6] **“Manual de Mantenimiento Industrial”**, Editorial McGraw-Hill, México, 1998.
- [7] Hütte, **“Manual del Ingeniero de Taller”**, Editorial Gustavo Gili, S.A., España (1978).
- [8] Mott, R. 1992. **“Diseño de Elementos de Maquinas”**. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. México.
- [9] Shigley J., Mischke, C. 1990. **“Diseño en Ingeniería Mecánica”**, Editorial McGraw Hill, Quinta Edición, México.
- [10] Howard B. Cary. 1980. **“Manual de Soldadura Moderna”**, segunda edición.
- [11] Méndez A. 1996 **“Manual de Calidad Indorca”**. Novena edición. Puerto Ordaz.
- [12] Catálogo de Motor reductores **SEW EURODRIVER**.
- [13] Catálogo de productos **H. WELLE**.
- [14] Catálogo de acoples **EUOTRAS**.
- [15] Catálogo de Rodamientos **TNT**.
- [16] Catálogo de productos **SUMINDU**.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TITULO:	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUJECIÓN CON ROTACIÓN DE 360° PARA LA REPARACIÓN DE CARROS PORTA BARROTES, PARA LA EMPRESA INDUSTRIAS DEL ORINOCO C.A."
SUBTITULO:	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Alfonzo F., Daniel E.	CVLAC: 15.563.966 EMAIL: danielfermenal@gmail.com
	CVLAC EMAIL:
	CVLAC EMAIL:
	CVLAC EMAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

Diseño de máquinas

Rotación

Mecanismos de sujeción

Simulación Solidworks

Selección

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUB ÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Mecánica

RESUMEN (ABSTRACT):

En este trabajo se presenta el diseño de un sistema de sujeción con rotación de 360° para la reparación de carros porta barrotes para la empresa Industrias del Orinoco CA. Se mostraron varios diseños conceptuales, los cuales se evaluaron a partir de una matriz de decisión con diversos criterios, para así seleccionar la alternativa a diseñar. Se mostrara una descripción detallada de la alternativa seleccionada, donde se observan los componentes que la constituyen. Estos componentes fueron analizados de diferente maneras según su geometría. Los elementos de geometría complicada se analizaron con la ayuda del modelado asistido por computadora, los de geometría mas sencillas se analizaron por diseño de elementos de máquinas y los elementos de selección se escogieron mediante catálogos, obteniéndose excelentes resultados. Por ultimo se realizaron los planos para la fabricación del sistema.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL						
	ROL	CA	AS	X	TU	JU	
Payares, Félix	CVLAC:	5.976.608					
	EMAIL:	Fpayares@gmail.com					
	EMAIL:						
	ROL	CA	AS	X	TU	JU	
Perozo, Ibsen	CVLAC:	7.920.227					
	EMAIL:	lperoza@indorca.com					
	EMAIL:						
	ROL	CA	AS		TU	X	JU
Gomes, Carlos	CVLAC:	10.305.208					
	EMAIL:	carlos.j.gomes@gmail.com					
	EMAIL:						
	ROL	CA	AS		TU		JU
Francisco, García	CVLAC:	5.188.071					
	EMAIL:	garciacova@gmail.com					
	EMAIL:						
	ROL	CA	AS		TU		JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	07	05
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DEL ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Diseño de un sistema de sujeción.doc	application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F
G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s
t u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE:

ESPACIAL: Diseño de un sistema-Indorca (OPCIONAL)

TEMPORAL: Semestral (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Mecánico.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado.

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Mecánica.

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS:

Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros
fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo, quien
deberá participarlo previamente para su autorización.

Alfonzo F., Daniel E.

AUTOR

AUTOR

AUTOR

Payares, Félix

Gomes, Carlos

García, Francisco

TUTOR

JURADO

JURADO

Suárez, Diógenes

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS