



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
"FRANCISCO DE MIRANDA"
ÁREA DE TECNOLOGÍA
COMPLEJO ACADÉMICO "EL SABINO"
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PALETIZADORA PARA
LA EMPRESA VENEZOLANA DE INDUSTRIA
TECNOLÓGICA C.A. (VIT)**

Trabajo especial de grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Nacional Experimental
Francisco de Miranda
Para optar al título de Ingeniero Mecánico

AUTORES:

**Br. Ocando Gámez, Elías David. C.I. V- 20.931.799
Br. Villarreal Manaure, Jessamir Fiorelli. C.I. V- 19.944.376**

TUTOR:

Ing. Guanipa González, David J. C.I. V-15.017.580

ASESOR

Ing. Medina Franklin C.I. V-05.292.290

Punto Fijo; Mayo 2013



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
"FRANCISCO DE MIRANDA"
ÁREA DE TECNOLOGÍA
COMPLEJO ACADÉMICO "EL SABINO"
PROGRAMA INGENIERÍA MECÁNICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PALETIZADORA PARA
LA EMPRESA VENEZOLANA DE INDUSTRIA
TECNOLÓGICA C.A. (VIT)**

AUTORES:

**Br. Ocando Gámez, Elías David. C.I. V- 20.931.799
Br. Villarreal Manaure, Jessamir Fiorelli. C.I. V- 19.944.376**

TUTOR:

Ing. Guanipa González, David J. C.I. V-15.017.580

ASESOR

Ing. Medina Franklin C.I. V-05.292.290

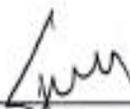
Punto Fijo; Mayo de 2013

VEREDICTO DEL JURADO

Quienes suscribimos Miembros del Jurado para evaluar el Trabajo de Grado titulado:

“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PALETIZADORA PARA LA EMPRESA VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT)”
Realizado por los bachilleres **ELÍAS DAVID OCANDO GÁMEZ** y **JESSAMIR FIORELLI VILLARREAL MANAURE**, portadores de la Cédula de Identidad N° **20.931.799** y **19.944.376** respectivamente, mediante la presente hacemos constar que aprobamos el referido Trabajo de Grado presentado en cumplimiento de los requisitos establecidos en el pensum del Programa de Ingeniería **MECÁNICA** del Área de Tecnología de la Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda” para optar al título de:

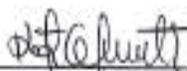
INGENIERO MECÁNICO


Medina Franklin

JURADO PRINCIPAL

Correo:

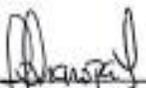
frmedina47@hotmail.com


Gutiérrez Katuska

JURADO PRINCIPAL

Correo:

katuscags@correo.unefm.edu.ve


Guanipa David

COORDINADOR

Correo:

davidguanipa81@hotmail.com

Correo Autor: eliasocando24@gmail.com

Correo Autor: jessamirv@gmail.com

28 de mayo de 2013



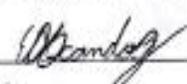
Universidad Nacional Experimental
"Francisco de Miranda"
Vicerrectorado Académico

AUTORIZACIÓN PARA LA DIFUSIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE GRADO

Nosotros, Elias David Ocando Gámez y Jessamir Fiorelli Villarreal Manaure, portadores de la Cédula de Identidad N°: 20.931.799 y N° 19.944.376 respectivamente, e-mail: eliasocando24@gmail.com y jessamirv@gmail.com. Telf.: 0414-688-8858 y 0414-626-9657; Autores del Trabajo de Grado titulado: CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PALETIZADORA PARA LA EMPRESA VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT).

Autorizamos a la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM), para que difunda la versión digital de dicho trabajo, a través de la Dirección de Información, Documentación y Biblioteca adscrita a la institución.

Como autores cedemos a la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM), sólo con fines de docencia e investigación, los derechos de nuestro trabajo, de acuerdo a lo previsto en la *Ley sobre Derecho de Autor, Artículos 42, 43 y 44 Gaceta Oficial N° 4638 extraordinaria de fecha 01 de octubre de 1993.*

Firma del Autor: 

C.I. N°: 20.931.799

E-mail: eliasocando24@gmail.com

Firma del Autor: 

C.I. N°: 19.944.376

E-mail: jessamirv@gmail.com

En Santa Ana de Coro, a los 28 días del mes de mayo de 2013.

DEDICATORIA

Gracias Dios, porque en tu silencio me escuchaste y de una manera u otra me diste a entender que todo se daría.

Mamá, fuiste la más preocupada, la que me escuchó, quien me dio ánimo y me planteo soluciones cuando lo ameritaban, seré un ingeniero de calidad y eficiente en mi trabajo gracias a lo que tú me has enseñado, no te voy a fallar nunca gracia mamá te amo.

Papá, me enseñaste que las ganas de hacer las cosas no son nada sino están acompañadas de seguridad carácter y temple, creo que eso es algo que te has dado la tarea de una y otra vez hacérmelo saber, pero a pesar de todo me escuchaste te preocupaste me disculpo por pecar de soberbia contigo gran parte de las veces que te ofreciste ayudarme y no preste mucha atención aunque también pienso que esto era algo que tenía que hacerse así, gracias por enseñarme este camino que es la ingeniería mecánica no hubiese elegido otro y gracias a ti desde un principio estuve claro en que quería.

Le hice una promesa a mis hermanas que por ellas voy a salir adelante, este es el primer paso de varios que ahora tengo que dar para cuidarlas a ustedes dos y a Carolina, sé que son muy capaces de cualquier cosa incluso más que yo, pero una promesa es una promesa, gracias Fabiana, Natalia, Carolina; familia ustedes son mi tesoro.

Elías David Ocando Gámez

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres Cesar E. Villarreal Catturini y Carmen Esther Manaure de Villarreal, que me han demostrado que con esfuerzo, disciplina y dedicación todo se puede. Ustedes que me han enseñado las lecciones de la vida, que han hecho todo su esfuerzo para educarme y hacer de mi la persona que soy, les dedico este éxito ya que no es solo mío es de ustedes, son todo en mi vida los adoro, gracias por todo.

Jessimar, me has hecho reír, entretenerme cuando más estresada he estado, también me has estresado con tus súper cariños pero siempre estás ahí conmigo, por cierto siempre me preguntas que si te quiero y si hermanita te quiero mucho. Te dedico este logro a ti también, tu eres la próxima, ya sea medicina, ingeniería, lo que escojas sé que lo harás bien, y estaré tan orgullosa de ti como tú lo estas de mí.

Jessimel, mi chirriquitica por siempre, que juega conmigo, me acompaña y siempre me reclama de que ya no tengo tiempo para ella, a ti porque ahora podre consentirte más, pasar más tiempo contigo los fines de semanas, ya salí de esta gracias a dios. Princesa te apoyare en todo, para que termines tus estudios y logres grandes cosas, te adoro bebe. Hermanitas favoritas por siempre!

A mis abuelitos, sé que están felices por este logro y hoy me acompañan, no puede evitar tenerlos presentes en este día. Los quiero y extraño mucho.

Jessamir Fiorelli Villarreal Manaure

AGRADECIMIENTO

Gracias familia, siempre fueron mi apoyo principal no pudieron haber actuado mejor, hoy de corazón les digo no les voy a fallar, Carolina tu eres parte de mi familia eres mi hermana y siempre lo serás, te quiero.

María, Gerardo, Hernán, Wilfre grandes amigos y hermanos que la vida me dio, ustedes también me dieron muchas lecciones en el tiempo que estuvimos residenciados aquí en Punto Fijo, lo he logrado ahora vamos a cumplir todo eso que queremos hacer todos esos proyectos, llevémoslos a cabo más allá de que ya todos seamos ingenieros ya estamos en una etapa de que podemos lograr lo que nos proponíamos vamos a echarle ganas a esto, gracias son mi orgullo hoy quiero ser el de ustedes, gracias.

Quiero agradecer a la gente de esta gran empresa que es la VIT, desde un principio me sorprendió, mis felicitaciones a todos los que trabajan allí porque hacen su trabajo con dedicación y creyendo en él, gracias al Ingeniero Argenis, confió en nosotros en nuestro conocimiento y esfuerzo en este proyecto, gracias mi admiración para usted. Señora Ebbanny gracias por el tiempo que se tomó para explicarnos todos los procesos, para hablar, reír y formar esa amistad que hoy tengo con usted, Gracias. Melvin, Magencio y Farnecio, gracias por el esfuerzo dado no olvidaré esto gracias son el ejemplo de los grandes que trabajan por el país.

Por último quiero agradecer a quien me tendió la mano desde el 4to semestre a ti Jessamir, gracias por todo lo bueno que hemos pasado en este tiempo de estudiantes, gracias hoy vemos nuestra meta cumplida, lo logramos.

Elías David Ocando Gámez

AGRADECIMIENTO

A mi papá por su cariño, y su apoyo. Por guiarme hacia un buen camino, y por ser mi más grande ejemplo te quiero papi, eres el mejor en el mundo.

A mi mamá, mi mejor amiga, por darme los mejores consejos, y estar ahí para mí, por prepararme esas comidas tan ricas que me daban energía para ir a clases y por tenerme tanta paciencia, gracias mami, definitivamente tengo suerte de tenerlos.

A nuestro tutor, el Ing. David Guanipa y nuestro asesor, el Ing. Franklin Medina, gracias por su apoyo y guía.

A la empresa VIT, a nuestro tutor industrial, el Ing. Argenis Acosta por apoyarnos y confiar en nosotros, a la Sra. Eba, que nos dio consejos y compañía, gracias por el apoyo brindado.

Al Sr. Melvin, Farnecio, Aurelio, Ronny, Pedro y Andrea porque realmente nos ayudaron mucho y sin ellos hoy la máquina no existiría.

A mis amigos Ricardo, Diana, Katerine, Oksana, Luisa y Ángela. Espero que diosito nos de muchos años más de amistad y que cada uno de nosotros logremos nuestras metas y sueños.

A Elías quien ha estado ahí para mí en las buenas y en las malas, que por suerte conocí en el 4 semestre y desde entonces nos apoyamos en todo, sin ti, esto no fuera posible, gracias por tu paciencia.

Jessamir Fiorelli Villarreal Manaure

OCANDO, ELIÁS Y VILLARREAL, JESSAMIR. CONSTRUCCION DE UNA MÁQUINA PALETIZADORA PARA LA EMPRESA VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT) Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Programa de Ingeniería Mecánica. Punto Fijo, Venezuela, 2013.

RESUMEN

A continuación se presenta el trabajo de grado titulado Construcción de una máquina paletizadora para la empresa VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT). La investigación es de tipo descriptiva, del proceso de desarrollo explícito de la máquina, la cual tiene como propósito optimizar el proceso de embalaje disminuyendo el tiempo de embalado y el esfuerzo humano, además de tener un mejor acabado en el paletizado. Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: Capítulo I, describe las alternativas de diseño conceptual de la máquina; Capítulo II desarrollo y diseño detallado de la máquina; Capítulo III, detalla el proceso de fabricación y ensamblado de las piezas que conforman la máquina; Capítulo IV, evaluación de la máquina paletizadora; Capítulo V, estimación de costos. La propuesta dos fue seleccionada por superar en seguridad, fabricación en lo económico y facilidad para el mantenimiento a la propuesta uno. Este proyecto desarrollado está conformado por un sistema de ascenso y una base giratoria. Para ambos, se realizaron evaluaciones de alternativas sobre el funcionamiento mecánico, utilizando para el sistema de ascenso cable de acero y para el sistema giratorio mecanismos de catarinas y cadenas. Por medio de cálculos matemáticos de diseño de máquinas se establecieron factores de seguridad y deflexiones en los bastidores y en la columna de ascenso aceptables. "La Máquina Paletizadora" reducirá considerablemente el esfuerzo humano y el tiempo de embalado del producto terminado de esta industria. La construcción de la máquina paletizadora tuvo un costo de Bs, 77,615.90 que equivalen a US\$ 12,319.98

Palabras claves: Máquina, paletizadora, embalado.

OCANDO GÁMEZ, ELÍAS DAVID Y VILLARREAL MANAURE, JESSAMIR FIORELLI. BUILDING A PALLETIZING MACHINE FOR THE COMPANY VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT). Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Mechanical Engineering Program. Punto Fijo, Venezuela, 2013.

ABSTRACT

Below is undergraduate work entitled Building a palletizing machine for the company VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT). The research is descriptive, explicit development process of the machine, which aims to optimize the packaging process packaging reducing time and human effort, in addition to having a better finish on the pallet. This paper is structured as follows: Chapter I describes the conceptual design alternatives machine; Chapter II development and detailed design of the machine, Chapter III, details the process of manufacturing and assembling the pieces that make up the machine; Chapter IV, assessment of palletizing machine, Chapter V, cost estimation. The Proposal two was selected to overcome security, economic and manufacturing facility to service the proposed one. This project developed consists of a system of promotion and a swivel base. For both alternatives assessments were performed on the mechanical operation, using promotion system for wire rope and rotating system mechanisms sprockets and chains. Through mathematical calculations established machine design safety factors and deflections in the racks and acceptable ascent column. "The Machine Palletizer" significantly reduces the human effort and time packaging the finished product of this industry. The palletizer machine construction at a cost of Bs, 77615.90 worth U.S. \$ 12319.98

Keywords: machine, palletizing, packaging.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE IMÁGENES	xix
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
ÍNDICE DE APÉNDICES	xxiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	9
1.1. Fundamentos teóricos.....	9
1.1.1. Pallet.....	9
1.1.2. Paletizar.....	10
1.1.3. Paletizadora.....	10
1.1.4. Stretch Film.....	12
1.1.5. Almacenamiento.....	13
1.1.6. Almacén.....	14
1.1.7. Montacargas.....	14
1.2. Información técnica de las máquinas paletizadoras.....	15
1.2.1. Paletizadoras Semi-Automáticas en el mercado.....	15
1.2.1.1. Máquina paletizadora de base giratoria con pre-estirado, Wulftec.....	15

1.2.1.2.	Máquina paletizadora de brazo giratorio Modelo Mhfg 2300a. Youngsun.....	17
1.2.1.3.	Máquina paletizadora móvil modelo giratondo Packmore.....	18
1.3.	Requerimientos de la empresa.	19
1.4.	Parámetros de diseño.	20
1.5.	Consideraciones de diseño.....	22
1.6.	Alternativas de diseño.....	23
1.6.1.1.	Alternativa 1. Máquina paletizadora de brazo giratorio.	24
1.6.1.2.	Alternativa 2. Máquina envolvente de base giratoria.	25
1.6.1.3.	Evaluación de alternativas de diseño.....	26
1.6.2.	Selección de alternativas en el diseño de mecanismos de la máquina paletizadora.	28
1.6.2.1.	Mecanismo de giro del plato.	29
1.6.2.2.	Alternativa 1. Motor reductor acoplado directamente en el plato.....	29
1.6.2.3.	Alternativa 2: Sistema de catarinas y cadenas.	30
1.6.2.4.	Mecanismo de la columna de ascenso.	32
1.6.2.5.	Alternativa 1: Cadenas.....	32
1.6.2.6.	Alternativa 2: Tornillo Sin Fin.	32
1.6.2.7.	Alternativa 3: Cables de acero (Guayas).	33
1.6.2.8.	Evaluación de las alternativas del mecanismo del plato y columna de ascenso.....	35
CAPÍTULO II	.....	37
2.1.	Sistema mecánico.....	37
2.1.1.	Equipo impulsor.	37
2.1.2.	Sistema mecánico para el plato giratorio.	44
2.1.3.	Sistema mecánico de ascenso.	47
2.1.4.	Ejes de transmisión.....	49
2.1.5.	Rodamientos.....	55

2.2.	Sistema Estructural.....	60
2.2.2.	Base giratoria.....	60
2.2.2.1.	Esfuerzos en plato giratorio.	61
2.2.3.	Diseño y selección de elementos de unión roscado.	63
2.2.4.	Esfuerzos en soportes.	68
2.2.5.	Esfuerzos en bastidores.....	73
2.2.6.	Sistema de ascenso.....	78
2.2.6.1.	Columna para carro porta bobina.	78
2.2.7.	Rampa	81
2.2.8.	Análisis de soldadura.....	87
2.3.	Sistema eléctrico.....	91
2.3.1.	Sistema de ascenso y descenso del stretch film:.....	91
2.3.2.	Sistema de control para el plato giratorio.....	92
CAPÍTULO III.....		93
3.1.	Fabricación de las piezas.....	94
3.2.	Fabricación de las piezas.....	94
3.2.1.	Brazos de la base y Carro porta bobina.....	94
3.2.2.	Bastidores de la base.	95
3.2.3.	Plato.....	96
3.2.4.	Columna de ascenso.	97
3.2.5.	Riel.....	98
3.2.6.	Base.....	98
3.3.	Proceso de ensamble.	99
3.3.1.	Base de la máquina paletizadora.	100
3.4.	Acabado de la máquina paletizadora.	104
3.4.1.	Preparación de la superficie.....	104
3.4.2.	Imprimación o Fondo	106
3.4.3.	Pintura y acabado.	107
3.5.	Piezas mecánicas.	108

3.5.1.	Eje.....	108
3.5.2.	Catarina conducida.....	110
3.5.3.	Catarina motriz.....	111
3.5.4.	Soportes de rodamientos.....	112
3.5.5.	Tambor.....	114
3.5.6.	Instalación de piezas mecánicas.....	116
3.6.	Sistema eléctrico.....	118
3.7.	Maquina Paletizadora.....	122
3.8.	Funcionamiento de la máquina paletizadora.....	123
CAPÍTULO IV		124
4.1.	Sistema de ascenso.....	124
4.2.	Sistema giratorio.....	125
4.3.	Rampa.....	126
4.4.	Evaluación de la paletización por la máquina paletizadora versus paletización por un operador.....	126
4.5.	Parámetros evaluativos.....	128
4.6.	Estimación de costos.....	129
4.6.1.	Costos de materiales de construcción.....	129
4.6.2.	Costos de materiales de sujeción.....	132
4.6.3.	Costo de pintura.....	132
4.6.4.	Costo mano de obra.....	133
4.6.5.	Costo total de la máquina paletizadora.....	134
CONCLUSIONES		137
RECOMENDACIONES.....		139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		140
ANEXOS.....		144
APÉNDICE		164

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1:</i> Pallets. Fuente: T.O. Pallet (2008).....	10
<i>Figura 2:</i> Máquina Paletizadora semiautomática. Fuente: Reo-pack (2011)	11
<i>Figura 3:</i> Máquina paletizadora automática. Fuente: Schrouder (2013)	12
<i>Figura 4:</i> Stretch Film. Fuente: No-EI (2010).	13
<i>Figura 5:</i> Almacén. Fuente: Epws (2008).....	14
<i>Figura 6:</i> Montacargas. Fuente: Alfa (2010)	14
<i>Figura 7:</i> Máquina Envolvedora de Plataforma Giratoria Wulftec. Fuente: Naturalpack (2010).	16
<i>Figura 8:</i> Máquina envolvedora de brazo rotatorio Wulftec. Fuente: Natural pack. (2010)	18
<i>Figura 9:</i> Máquina paletizadora movil modelo girotondo. Fuente: Mcalbo (2010).	19
<i>Figura 10.</i> Máquina paletizadora de brazo giratorio. Fuente: Propia	25
<i>Figura 11:</i> Máquina paletizadora de base giratoria. Fuente: Propia, (2012).	26
<i>Figura 12.</i> Diagramas de fuerzas en el eje. Fuente: Propia (2013).....	49
<i>Figura 13.</i> Esbozo del eje. Fuente: Propia (2013).....	50
<i>Figura 14.</i> Triangulo demostrativo. Fuente: Propia (2013).....	52
<i>Figura 15.</i> Esquema de prisioneros en eje y catarina. Fuente: Propia, (2013).	54
<i>Figure 16.</i> Diagrama de fuerza actuante en el plato. Fuente: Propia, (2013).	62
<i>Figure 17.</i> Soporte 1. Fuente: Propia, (2013).	69
<i>Figure 18.</i> Soporte 2. Fuente: Propia, (2013).	70
<i>Figure 19.</i> Soporte 3. Fuente: Propia, (2013).	71
<i>Figure 20.</i> Soportes. Fuente: Propia, (2013).....	73
<i>Figure 21.</i> Fuerzas actuantes en el bastidor A. Fuente: Propia, (2013).....	75

Figura 22. Estructura de base. <i>Fuente:</i> Pro ENGINEER 5.0 (2013).....	82
<i>Figure 23.</i> Diagrama de cuerpo libre, y momento de lámina. Diagrama de cuerpo libre, y momento de lámina. <i>Fuente:</i> Propia, (2013).....	83
<i>Figure 24.</i> Plano de soldadura para unión de brazos de apoyo a bastidores, <i>Fuente:</i> Propia (2013).	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tiempo de Paletizado de forma manual.....	21
Tabla 2: <i>Evaluación de alternativas para el diseño de la máquina paletizadora.</i>	27
Tabla 3. <i>Matriz de evaluación de las alternativas para el diseño del mecanismo del plato giratorio</i>	30
Tabla 4. <i>Matriz de evaluación de las alternativas para el diseño del mecanismo de ascenso.</i>	34
Tabla 5. <i>Razón de carga en bastidores.</i>	74
Tabla 6. Operador vs máquina.....	128
Tabla 7. Evaluación de la máquina paletizadora por parte del operario.	128
Tabla 8. <i>Listado de precios de materiales de construcción de la estructura.</i>	129
Tabla 9. <i>Listado de precios de materiales de construcción del sistema mecánico.</i>	130
Tabla 10. <i>Listado de precios de materiales de construcción del sistema eléctrico.</i>	130
Tabla 12. <i>Total materiales de construcción.</i>	131
Tabla 13. <i>Listado de precios de materiales de sujeción.</i>	132
Tabla 14. <i>Listado de precios de materiales de pintura.</i>	133
Tabla 15. <i>Listado de precios mano de obra.</i>	133
Tabla 16. <i>Costo total de la máquina paletizadora.</i>	134
Tabla 17. <i>Presupuesto de importación y nacionalización de Máquina Paletizadora.</i>	135

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ec. 1: Torque	38
Ec. 2: Aceleración angular	39
Ec. 3: Momento de inercia	39
Ec. 4: Potencia.....	40
Ec. 5: Fuerza.....	40
Ec. 6: Potencia 2.....	40
Ec. 7: Torque 2	41
Ec. 8. Potencia corregida.....	44
Ec. 9. Relación de transmisión.....	44
Ec. 10. Relación de transmisión despejando el N2.....	45
Ec. 11. Rpm de salida.....	45
Ec. 12: Longitud de la cadena.....	46
Ec. 13. Distancia entre centros corregida.	46
Ec. 14. Distancia entre centros.	46
Ec. 15. Esfuerzo en el cable.	48
Ec. 16. Factor de seguridad del cable.....	48
Ec. 17: Torque en el eje.....	51
Ec. 18. Diámetro de eje ASME	52
Ec. 19: Fuerza en el punto C.	53
Ec. 20: Fuerza en los ejes.	53
Ec. 21: Fuerza del eje.....	54
Ec. 22. Factores de cálculo para rodamientos rígidos de una hilera de bolas.	57
Ec. 23. Fuerza equivalente para rodamiento de bolas radiales.	57
Ec. 24. Vida nominal del rodamiento.	57
Ec. 25. Vida nominal en horas.	57

Ec. 26. Diámetro medio.	58
Ec. 27. Factor k para estimación de aSKF	59
Ec. 28. Valor para grafica de factor aSKF	59
Ec. 29. Vida real del rodamiento.	59
Ec. 30. Vida del rodamiento en horas.	59
Ec. 31: Momento de inercia.	61
Ec. 32: Esfuerzo máximo.	62
Ec. 33: Factor de seguridad	63
Ec. 34. Carga limite en los pernos.	64
Ec. 35. Precarga de pernos.	64
Ec. 36. Area del diametro mayor.....	65
Ec. 37. Rigidez efectiva estimada	65
Ec. 38. Rigidez de los elementos de la unión total.....	65
Ec. 39. Constante de unión.....	66
Ec. 40. Fracción de la carga externa tomada por el perno.	66
Ec. 41. Factor de carga contra la separación de la junta.	67
Ec. 42. Factor de carga que asegura que el esfuerzo del perno sea menor que la resistencia.	67
Ec. 43. Esfuerzo de tensión en el perno.	67
Ec. 44. Componente alternante del.....	67
Ec. 45. Componente media del.....	68
Ec. 46. Factor de seguridad	68
Ec. 47: Inercia requerida en brazos.	72
Ec. 48. Esfuerzo por momento flector en el brazo de apoyo.	72
Ec. 49. Inercia requerida en bastidores.	76
Ec. 50: Longitud efectiva.....	79
Ec. 51: Radio de giro mínimo.....	79
Ec. 52: Relación de esbeltez.	79
Ec. 53: Constante de columna,	80
Ec. 54: Carga crítica.	80

Ec. 55: Factor de seguridad de la columna.....	80
Ec. 56. Momento de inercia en la viga.	84
Ec. 57: Longitud efectiva.....	85
Ec. 58: Radio de giro mínimo.....	85
Ec. 59: Relación de esbeltez.	86
Ec. 60: Constante de columna,	86
Ec. 61: Carga crítica.	86
Ec. 62: Factor de seguridad de la columna.....	87
Ec. 63. Área del cordón soldado por soldadura de filete.....	89
Ec. 64. Inercia del cordón de soldadura.....	89
Ec. 65. Inercia del cordón soldado con respecto al centroide.....	89
Ec. 66. Esfuerzo generado en la junta soldada.....	90

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
<i>Imagen 1.</i> Cortes de tubo estructural 60x60 a un ángulo de 45. Fuente: Propia, (2013).	94
<i>Imagen 2.</i> Corte de bastidores. Fuente: Propia, 2013.	95
<i>Imagen 3.</i> Ubicando los dos bastidores. Fuente: Propia, (2013).	95
<i>Imagen 4.</i> Realizando trazo de corte. Fuente: Propia, (2013).	96
<i>Imagen 5.</i> Cortando la lámina mediante el equipo oxicorte. Fuente: Propia, (2013).	97
<i>Imagen 6.</i> Corte de la columna de ascenso. Fuente: Propia, (2013).	97
<i>Imagen 7.</i> Corte de riel. Fuente: Propia, (2013).	98
<i>Imagen 8.</i> Corte de plancha base. Fuente: Propia, (2013).	98
<i>Imagen 9.</i> Vista preliminar de armado de estructura. Fuente: Propia (2013).	99
<i>Imagen 10.</i> Unión de brazos a bastidores. Fuente: Propia, (2013).	100
<i>Imagen 11.</i> Resultado de la soldadura de brazos al bastidor. Fuente: Propia, (2013).	100
<i>Imagen 12.</i> Base soldada. Fuente: Propia, (2013).	101
<i>Imagen 13.</i> Base de la máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).	101
<i>Imagen 14.</i> Dando ubicación a las ruedas. Fuente: Propia, (2013).	102
<i>Imagen 15.</i> Ruedas punteadas. Fuente: Propia, (2013).	102
<i>Imagen 16.</i> Primer pase de soldadura. Fuente: Propia, (2013).	103
<i>Imagen 17.</i> Base de la máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).	103
<i>Imagen 18.</i> Máquina paletizadora antes de realizar limpieza. Fuente: Propia, (2013).	104
<i>Imagen 19.</i> Limpieza de superficie. Fuente: Propia, (2013).	105
<i>Imagen 20.</i> Máquina paletizadora con el fondo aplicado. Fuente: Propia, (2013).	106

<i>Imagen 21.</i> Acabado de la máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).	107
<i>Imagen 22.</i> Calentamiento de la pieza. Fuente: Propia, (2013).	108
<i>Imagen 23.</i> Eje tomando forma. Fuente: Propia, (2013).	108
<i>Imagen 24.</i> Verificando medidas del eje. Fuente: Propia, (2013).	109
<i>Imagen 25.</i> Eje. Fuente: Propia, (2013).	109
<i>Imagen 26.</i> Mecanizando la catarina conducida. Fuente: Propia, (2013).	110
<i>Imagen 277.</i> Creando los agujeros. Fuente: Propia, (2013).	111
<i>Imagen 288.</i> Rueda dentada. Fuente: Propia, (2013).	111
<i>Imagen 29.</i> Devastando el diámetro interno a la catarina motriz. Fuente: Propia, (2013).	112
<i>Imagen 30.</i> Fabricando la cuña. Fuente: Propia, (2013).	113
<i>Imagen 31.</i> Corte de plancha para bases de rodamiento. Fuente: Propia, 2013.	113
<i>Imagen 32.</i> Cuello del soporte. Fuente: Propia, (2013).	114
<i>Imagen 33.</i> Fabricación del tambor. Fuente: Propia, (2013).	115
<i>Imagen 34.</i> Tambor acoplado al motorreductor. Fuente: Propia, (2013).	115
<i>Imagen 35.</i> Polea 2 del sistema de ascenso. Fuente: Propia, (2013).	116
<i>Imagen 36.</i> Polea 1 y tambor sistema de ascenso. Fuente: Propia, (2013).	116
<i>Imagen 37.</i> Posicionando el eje y componentes. Fuente: Propia, (2013).	117
<i>Imagen 38.</i> Sistema mecánico. Fuente: Propia, (2013).	118
<i>Imagen 39.</i> Instalación de riel DIN 25 en cajetín y contactor. Fuente: Propia (2013).	119
<i>Imagen 40.</i> Instalación de instrumentos. Fuente: Propia, (2013).	119
<i>Imagen 41.</i> Conexión de pulsadores a circuito. Fuente: Propia (2013).	120
<i>Imagen 42.</i> Probando tablero eléctrico. Fuente: Propia, (2013).	120
<i>Imagen 43.</i> Conexión de las bobinas a los motores eléctricos. Fuente: Propia, (2013).	121
<i>Imagen 44.</i> Identificación de los cables a la conexión de los motores. Fuente: Propia, (2013).	121

<i>Imagen 45.</i> Máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).....	122
<i>Imagen 46.</i> Máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).....	122
<i>Imagen 47.</i> Operador vs máquina. Fuente: Propia, (2013).....	127

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<i>Anexo 1.</i> Propiedades de las áreas. Fuente: Mott R., (2006).	146
<i>Anexo 2.</i> Tabla de selección de cadena. Fuente: Renold, (2008).....	147
<i>Anexo 3.</i> Catarina Conducida. Fuente: SKF, (2013).....	147
<i>Anexo 4.</i> Propiedades de los aceros estructurales. Fuente: Mott R., (2006).	148
<i>Anexo 5.</i> Catarina motriz. Fuente: SKF, (2013).	148
<i>Anexo 6.</i> Factor de concentración de esfuerzos. Fuente: R. Mott, (2006). .	149
<i>Anexo 7.</i> Propiedades de cables de acero. Fuente: Shigley, (1985).	149
<i>Anexo 8.</i> Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de una hilera de bolas. Fuente: SKF, (2008).....	150
<i>Anexo 9.</i> Valores para el factor de ajuste de la vida a_1 . Fuente: SKF, (2008).	150
<i>Anexo 10.</i> Valores orientativos para el factor n_c para distintos niveles de contaminación. Fuente: SKF, (2008).	151
<i>Anexo 11.</i> Conversión a la viscosidad cinemática ν a la temperatura de referencias. Fuente: SKF, (2008).....	152
<i>Anexo 12.</i> Estimación de la viscosidad cinemática máxima a_1 a la temperatura de funcionamiento. Fuente: SKF, (2008).....	152
<i>Anexo 13.</i> Factor a_{SKF} para rodamientos radiales de bolas. Fuente: SKF, (2008).	153
<i>Anexo 14.</i> Características y recomendaciones de fondos y acabados. Fuente: Unicon, (2008).	153
<i>Anexo 15.</i> Espesor mínimo de garganta. Fuente: Norma COVENIN 1618.	154
<i>Anexo 16.</i> Propiedades mínimas del metal de soldadura, Fuente: Shigley, (1985).	154

<i>Anexo 17.</i> Medidas comerciales de tubos estructurales. Fuente: Material los andes, (2013).	155
<i>Anexo 18.</i> Fuerza de sujeción en prisioneros, Fuente: Norton.	155
<i>Anexo 19.</i> Constante que depende del extremo fijo. Fuente: Mott R. Diseño de elementos de máquinas, (2006).	156
<i>Anexo 20.</i> Medidas de ángulos comerciales. Fuente: Material los andes, (2013).	156
<i>Anexo 21.</i> Dimensiones de motorreductores. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).	157
<i>Anexo 22.</i> Estructura de la caja reductora del motorreductor del sistema giratorio y de ascenso. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).	158
<i>Anexo 23.</i> Lubricantes de cambio de aceite de motorreductores. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).	159
<i>Anexo 24.</i> Tabla de lubricantes. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).	160
<i>Anexo 25.</i> Diagrama de circuito de motorreductores. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).	161
<i>Anexo 26.</i> Conexión eléctrica de motorreductores. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).	162
<i>Anexo 27.</i> Rodamiento punto C SKF 6008-2RS1. Fuente: Skf, (2013).	163
<i>Anexo 28.</i> Rodamiento punto A 6006-2RS1. Fuente: Skf, (2013).	163

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
<i>Apéndice 1.</i> Partida de la construcción.....	165
<i>Apéndice 2.</i> Máquina Paletizadora.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 3.</i> Máquina paletizadora medidas generales.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 4.</i> Sistema de Ascenso.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 5.</i> Carro portabobinas.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 6.</i> Cajón eléctrico.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 7.</i> Sistema giratorio.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 8.</i> Plato.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 9.</i> Ruedas.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 10.</i> Rampa.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 11.</i> Columna de ascenso.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 12.</i> Riel.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 13.</i> Guía de carro portabobinas.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 14.</i> Tope de carro portabobinas.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 15.</i> Lámina delantera.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 16.</i> Puerta.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 17.</i> Base para sujetar cable de acero.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 18.</i> Sujetador.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 19.</i> Gancho de garrucha.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 20.</i> Garrucha.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 21.</i> Soporte de chumacera.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 22.</i> Soporte de motor.	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 23.</i> Eje.....	Error! Bookmark not defined.
<i>Apéndice 24.</i> Tambor.....	Error! Bookmark not defined.

Apéndice 25. Diagrama de arranque directo. ..**Error! Bookmark not defined.**

Apéndice 26. Diagrama de inv. de giro.**Error! Bookmark not defined.**

INTRODUCCIÓN

El alto costo de la mano de obra y el endurecimiento de las normas de seguridad relativas a la manipulación manual son razones de peso a favor de una paletización automatizada de final de línea. Hoy en día las fábricas de mayor renombre mundial han optado por el uso de un sistema totalmente automatizado con ayuda de “Robots” ya que los sistemas automatizados de paletización proporcionan un rendimiento fiable en todo momento, o pueden adaptarse para manipular cajas individuales o pallets completos de mercancías en aplicaciones de mayor producción. Los avances en la tecnología de reconocimiento de productos, incluidos los sistemas de visión y análisis, permiten que los paletizadores robotizados manipulen flujos de mercancías mixtas y puedan crear paletas de productos mixtos.

Estos sistemas son usados en industrias tan diversas como el procesado de productos cárnicos, repostería, bebidas, productos lácteos, alimentos congelados, fabricación de papel y venta al por menor. La paletización sirve para agrupar objetos sobre una superficie plana, para así poder trasladarlos individualmente, esta superficie es llamada mundialmente pallet, y también ayuda a juntar objetos fáciles de desplazar, pero numerosos, cuya manipulación o transporte requerirían mucho tiempo o trabajo. La utilización de los productos paletizados comenzó durante la Segunda Guerra Mundial para la distribución de materiales militares de una manera rápida y eficaz de un lugar a otro. (Moreno, C. 2012).

La empresa Venezolana de Industria Tecnológica C.A. (VIT.), ubicada en la zona franca de Paraguaná, estado Falcón, es una de las empresas del

estado que promueve el desarrollo tecnológico del país, en conjunto con el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias (MPPCTII). VIT. Es una compañía anónima de capital mixto constituida por Venezuela Industrial, S.A. (VENINSA) adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias (MPPCTII) y por la empresa de la República Popular China LANGCHAO GROUP, CO., Ltd., de ShandaRoad, Jinan, en la provincia de Shandong en octubre del año 2005.

Esta sociedad busca fundamentalmente la promoción y el fortalecimiento de las tecnologías de información y comunicación en Venezuela con la finalidad de desarrollar una industria nacional de hardware que genere computadores a bajos costos y con excelente rendimiento y al mismo tiempo que permita alcanzar otras áreas como la producción de equipos de redes de telecomunicaciones, entre otros.

La empresa se encarga de ensamblar equipos de computación para su distribución en Venezuela; donde cada pieza que compone el equipo es certificada para su uso y luego es instalada, además de conectada, estando ya preparadas y chequeadas por los operadores, para así llevar a cabo el ensamblado de los equipos; luego de la obtención de un computador ensamblado se procede a un periodo prudencial de prueba donde, se evalúa el comportamiento del equipo en condiciones no idóneas para su funcionamiento; por último se procede al proceso de embalado donde las máquinas apiladas en sus cajas son envueltas por una película de plástico especial.

El producto final debe ser embalado para brindar a los artículos estabilidad y un aspecto ordenado. Adicionalmente, ofrece efecto impermeable y anti-polvo. Al inicio del proyecto de grado, la empresa VIT realizaba este procedimiento de forma manual debido a que no poseía una máquina paletizadora, por lo que requería mayor tiempo para el embalado de cada paleta y el uso de mayor cantidad de personal, mayor cantidad de materia prima, además creaba fatiga en el obreros siendo este uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta como factor de riesgo laboral, en especial si se requiere desarrollar una fuerza marcada y posturas peligrosas.

La paletización tradicional representa una serie de desventajas ya que es un trabajo pesado, el apilar productos en una plataforma de carga todo el día y todos los días es una tarea muy repetitiva y monótona, que rara vez mantiene el interés del empleado, y afecta a su involucramiento con la cadena de valor. El riesgo que existía era directamente proporcional a la velocidad de la línea, conforme aumentaba dicho factor, se incrementaba el riesgo de sufrir una lesión. Las velocidades de producción eran limitadas, se ha demostrado con frecuencia que es excepcionalmente ineficiente, o poco práctico, tener uno o dos trabajadores intentando embalar el producto, si la velocidad de la línea excedía los 20 ciclos por minuto. Cualquier velocidad mayor a ésta, sería demasiado rápido para los trabajadores, por lo que definitivamente exponía a los trabajadores a lesiones y al producto a deterioro.

Las lesiones que han podido generarse por dicho procedimiento debido a las posiciones hechas por el operador para realizar el embalado de forma tradicional han afectado a los empleados ya que, es un trabajo muy arduo que requiere mucha demanda de trabajo físico. La seguridad y la ergonomía

de los empleados se veía afectada por la envoltura manual ya que es un trabajo extremadamente difícil si se hace correctamente. La forma humana no está diseñada para caminar encorvada cargando un rollo de aproximadamente 3-5 kilos mientras que también está tratando de sacar la suficiente tensión en la película para mantener la carga de la tarima.

A su vez es de considerar la información emitida por Valdez M (2012), donde dice que durante los primeros 3 años de producción, el 80% de los equipos fabricados eran comprados por el gobierno nacional para distribuirlos en diferentes instituciones educativas, de administración pública y misiones. El porcentaje de equipos destinados al gobierno ha bajado progresivamente año tras año, permitiendo al público en general obtenerlas en los distintos puntos de venta del país. En los años futuros la empresa planea producir en el país los componentes para computadores de escritorio y portátiles, para hacer así computadores netamente venezolanos con calidad de exportación. Por lo que se puede concluir que al aumentar la producción de línea se debe generar nuevas alternativas para tener productos disponibles y despacharlos a la misma velocidad que la línea de producción.

Para cumplir con el proyecto de grado se planteó un objetivo general titulado construcción de una máquina paletizadora para la empresa venezolana de industria tecnológica c.a. (VIT), que, cuya restricción era el cumplimiento de objetivos específicos mencionados a continuación: analizar la información técnica requerida para el diseño de una máquina paletizadora, establecer el diseño conceptual de la máquina paletizadora, desarrollar el diseño detallado, realizar el proceso de fabricación y ensamble para finalmente evaluar el funcionamiento de la máquina.

El proyecto de grado es de tipo descriptivo, ya que se narra el proceso de desarrollo de la máquina paletizadora de forma explícita. Para su diseño y construcción se evaluó su importancia que justificaba el diseño y construcción de la máquina

Una de las operaciones más repetitivas en la cadena de distribución es la manipulación física de mercancías. Siempre antes y después de un almacenamiento y de un transporte, por corto que este sea, existe una manipulación. La forma más lógica de reducir este costo es mecanizar las operaciones. Bajo estas condiciones, la mejor forma de reducir la manipulación es lograr mover de una sola vez el mayor número de cajas o productos en general. Esta es la razón de porque paletizar, ya que se logra una unidad de carga superior.

Según CCL (2003), la paletización ha sido considerada como una de las mejores prácticas dentro de los procesos logísticos, ya que permite un mejor desempeño de las actividades de cargue, transporte, descargue y almacenamiento de mercancías; optimizando el uso de los recursos y la eficiencia de los procesos que se realizan entre los integrantes de la cadena de abastecimiento.

Desde el punto de vista práctico se centró, en acelerar el proceso que se lleva a cabo en la fábrica de la empresa VIT para su producto final, las cuales son computadoras eficientes a un costo económico, con la máquina construida se dio rapidez al proceso de embalado, que, ubicado en conjunto con el almacenamiento se encuentran luego del proceso del ensamblado, se cambió el proceso de paletizado o embalado manual donde una o más personas toma la película de plástico especial para embalado (stretch film) y

envuelve las cajas apiladas, haciendo de este un proceso lento y agotador, lo que daba como resultado pérdida de tiempo en el proceso y agotamiento del personal encargado de esta tarea, con la máquina paletizadora, se automatizó el proceso, por tanto se aceleró y disminuyó el esfuerzo humano requerido para este trabajo.

Desde el punto de vista teórico el diseño de la máquina, constituyó varias fases, cada una de ellas fueron indispensable para obtener el producto final, que cubrió determinadas exigencias, y así, se constituyó una referencia para futuras investigaciones sobre el tema.

Desde el punto de vista económico, se evidencia en beneficios en términos de productividad y en el aumento de la eficiencia de los procesos: la reducción en el tiempo de embalaje de la mercancía, representa mayor disposición del producto final en almacén esperando su distribución en el mercado.

Según Norveg S.A., Las empresas que envuelven en forma manual al cambiar por aplicación con película estirable con envolvedoras tienen ahorros significativos en la cantidad usada de película y la envoltura con equipo es más fácil y segura, y al mismo tiempo disminuyó sustancialmente la cantidad de daños y mano obra, el costo de la envolvedora se paga fácilmente, incluso con solo 10-15 tarimas/cargas por día.

La envoltura es más uniforme y consistente por lo que existe un mayor control en la calidad del proceso de aplicación asegurando así un manejo de cargas/tarimas en la cadena de distribución desde la fábrica o centro de

distribución a los centros de comercialización. La envoltura con una máquina envolvente deja un producto limpio con un acabado profesional. El acabado permite una mejor impresión visual para su cliente.

Control de daños, la envoltura en máquina es consistente la cual permite reducir los riesgos a diferencia de la envoltura manual la cual puede estar bien aplicada o no.

Su importancia se debe a que la máquina no existía en la fábrica y se usaba mayor personal y tiempo, al requerido actualmente. Además se consideraba una necesidad debido al aumento de producción de equipos por turno, siendo esta una máquina necesaria, la empresa no planeaba costear la compra de una máquina paletizadora teniendo las herramientas y locación necesaria para su construcción con la finalidad de generar el menor gasto posible y mayor aprovechamiento de sus recursos.

En esta investigación se construyó una máquina paletizadora que mejoró la forma de paletizar en la fábrica, obteniendo resultados como menor uso de personal, donde este puede trabajar de una manera más eficiente y rápida sin sufrir de fatiga por esta actividad repetitiva en una posición no ergonómica, la cantidad de rollos de stretch film utilizados al mes disminuyó de manera significativa reduciendo costos, mejoró notablemente la calidad de embalado y un sinfín de resultados positivos. La máquina construida es de tipo semi-automática, en estas sólo interviene el operario para colocar la película de film estirable sobre la tarima y la máquina envolvente realiza el resto del proceso. Es una máquina más acorde a las necesidades de la gran mayoría de las empresas.

Las máquinas paletizadoras en su gran mayoría son máquinas compuestas de una plataforma y una columna, donde se realiza la acción de giro y recorrido del cabezal. La planta VIT, está concebida para producir 120 mil computadoras por turno al año. La empresa podría llegar a tener 3 turnos, produciendo la capacidad máxima de 360 mil procesadores anuales información obtenida por la empresa. La cantidad de productos paletizado diario varía entre 90 a 120, dependiendo este de los pedidos obtenidos, donde cada pallet tiene entre 72 a 78 computadoras. El espacio donde se realizaron los estudios para el diseño fue en una oficina de la empresa VIT y la construcción de la maquina paletizadora se construyó en el taller de fabricación ubicado en la planta de VIT de Punto Fijo, dado que la empresa poseía la mayoría de los equipos y herramientas requeridas para el ensamble de la máquina, en un lapso de tiempo de 22 semanas, desde el 03 de octubre de 2012 hasta el 25 de Abril de 2013.

Las actividades realizadas en el proceso de construcción de la máquina fueron las siguientes: obtención de la documentación necesaria de máquinas paletizadoras; determinación de los requerimientos de diseño; evaluación de las alternativas de diseño; selección de diseño; desarrollo de sistemas de cálculos; elaboración de los planos de diseño en un software CAD; realización del proceso de fabricación; ejecución del proceso de ensamblado; estimación de costos; evaluación del funcionamiento de la máquina.

CAPÍTULO I

DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño conceptual es una parte fundamental en el proceso de diseño de una máquina ya que en este se generan las posibles alternativas a tomar en cuenta para el diseño final. En primer lugar se deben tomar en cuenta los requerimientos planteados para solucionar el problema, la necesidad a cubrir en este caso es la construcción de una máquina paletizadora para la empresa VIT. C.A. y los requerimientos planteados para el diseño de la misma se presentan a continuación.

1.1. Fundamentos teóricos

Se debe tener bien claro toda la terminología que a este lo acompaña, desde el significado y aplicación de cada componente de la máquina como lo relacionado a este, por lo que serán brevemente descritos.

1.1.1. Pallet

Según Salazar (2010), el "Pallet", "Paleta" o "Estiba" es una plataforma horizontal puede ser de madera o plástico, (Ver figura 4), estas tienen una estructura definida a las necesidades de mercado, de altura mínima compatible con los equipos de manejo de materiales (montacargas, estibadores o transpaletas), usada como base para el ensamblaje, el almacenamiento, el manejo, el transporte de mercancías y cargas, permitiendo manipular y almacenar en un solo movimiento varios objetos poco manejables, pesados o voluminosos. Su medida por lo general es de 1.20x120 mts. O 1.10x1.20 mts.



Figura 1: Pallets. Fuente: T.O. Pallet (2008)

1.1.2. Paletizar

Paletizar consiste en agrupar sobre una superficie (paleta o estiba) una cierta cantidad de productos, con la finalidad de conformar una unidad de manejo que pueda ser transportada y almacenada con el mínimo esfuerzo y en una sola operación. (Salazar, 2010).

1.1.3. Paletizadora

También son conocidas como máquinas envolvedoras, la paletizadora es empleada principalmente en procesos de empaque en pilas con película elástica envolvente, brindando a los artículos estabilidad y un aspecto ordenado. Adicionalmente, ofrece efecto impermeable y anti-polvo.

Puede disminuir la intensidad de mano de obra para procesos de empaque; mejora la eficiencia de trabajo, ofreciendo una solución ideal para modernización de procesos de una compañía. Las máquinas paletizadoras pueden ser automáticas o Semi-automáticas:

- **Paletizadoras semiautomática:**

Estas sólo interviene el operario para colocar la película de film estirable sobre la tarima y la maquina envolvedora realiza el resto del proceso. Son máquinas más acorde a las necesidades de la gran mayoría de las empresas: por diversidad de precios, por diversidad de complementos y se ajustan perfectamente a las necesidades de las industrias o complementan la producción de grandes industrias.

En su gran mayoría son máquinas compuestas de una plataforma y una columna, donde se realizan la acción de giro y recorrido del cabezal (Ver figura 2).



Figura 2: Máquina Paletizadora semiautomática. Fuente: Reo-pack (2011)

- **Paletizadoras automáticas:**

Realizan un proceso enteramente mecánico, la mano del operario interviene, solo para reponer el stretch film, la máquina se encuentra en un sistema de producción con líneas transportadoras, flejadoras, envolvedoras de paletas. (Ver figura 3).



Figura 3: Máquina paletizadora automática. Fuente: Schrouder (2013)

1.1.4. Stretch Film

Es un material flexible y transparente de LLDPE (en inglés polietileno lineal de baja densidad) que ha nacido para envolver los palets y asegurarlos para el transporte además de protegerlos contra los agentes atmosféricos y el polvo, la otra aplicación de este material es para uso alimentación (para el envoltimiento de alimentos) en sustitución del PVC. (Ver figura 4).

Se presenta en la mayoría de los casos en bobinas transparentes con micrajes variables desde 12 hasta 50 micras y ancho de 500 mm (aunque para algunas aplicaciones se rebobina con anchos inferiores o superiores) y peso variable según las dimensiones y el uso (si es uso manual la bobina no

excede los 5 kg.) en el caso del film para uso genérico, mientras para el uso alimentación el ancho de la bobina varía en función del producto que hay que envolver. **(ABC-Pack, 2008).**



Figura 4: Stretch Film. Fuente: No-EI (2010).

1.1.5. Almacenamiento

Según August Casanovas (2003), el almacenamiento se realiza de forma primordial, a la máxima reducción de circulación interna, por lo cual a pesar de que sea viable que se establezca un recorrido largo de distribución que abastezca a todos los lugares de almacenamiento, será conveniente por razones de eficacia establecer una vía de menos longitud para el acceso a los materiales de alta rotación y a los que ya están preparados para la distribución y situar los de mayor peso, los de escasa rotación y los de reserva en la zonas adyacentes o zona más distantes.

1.1.6. Almacén

Según Eduardo Arbones (1990), El almacén es un lugar especialmente estructurado y planificado para custodiar, proteger y controlar los bienes de activo fijo o variable de la empresa, antes de ser requeridos para la administración, la producción o la venta de artículos o mercancías. (Ver figura 5).



Figura 5: Almacén. Fuente: Epws (2008).

1.1.7. Montacargas

Todo mecanismo de transporte vertical equipado con un carro cuyo uso se limita exclusivamente para el transporte de materiales. (COVENIN 624-72), (Ver figura 6).



Figura 6: Montacargas. Fuente: Alfa (2010)

1.2. Información técnica de las máquinas paletizadoras

En la actualidad existe una gran variedad de máquinas paletizadoras, desde las más sencillas y económicas, hasta las de alta gama, completamente automática, la mayoría tiene modelos similares pero cada una posee diferentes características patentadas.

1.2.1. Paletizadoras Semi-Automáticas en el mercado.

Entre las marcas más conocidas se encuentran: Robocap, Wulftec, Italdibipack Group, Plasticband Tech, Belca, Sotemapack, Youngsun, Orion, Fuji Robotics, Packmore.

Según Mcalbo, empresa dedicada a la venta de equipos paletizadores y relacionados, los modelos más usados de las máquinas paletizadoras son los de base giratoria, los de brazo móvil, y las máquinas paletizadoras móvil.

Estas serán descritas con las características que ofrece el mercado para comparar la diferencia entre modelos comunes y fábricas distintas con la finalidad de aprovechar lo mejor de cada una.

1.2.1.1. Máquina paletizadora de base giratoria con pre-estirado, Wulftec

Según NATURALPACK (2010), Se basan en un sistema de base giratoria más que todo, las características adicionales dependen de la tecnología aplicada en la fábrica de creación. Estas máquinas por su sencillez son de tipo económicas comparando con otros modelos más complejos, su precio

oscila entre 5000 a 10000 US\$ dependiendo de las características que esta posea y la marca. (Ver figura 7).



Figura 7: Máquina Envolvedora de Plataforma Giratoria Wulftec.
Fuente: Naturalpack (2010).

Características generales:

- Capacidad de 3000 lbs.
- Base de 50.8 in.
- Diámetro Max. Tarima: 50 x 50 x 80 in.
- Pre-estirado de 50 a 200% Fijo.
- Otros Pre-estirados se venden por separado.
- Rodillos Garantía de por vida.
- Cabezal de inserción fácil de película.
- Fococelda.
- Panel PLC Allen Bradley.
- Control Vueltas arriba/abajo (1-2-3).
- Control de velocidad Tornamesa (10 rpm).
- Rampa Opcional.

1.2.1.2. Máquina paletizadora de brazo giratorio Modelo Mhfg 2300a. Youngsun.

Las máquinas envolvedoras de este tipo poseen un brazo giratorio semiautomático con que realiza el proceso de envoltura. Están especialmente indicadas para envolver paletas sumamente inestables.

Éstas se colocan debajo del envolvedor y entonces el brazo gira alrededor de la paleta y la envuelve cuidadosamente con la película de film. Este tipo de máquinas debido a sus características tienden a ser más costosas que las máquinas de base giratoria, los precios pueden variar. (Ver figura 8).

Características generales.

- Operación silenciosa.
- Brazo Rotatorio con contrapeso.
- Carro pre-estirador de 20".
- Pre-estirado de 50 a 300% Fijo.
- Otros Pre-estirados se venden por separado.
- Rodillos Garantía de por vida.
- Velocidad del brazo rotatorio hasta 12 rpm.
- Flexibilidad para dimensiones de carga.
- Sin límite para el peso de la carga.
- 40 - 50 cargas por hora.
- Costo: 18460 US\$.



Figura 8: Máquina envolvedora de brazo rotatorio Wultfec. Fuente: Natural pack. (2010)

1.2.1.3. Máquina paletizadora móvil modelo giratondo Packmore.

Según McALBO, Las máquinas envolvedoras móviles son utilizadas en lugares donde se requiera una operación ágil. Tiene la versatilidad de llevarse donde se encuentra la tarima con el producto a envolver. En este caso la tarima con producto permanece inmóvil mientras la máquina opera girando la misma alrededor de la tarima, simultáneamente hace subir y bajar el plástico para paletizar de forma que se proteja y sujete el producto. (Ver figura 9).

Características generales.

- Tecnología Italiana.
- Operación simple y segura.
- Máquina paletizadora totalmente automatizada.
- Ayuda a aplicar Stretch Film o Plástico para paletizar y AirOFilm hasta alturas de 2.8 metros.

- Disponible en tres diferentes alturas: 2.0 metros, 2.4 metros y 2.8 metros
 - Tiene un sistema electro mecánico para hacer subir y bajar el carro porta bobina.
 - Sistema de corte de material.
 - Sistema de Pre Estiramiento para material de hasta un 200%.
- Utilizable solo con Stretch Film o AirOStretch.
- Mantenimiento Simple.



Figura 9: Máquina paletizadora movil modelo girotondo. Fuente: Mcalbo (2010).

1.3. Requerimientos de la empresa.

Los requerimientos puntuales de la empresa Venezolana de Industria Tecnológica, C.A. son los siguientes:

- Una máquina paletizadora que signifique un ahorro considerable en comparación a una en el mercado actual.

- La empresa considera que mientras más sencillo sea su manufactura, más económico saldrá, por dicha razón este un parámetro importante.
- La eficiencia es un elemento prioritario, requieren que mejore totalmente el procedimiento actual de paletizado, que posea un alto desempeño
- Prolongada vida útil.
- La seguridad es un factor importante para la empresa, requieren una máquina que genere confianza, y mantenga la integridad física del operador.

1.4. Parámetros de diseño.

Los parámetros de diseños usados dependen de la característica de las paletas a embalar, ubicación y película de embalaje.

- Altura de aplicación: 1.94 m.
- Peso de aplicación: 300 kg.
- Tensión del stretch film: 250 % nivel de stretch.
- Espesor del stretch film: 20 micras.
- Altura del stretch film: 0.50 m.
- Diámetro del rollo de stretch film: 0.07 m.
- Peso del rollo de stretch film: 4 kg.
- Rango de comportamiento de la temperatura: 0 - 40 °C.
- Ancho del palet: 0.150 m.
- Base del palet: 1.20 m.
- Altura del palet: 1.20 m.
- Rpm: 12 rpm.

Las paletas embaladas por día varían dependiendo de las órdenes pendientes de computadoras, por lo que oscilan entre 96 y 120 tarimas paletizadas. Se realizó una prueba no estructurada, donde se mide el tiempo con dos operadores del almacén, cada uno embalando 5 palets, con la finalidad de obtener el tiempo promedio de embalado (Ver tabla 1).

Tabla 1. Tiempo de Paletizado de forma manual.

		Tiempo de Paletizado (Seg)						
		Palet	1	2	3	4	5	Prom
Operador	1		48.00	34.00	44.62	64.82	53.74	49.04
	2		47.02	49.3	51.14	66.74	96.82	62.20
								55.62

Fuente: Propia (2012).

Como resultado se obtiene un promedio de 55.62 segundos de paletizado realizando una envoltura de dos recorridos dígase, hacia arriba y hacia abajo, normalmente el embalado en el almacén de la empresa se realiza de un recorrido. Además el tiempo de paletizado varía debido a la fatiga del operador. Causas como vértigo, cansancio y espasmos originan un descanso aproximado de dos minutos luego de embalar 4 paletas y según lo evaluado la calidad del paletizado se ve afectada ya que no resulta ser consistente ni con la tensión adecuada debido a la fuerza ejercida por los operadores, generando una mala presentación.

Es necesario recalcar que la medida del palet para la prueba fue de 1.6 metros, siendo este uno de los más pequeños ya que el palet más grande llega a tener una altura un poco menor a dos metros.

1.5. Consideraciones de diseño.

Las consideraciones de diseño, establecen una serie de criterios que permite la evaluación necesaria a todos los elementos implicados en el diseño y construcción de la máquina paletizadora, con el fin de garantizar el funcionamiento de esta, proporcionando una máquina segura y que facilite el proceso de embalado al operador.

A continuación se presentara de forma explícita, ciertos criterios a evaluar, que fueron tomados del libro “Diseño de elementos de máquinas” de Robert Mott (2006).

- **Seguridad.**

La seguridad es un parámetro que debe tener prioridad a la hora de diseñar una máquina, tanto para la integridad de la máquina como para el operador en turno. El diseño y fabricación de la máquina debe ser tal que no presente condiciones inseguras en su operación, debido a esto los elementos de mayor carga se les hace el estudio por medio de cálculo para determinar factores de seguridad con el fin de garantizar un funcionamiento adecuado.

- **Desempeño.**

Se puede especificar que el desempeño de un proceso se mide en relación a la cantidad de recursos, ya sea energía, insumos, mano de obra y otros, que se utilizan para obtener el producto final. Se requiere que la maquina a construir genere un mayor volumen de tarimas paletizadas a un menor costo, dícese disminuyendo la cantidad de rollos de stretch film.

- **Facilidad de manufactura.**

Este criterio se refiere a la presencia de maquinarias y equipos necesarios para facilitar y optimizar la fabricación de la máquina en el tiempo previamente establecido.

- **Economía.**

Este criterio va dirigido al bajo costo inicial y a bajo costos de operación y mantenimiento. Por parte del bajo costo inicial, se puede aprovechar la disposición de recursos presente en la empresa, tales como ciertos equipos de construcción, maquinarias y herramientas disponibles en el taller.

Los bajos costos de operación y mantenimiento van referidos a la fabricación con materiales que sean económicos pero con una vida útil prolongada.

- **Fácil mantenimiento.**

La máquina deberá poseer características de diseño que facilite el cambio de piezas al ser desgastadas y que se encuentren en el mercado a un precio económico.

1.6. Alternativas de diseño

Existen distintos modelos, dependiendo básicamente del ritmo de producción a alcanzar, así como de los formatos y especificaciones de cada producto, según el ritmo de la producción se puede alternar entre un proceso de paletización automático o semi-automático.

A continuación se presentan dos propuestas de diseños las cuales serán evaluadas, con los parámetros previamente establecidos, de esta forma seleccionar el que cumpla con la mayoría de las exigencias de la empresa. Se debe recalcar que solo se toma en cuenta máquinas paletizadoras semi-automáticas debido a que estas se adaptan mejor a las necesidades de la empresa.

1.6.1.1. Alternativa 1. Máquina paletizadora de brazo giratorio.

Las máquinas envolvedoras de brazo giratorio son ideales para envolver tarimas de producto con poca estabilidad, ya que en este caso la tarima se encuentra en un solo punto, mientras que la máquina hace girar un brazo alrededor de la misma, simultáneamente hace subir y bajar el plástico para paletizar de forma que se proteja y sujete el producto.

El brazo giratorio es un mecanismo que impulsado por un eje motriz acoplado a un motor, permite a la bobina de stretch film girar alrededor de la carga mientras se realiza el proceso de envoltura, la cual tiene que desplazarse a lo largo de la longitud del brazo giratorio ya sea por un mecanismo de tornillo sinfín o de elevación de cadenas y contrapeso. Velocidad de envoltura intermedia, la carga permanece sin movimiento. (Ver figura 10).

Características Técnicas de alternativa 1:

- Brazo rotatorio con contrapeso.
- Velocidad de brazo rotatorio de 12 RPM.
- Sin límites para el peso de carga.

- 40 cargas por hora.

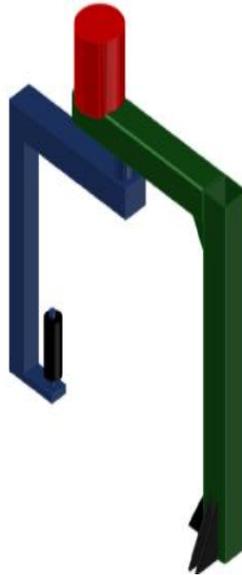


Figura 10. Máquina paletizadora de brazo giratorio. Fuente: Propia

1.6.1.2. Alternativa 2. Máquina envolvente de base giratoria.

Las máquinas envolventoras de plataforma giratoria hacen girar la tarima con el producto sobre una plataforma, simultáneamente hace subir y bajar el plástico gracias a un carro guiado por una columna a la altura del pallet dispuesto en el plato para paletizar de forma que se proteja y sujete el producto.

El plato giratorio es un sistema que hace girar la paleta mientras gracias a una fuente motriz y un mecanismo de transmisión de potencia ya sea por

poleas o cadenas, para que se realice el proceso de envoltura. La velocidad de envoltura es baja, y la carga gira. (Ver figura 11).

Características Técnicas de alternativa 2:

- Capacidad de 300 Kg.
- Base de 1.65 m.
- Diámetro. Max. Tarima: 1.20X1.20 m.
- Cabezal de inserción fácil de película.
- Tablero de control de procesos.
- Rampa

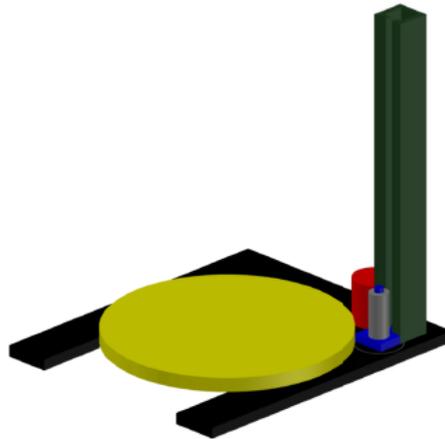


Figura 11: Máquina paletizadora de base giratoria. Fuente: Propia, (2012).

1.6.1.3. Evaluación de alternativas de diseño

Luego de tener las alternativas de los diseños potencialmente factibles, se debe seleccionar la alternativa que obtenga una mayor puntuación, basándose

en las consideraciones de diseño. Para la evaluación de la alternativa en esta sección se optó por usar una matriz de selección como lo recomienda el autor Robert Norton (2006), esta matriz ayuda a identificar la mejor decisión debido a que se consideran varios factores de manera sistemática.

Cada diseño ocupa una fila en la matriz, a las columnas se les asignaron los parámetros de diseños evaluados y un factor de ponderación. La clasificación será valores en la escala del 1 al 10, siendo 1 el criterio más bajo en la evaluación y 10 el más alto, en cada una de las categorías. Los parámetros a evaluar serán los criterios basándose en las consideraciones descritas anteriormente según R. Mott.

Tabla 2: Evaluación de alternativas para el diseño de la máquina paletizadora.

Parámetros de diseño	Seguridad	Desempeño	Facilidad de Manufactura	Económico	Fácil Mant.	Rango
Factor de ponderación	30%	15%	10%	30%	15%	100%
Diseño 1	7	9	6	6	7	35
	21%	13.5%	6%	18%	10.5%	69%
Diseño 2	8	7	7	8	8	38
	24%	10.5%	7%	24%	12%	77.5%

Fuente: Propia, (2012).

Las alternativas fueron estudiadas y evaluadas por el ingeniero gerente de almacén de la empresa VIT, por dos operadores y por los autores del proyecto de grado, estas evaluaciones fueron promediadas teniendo como resultado la tabla N°2.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la alternativa seleccionada para la construcción de la máquina paletizadora fue la N°2. Por presentar una mayor calificación en cuanto a la seguridad, ya que, existe menos riesgo de que el operador resulte lesionado en el momento que se realiza el proceso de paletizado, esta alternativa resulta ser mucho más sencilla de construir que la alternativa uno, debido a la complejidad del diseño, económicamente es viable ya que el costo inicial y el de mantenimiento es bajo.

La alternativa N° 2 cumple todos los requerimientos de la empresa y condiciones de diseño. La máquina paletizadora de base giratoria como antes se mencionó, tiene un brazo fijo, donde asciende y desciende un carro porta bobinas que a su vez tiene la base que gira, siendo una maquina paletizadora de base giratoria, aclarando la función de la máquina paletizadora se prosigue a evaluar las alternativas para el diseño del mecanismo.

1.6.2. Selección de alternativas en el diseño de mecanismos de la máquina paletizadora.

La máquina paletizadora de base giratoria, semiautomática, que se desea construir, aportara a la empresa VIT., un sistema de paletizado adaptado a las necesidades de la empresa por lo que para ello, se estudiara que mecanismo de transmisión es adecuado para la máquina paletizadora de base giratoria.

Este tipo de máquinas cuentan con dos sistemas uno con un brazo donde se ubica el carro porta bobina (rodillo), que se mueve de forma vertical y otro con una base que gira. Existen diferentes tipos de mecanismos de

transmisión, Se evaluó mínimo dos mecanismos por cada sistema, la selección fue realizada de forma similar a la selección del tipo de máquina a diseñar. Las selecciones se dividieron por mecanismo de giro del plato, mecanismo de ascenso de la porta bobina y el accionamiento de los sistemas.

1.6.2.1. Mecanismo de giro del plato.

1.6.2.2. Alternativa 1. Motor reductor acoplado directamente en el plato.

Esta alternativa ofrece evitar un sistema de transmisión por cadenas, engranes o bandas, es muy simple y quedaría un plato a nivel del suelo, su debilidad se basa en la dificultad de mantenimiento ya que para ser directo debe ubicarse debajo del suelo, el generar un agujero con las medidas requeridas para empotrar el motorreductor genera demora y complicaciones en la empresa, lo que hace tardía la construcción, además el tipo de motor reductor sin fin corona, que es el requerido para poder tener la salida de eje adecuada es uno de los más elevado.

Los motores reductores ofrecen alto torque y esfuerzos radiales admisibles, fácil mantenimiento, larga vida útil, baja vibraciones y ruidos, y la capacidad de disminuir la velocidad a 12 rpm como se indica en las consideraciones de diseño de una manera segura y eficiente.

Entre sus desventaja se encuentra su alto costo, al ubicar el motor de manera empotrada (por debajo de la superficie), se requeriría de otro sistema que genere movimiento en el sistema de ascenso, lo que aumenta el costo

del diseño y la necesidad de realizar otros estudios y procedimientos para poder excavar y darle ubicación al motor reductor.

1.6.2.3. Alternativa 2: Sistema de catarinas y cadenas.

Las cadenas se utilizan para transmitir potencia entre dos ejes paralelos. Son empleadas en sistemas donde se requiera transmitir potencia a una longitud relativamente grande, la cadena a usar será del tipo estándar de rodillo simple, esta maneja una eficiencia de 98%, casi la misma que la transmisión de engrane a un menor costo, absorben más vibraciones que los engranes y poseen la ventaja de que su vida útil es prolongada.

Al usar el sistema de cadena y catarinas, el movimiento lo acciona un motor reductor de engranes helicoidales del tipo coaxial uno de los más económicos y eficientes, ya que este tiene la capacidad de reducir las grandes velocidades que traen los motores de una manera eficiente y segura, la ventaja de esta alternativa es que es eficiente, y de fácil mantenimiento.

Tabla 3. Matriz de evaluación de las alternativas para el diseño del mecanismo del plato giratorio

Criterios	Factor de ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2	
Resistencia	0.05	8	0.04	7	0.035
Confiabilidad	0.1	8	0.08	8	0.08

Cont. Tabla 3

Condiciones térmicas	0.1	4	0.04	7.5	0.075
Desgaste	0.05	8	0.04	7	0.035
Fricción	0.1	8	0.08	7	0.07
Costo	0.15	4	0.06	9	0.135
Seguridad	0.15	7	0.105	7	0.105
Ruido	0.05	8	0.04	8	0.04
Lubricación	0.15	8	0.12	9	0.135
Mantenimiento	0.1	8	0.08	8	0.08
Total	1	0.685		0.79	

Fuente: Propia. (2012).

Las consideraciones de diseño se basan en las que presenta Shingley ya que son aplicables para dicha selección, los resultados de la matriz arrojan como favorecedora la alternativa 2, debido a que sus rangos son superiores o similares a la alternativa 1 en la mayoría de los casos, la resistencia de las catarinas con cadenas aunque se evaluó con 7 puntos aun se considera muy buena, las cadenas son una alternativa muy confiable en la mayoría de las maquinas existen mecanismos de cadenas, las cadenas soportan las condiciones térmicas en las que se encontraran, muy diferentes a las condiciones térmicas que sufriría la alternativa 1, las cadenas tiene una vida útil amplia y aunque puede vencerse y estirar sus eslabones, es sencillo el reemplazo de estas, sin necesidad de perder por completo una cadena, las cadenas por lo general son costosas pero comparando su eficiencia es

rentable, es un sistema mecánico seguro, al actuar la maquina paletizadora a baja velocidad no requiere de un sistema de lubricación, si no que cada determinado tiempo se debe lubricar de forma manual.

1.6.2.4. Mecanismo de la columna de ascenso.

1.6.2.5. Alternativa 1: Cadenas.

La cadena se ubica entre dos catarinas, impulsadas por un motorreductor. Entre las ventajas se encuentra que no presentan deslizamiento, es compacta y no requiere tensión inicial como en las correas, si está bien diseñada es mucho más duradera que las correas, ante una rotura de una o varios eslabones es de fácil arreglo, son poco sensibles al medio que trabajan, teniendo otro punto a su favor la oportunidad de automatizar el proceso modificando a gusto el ritmo de embalaje de este por medio de variadores de frecuencia.

Entre sus desventajas se encuentra su alto costo comparativamente con las bandas, a bajas velocidades pueden saltar, requieren un buen mantenimiento, con limpiezas periódicas y lubricación adecuada. Además requieren de dos catarinas que aún resulta ser costosas.

1.6.2.6. Alternativa 2: Tornillo Sin Fin.

Este sistema consta de un tornillo sin fin acoplado a un motor eléctrico por medio de un sistema de engranajes reductores que trasmite movimiento de giro al tornillo, en donde la rosca del tornillo engrana con la rosca interna del carrito deslizante que transporta el stretch film de forma ascendente y

descendente, ubicado en un eje con tubos lubricados en forma de riel, que faciliten el movimiento.

La diferencia que presenta el tornillo sin fin comparándolo con las otras dos alternativas es que esta genera movimiento entre ejes perpendiculares y no requerirá de arreglos con engranes cónicos para transmitir la potencia. Entre su ventaja se encuentra que es silencioso mientras que su diseño, fabricación y funcionamiento son correctos.

Su desventaja parte del alto costo que tienen la familia de engranes, requiere lubricación y que de ser usado tornillo sin fin se requerirá que tenga una longitud de 2 metros y que el sistema de ascenso solo podrá hacer un recorrido.

1.6.2.7. Alternativa 3: Cables de acero (Guayas).

El mecanismo de ascenso del stretch film, funciona mediante un tambor que gira por acción de acople a un motorreductor, el cual suelta y recoge el cable de acero, haciendo que el carro porta bobina se desplace a lo largo de una distancia vertical de 2 metros, estando el tambor ubicado en la parte inferior de la columna, este sistema hará la acción de ascenso y descenso por medio de una polea ubicada en la parte superior de la columna en la cual el cable de acero se flexiona y luego se acopla o amarra al carro porta bobina del stretch film.

Este sistema posee la principal ventaja de ser económico, duradero y resistente ya que el cable está forrado con una película plástica esta no

permita que el cable sufra daños perjudiciales que causarían la falla total del sistema, componentes que prácticamente no requieren mantenimiento, y accesibles en el mercado, para apreciación de la evaluación global de cada sistema donde se realiza un análisis comparativo ver tabla 4.

Tabla 4. Matriz de evaluación de las alternativas para el diseño del mecanismo de ascenso.

Crterios	Factor de ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Resistencia	0.05	8	0.04	9	0.045	7	0.035
Confiabilidad	0.1	7	0.07	8	0.08	8	0.08
Condiciones térmicas	0.1	5	0.05	7	0.07	10	0.1
Desgaste	0.05	4	0.02	6	0.03	4	0.02
Fricción	0.1	9	0.09	7	0.07	10	0.1
Costo	0.15	4	0.06	3	0.045	10	0.15
Seguridad	0.15	8	0.12	8	0.12	6	0.09
Ruido	0.05	4	0.02	6	0.03	10	0.05
Lubricación	0.15	3	0.045	5	0.075	10	0.15
Mantenimiento	0.1	5	0.05	6	0.06	8	0.08
Total.	1	0.565		0.625		0.855	

Fuente: Propia. (2012).

Según los resultados arrojados por la matriz la alternativa 3 resulta ser conveniente para la maquina paletizadora, superando esta alternativa a la 1 y a la 2 en las siguientes consideraciones: condiciones térmicas, fricción, costo, ruido, lubricación y mantenimiento.

1.6.2.8. Evaluación de las alternativas del mecanismo del plato y columna de ascenso.

La evaluación de las alternativas se realiza basándose en las propuestas por Shingley y no las de Robert Mott que fueron consideradas para el diseño de la máquina ya que, Shingley ofrece consideraciones de diseño más detalladas para un mecanismo. Tales consideraciones son: resistencia, confiabilidad, condiciones térmicas, desgaste, fricción, costo, seguridad, ruido, lubricación y mantenimiento.

La matriz de decisión está basada con el mismo criterio que la anterior, con el criterio de Robert Norton, la clasificación de diseño se evaluará con una escala del 1 al 10. (Ver tabla 3 y 4).

Según los resultados arrojados por la tabla 3 se selecciona la alternativa 2 para el mecanismo de giro del plato; dados los resultados en la tabla 4 la alternativa 3 resulta la más factible siendo un sistema de ascenso mediante cables de acero el idóneo para la elevación del carro portabobina, siendo los mecanismo impulsados por dos motor reductores de engranes helicoidales del tipo coaxial, los motor reductores tiene alta capacidad de potencia, larga vida útil, optima relación de torque. Las alternativas seleccionadas darán como resultado una máquina paletizadora sencilla de usar, segura y con

facilidad de mantenimiento, además de ser construida con piezas fáciles de reemplazar y de ubicar en la zona.

CAPÍTULO II

DISEÑO DETALLADO DE LA MÁQUINA PALETIZADORA.

Con la elección previa del diseño a desarrollar, surge la fase de diseño detallado, este capítulo es el más complejo a desarrollar, ya que se realizan los cálculos necesarios para la selección de cada material y componente de la máquina. Este capítulo se dividirá en tres partes; sistema mecánico, sistema estructural y eléctrico.

2.1. Sistema mecánico.

2.1.1. Equipo impulsor.

El sistema mecánico está constituido por un sistema de poleas con cable de acero y un sistema de ruedas dentadas y cadenas, impulsado por dos motorreductores respectivamente.

Los motorreductores, son usados como impulsor ya que la reducción por sistema de engranes, sistema de cadenas, poleas, etc., es demasiado costosa debido a que el factor de reducción que se necesita es elevado por las velocidades muy altas que traen los motores comerciales. Los motorreductores tiene la característica de presentar una caja de engranes pequeña, que cumple con la función de reducir la velocidad de una forma eficiente, constante y segura. Las ventajas de usarlos son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.

- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido.

Para la selección de los motorreductores adecuados para cada sistema se consideran los siguientes datos iniciales.

- **Pallet:**

Altura (h): 2000 mm.

Base (b): 1200 mm.

Ancho (a): 1200 mm.

Peso del pallet (M_{pallet}): 300 kg.

- **Plato:**

Radio (r): 850 mm.

Espesor (t): 6 mm.

Peso del plato (M_{plato}): 108.174 kg.

- **Carro porta bobina:**

Peso del pallet (M_{carro}): 20.295 kg.

Peso del pallet ($M_{\text{stretchfilm}}$): 18 kg.

Tiempo de ascenso (t_a): 38 seg.

Distancia de recorrido: 1500 mm.

Para determinar la potencia requerida se necesita conocer el torque, siendo la ecuación.

$$T = I * \alpha$$

Siendo:

I: Momento de inercia

α : aceleración angular

Ec. 2: Aceleración angular

$$\alpha = \frac{W_o - W}{t}$$

$$\alpha_1 = 0.314 \frac{1}{s^2}$$

Ec. 3: Momento de inercia

$$I_1 = I_{pallet} + I_{plato}$$

Para la ecuación del momento de inercia el palet se toma como una figura rectangular y el plato como una circular (ver anexo 1).

$$I_{pallet} = \frac{m_{pallet}}{12} * (b^2 + h^2 + a^2)$$

$$I_{pallet} = 172 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{plato} = \frac{1}{4} * m_{plato} * r^2$$

$$I_{plato} = 19.539 \text{ kg.m}^2$$

$$I = 191.539 \text{ kg.m}^2 = 1.915 \times 10^8 \text{ kg.mm}^2$$

$$T_1 = 191.539 \text{ kg.mm}^2 * 0.314 \frac{1}{s^2}$$

$$T1 = 60.174 \text{ N.m} = 6.017 \times 10^4 \text{ N.mm}$$

Ec. 4: Potencia

$$P = T * W$$

$$P1 = 60.174 \text{ N.m} * 12 \text{ rpm}$$

$$P1 = 0.101 \text{ hp}$$

El subíndice 1 se denota para la base giratoria y 2 para el mecanismo de ascenso.

$$M2 = M_{\text{carro}} + M_{\text{stretchfilm}}$$

$$M2 = 38.295 \text{ kg}$$

Ec. 5: Fuerza

$$F = M * g$$

Siendo g la gravedad = 9.8 m/seg²

$$F2 = 38.295 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

$$F2 = 375.21 \text{ N}$$

Para obtener la potencia requerida para elevar el carro de ascenso se utiliza la ecuación 6.

Ec. 6: Potencia 2

$$P = F * V$$

Siendo V la velocidad, igual a la distancia entre el tiempo de recorrido dando como resultado 0.039 m/s y así se dice que la potencia requerida es de 0.02 hp.

Para la selección del torque en el sistema de ascenso se considera una polea de 3 pulgadas en las poleas de los cables de acero, teniendo una velocidad angular de 9.894 rpm aproximadamente 10 rpm, siendo la deseada. Teniendo el torque mediante la ecuación 7.

Ec. 7: Torque 2

$$T = F * \frac{d}{2}$$

$$T2 = 14.299 \text{ N} * \text{mm}$$

Siendo los torques totales requeridos por cada sistema $T1$ y $T2$, para la selección del motor se basa en el torque requerido. Existen varios modelos de motor reductor dependiendo de su tren de engranaje estos pueden ser de engranaje cilíndrico, helicoidales, de ejes paralelos helicoidales, helicoidal cónico, tornillo sin fin; dependiendo del modelo varía la posición entre el motor y la caja de engranaje y a su vez cambia el precio, al ser un criterio importante el costo y a su vez la calidad se selecciona como opción un motorreductor de engranaje cilíndrico.

Estos modelos poseen una alta densidad de potencia, larga vida útil, son ligeros, compactos. Considerado esto, se procede a la selección de la posición del motor reductor, estas posiciones se reconocen con un valor alfanumérico siendo IM M1 apoyado con patas de eje horizontal a la

izquierda, IM M2 apoyado con patas de eje vertical superior, IM M3 apoyado con patas de eje horizontal a la derecha e IM M4 apoyado con patas de eje vertical inferior.

La posición idónea del motorreductor que transmitirá movimiento al plato giratorio de la máquina paletizadora es vertical, de eje inferior apoyada con patas laterales, coincidente con la posición de montaje IM M4, otra característica importante en la selección del motor es la tensión disponible en la ubicación de la máquina siendo esta trifásica 220V.

Luego de mencionadas las características requeridas, se procedió a la búsqueda del motor reductor que se adaptara mejor a las necesidades y a los criterios considerados. Para ello se hizo uso de un software, drivegate.biz perteneciente a la compañía Sew Eurodrive, este según las características requeridas ofrece el equipo adecuado. A continuación las características del motorreductor arrojadas para el sistema giratorio.

- **Características del motor reductor para el plato giratorio:**

- Potencia del motor (kW/HP): 0.37/0.5
- Vel. De salida calculada A (rpm): 38
- Velocidad de entrada a (rpm): 1700
- Índice de reducción total (I): 44.90
- Factor de servicio A FB: 1.40
- Par de salida (N.m): 93
- Posición de montaje / IM M4
- Eje de salida: 25X50 mm

- Tensión del motor (V): 220/440
- Corriente nominal (A): 0.96
- Frecuencia del motor (Hz): 60
- Tipo de protección (IP): 55
- Peso (kg): 12

El sistema mecánico de la máquina paletizadora, para las dos acciones que comprende el paletizado estas poseen fuentes motrices independientes, es decir el motorreductor coaxial para el giro del plato donde se encuentra el palet; el sistema de ascenso del carro porta bobina se propone el uso de un motorreductor trifásico, se requiere de tres fases dado que ya que por medio de un circuito de control se lleve a cabo una inversión de giro requerida en el proceso; las características de este son descritas a continuación.

- **Características del motorreductor para sistema de ascenso y descenso del stretch film:**

- Potencia del motor (kW/HP) : 0.12/0.25
- Velocidad nominal del motor (rpm) : 2000
- Velocidad de salida (rpm) : 12
- Índice de reducción total : 193
- Par de salida (Nm) : 4300
- Posición de montaje / IM : M1
- Eje de salida (mm) : 70x140
- Salida permitida con carga radial n=1400 (N) : 2110
- Diámetro del piñón (mm) : 10 / 16
- Peso neto (kg) : 12
- Tensión del motor (V) : 230

2.1.2. Sistema mecánico para el plato giratorio.

Previamente seleccionado un motor reductor con una salida de 38 rpm, y con una velocidad de giro del plato de 12 rpm, velocidad designada según referencias de los fabricantes de estos equipos y trabajos anteriores, se procede a realizar los cálculos considerando una operatividad de 16 horas/día, y que no exceda los 50°C (122 °F), para generar el movimiento giratorio al plato se usa un sistema de transmisión mediante catarinas y cadenas de rodillos estándar de una hilera.

Es un servicio de tipo normal debido a que es un servicio continuo de 6 a 16 horas por día por lo que tiene un factor de servicio K igual a 1.2, con este factor se procede a corregir la potencia emitida por el motor, siendo la potencia P igual a 0.5 hp.

Ec. 8. Potencia corregida

$$P_{\text{corregida}} = P * K$$

$$P_{\text{corregida}} = 0.5 \text{ hp} * 1.2$$

$$P_{\text{corregida}} = 0.6 \text{ hp}$$

La velocidad de la rueda motriz $W1 = 38$ rpm, la que entrega el motorreductor y la velocidad requerida en la polea conducida $W2 = 12$ rpm, considerando las velocidades se obtiene la relación de transmisión.

Ec. 9. Relación de transmisión

$$i = \frac{w2}{w1}$$

$$i = 0.316$$

Determinando el número de la cadena con la potencia de diseño y las rpm de entrada, por medio de la gráfica para la selección del número de cadenas, (Anexo. 2) dando como resultado una cadena de número 50 la cual posee un paso de 5/8", se fija un número de dientes para la catarina motriz de 12, para despejar de la ecuación 10 el número de dientes de la catarina impulsada, la catarina motriz seleccionada se encuentra en el anexo 3.

Ec. 10. Relación de transmisión despejando el N2.

$$N2 = \frac{w1 * N1}{w2}$$

$$N2 = 38 \text{ dientes}$$

En el catálogo virtual de SKF se busca una catarina con el paso y el número de dientes adecuado para el sistema N2=38 dientes Pd=5/8", se tiene una rpm de salida del sistema de 12, teniendo una holgura de 1 rpm. (Ver anexo 4).

Se calcula las rpm de salida con las catarinas seleccionadas previamente.

Ec. 11. Rpm de salida.

$$w2 = \frac{d1}{d2} * w1$$

$$w2 = 13.003 \text{ rpm}$$

Las rpm de salida se encuentra dentro del margen de holgura, por tanto se procede con la longitud de la cadena estableciendo una longitud entre centros que va alrededor de 1.01 m, para este cálculo se divide la distancia entre centros, entre el paso de la cadena.

Ec. 12: Longitud de la cadena

$$Cp = \frac{1.01}{5/8}$$

$$Cp = 63.622 \text{ pasos}$$

$$Lp = 2 * Cp + \left(\frac{N2 + N1}{2}\right) + \left(\frac{(N2 - N1)^2}{4 * \pi * Cp}\right)$$

$$Lp = 152.513 \text{ pasos} \approx 152 \text{ pasos}$$

Para determinar la distancia entre centros la longitud de la cadena en pasos se redondea a un número entero y par, para entonces calcular la distancia entre centros en pasos.

Ec. 13. Distancia entre centros corregida.

$$Cp_{corregida} = \frac{1}{4} * \left(Lp - \left(\frac{N2 + N1}{2}\right) + \sqrt{\left(\left(Lp - \left(\frac{N2 + N1}{2}\right)\right)^2 - \frac{8 * (N2 - N1)^2}{4 * \pi^2}\right)} \right)$$

$$Cp_{corregida} = 63.622 \text{ pasos}$$

Siendo:

N1: Número de dientes de la catarina motriz.

N2: Número de dientes de la catarina conducida.

Lp: Longitud de la cadena en pasos.

Ec. 14. Distancia entre centros.

$$C_{corregida} = C_{corregidapaso} * Pd$$

$$C_{\text{corregida}} = 1.01 \text{ mts}$$

La cadena de rodillos estándar de una hilera debe cumplir con las siguientes especificaciones.

- Paso: 5/8 in.
- Longitud (en pasos): 152 pasos.

2.1.3. Sistema mecánico de ascenso.

Para que el embobinado de la carga por medio del stretch film se lleve a cabo, mientras la carga apilada en el pallet gira se necesita que este suba y baje completando así la acción del paletizado; para esto se diseña un carro porta-bobina cuyo objetivo es transportar el stretch film en el proceso de ascenso y descenso; el carro porta-bobina se diseñó de forma que se fabrique con materiales tomados en cuenta para el diseño de la estructura; teniendo un cálculo aproximado del peso del carro cargado con el rollo o bobina de stretch film, el carro tendría un peso de 11 Kg y un total de 5 kg añadiendo el peso del rollo portabobinas utilizado en la empresa. El carro porta bobina será movido por medio de un sistema de poleas y cables de acero, el cual tendrá como equipo impulsor el servo motor con caja reductora.

Para este sistema se selecciona tentativamente un cable de acero cuyo diámetro es 1/8 in y una construcción de cable de 7x7, la tensión en el cable es ejercida por la masa del carro porta bobina, se determinó que el cable tiene una tensión de 156.906 N, el módulo de elasticidad del cable es 10 Mpsi, y la resistencia del cable es 124 Kpsi (ver Anexo 5); se determina el esfuerzo del cable mediante la ecuación:

Ec. 15. Esfuerzo en el cable.

$$\rho = \frac{2 * F_{cable}}{d_{cable} * d}$$

Dónde:

F_{cable} : Tensión en el cable ejercida por el peso.

d_{cable} : Diámetro del cable.

d: Diámetro del tambor.

El diámetro del tambor tiene un diámetro de 3 in, el diámetro del cable según el catálogo de cables de acero es igual a 1/8 in (Ver anexo 5); se seleccionó este cable ya que es el más común en ferreterías, dando un resultado para el esfuerzo del cable de 0.431 Ksi, con el esfuerzo en el cable y la resistencia se determina el factor de seguridad en el cable:

Ec. 16. Factor de seguridad del cable.

$$FS_{cable} = \frac{\sigma_{adm}}{\rho}$$

Dando un factor de seguridad 1.813, un factor de seguridad superior a la unidad y en el promedio adecuado, los cálculos del factor de seguridad del cable de acero se hicieron basándose en la tensión que tendría el carro portabobinas soportando un rollo de stretch film de 5 kg, ya que, es el tipo de stretch film usado en la empresa. Se sugirió a la empresa .considerar el uso de stretch film para máquinas semi automáticas para el siguiente año ya que para el año 2013 se realizó la compra del stretch film.

Los rollos de stretch film para máquinas semiautomáticas tienen un diámetro de 500 mm, con un peso de 18 kg. Considerando ese peso se realizó el

estudio del factor de seguridad del cable de acero teniendo un factor de seguridad de 1, dígase la unidad lo cual es aceptable, pero se recomienda que, cuando se realice un reemplazo de cable de acero se haga por un diámetro superior a 3/16”.

2.1.4. Ejes de transmisión.

Este eje es el transmisor del giro de la catarina conducida al plato giratorio el cual tiene como elemento de apoyo dos chumaceras con su rodamiento adecuadamente seleccionado, la catarina conducida ubicada entre ambas chumaceras, y el elemento de acople del eje al plato giratorio, esta unión se hará por medio de un flange (brida) apernado en el centro del plato. (Ver figura 12).

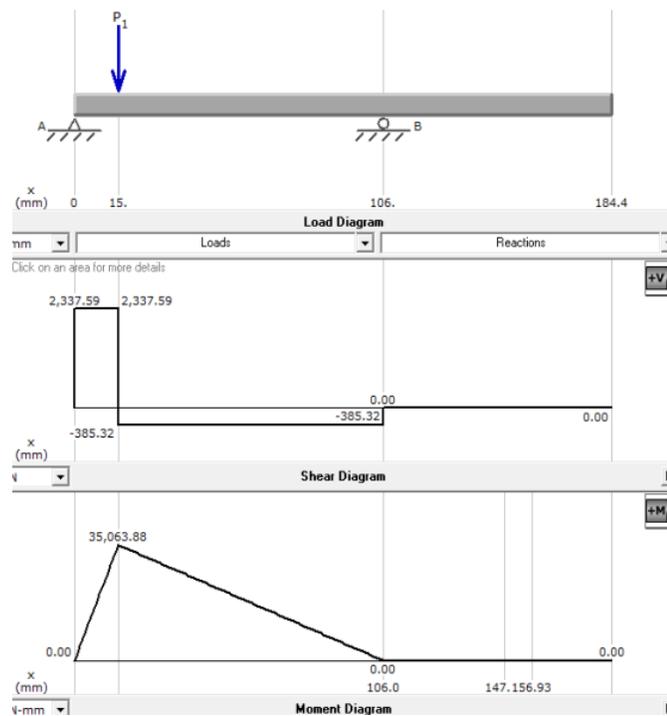


Figura 12. Diagramas de fuerzas en el eje. Fuente: Propia (2013).

El eje tendrá una longitud de 184,4 mm, material AISI 1020 con una S_{ut} 469 MPa y S_y 393 MPa ver tabla de propiedades en anexo. Para el diseño del eje se considera cada sección siendo estas A, B, C y D como se observa en la figura 13.

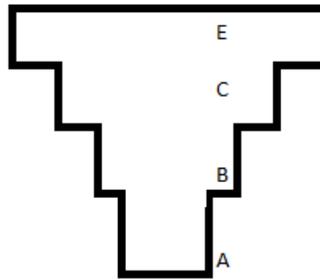


Figura 13. **Esbozo del eje.** Fuente: Propia (2013).

Para la sección A, se considera un factor de concentración K_t igual a 2.5 ya que, en la sección A ira ubicado un rodamiento y es recomendable usar un chaflán de hombro con bordes cortantes. Para el cálculo de los diámetros del eje se considera un factor de seguridad de 3, valor recomendado para el diseño de ejes por la ASME.

En el punto A se encuentran fuerzas radiales y axiales, por lo que se utilizará un rodamiento de rodillo de bolas los cuales poseen una capacidad de fuerza axial idónea para este caso, mediante un diagrama se obtienen las fuerzas resultantes, siendo R_{ay} 112.033 N y R_{az} 936.48 N, obteniendo una fuerza resultante igual a 943.158 N.

El límite de resistencia a la fatiga del elemento S_e , es igual a:

$$S_e = K_{carga} * K_{tamaño} * K_{superficie} * K_{temperatura} * K_{confiabilidad} * S_e'$$

Dónde:

- Kcarga: será igual a 1, debido a que se considera una carga normal.
- Ktamaño: será considerada 1, ya que no se conoce el diámetro.
- Ksuperficie: $A(Sut)^b$, obteniendo A y b de graficas de factores de concentración de esfuerzos.
- Ktemperatura: será igual a 1. Ya que las temperaturas a soportar son inferiores a 450°C.
- Kconfiabilidad: se considera una confiabilidad de 90%, como es recomendado por lo que Kconfiabilidad es igual a 0.897.
- Sé: $0.5 \cdot Sut$ por ser acero.

El eje como elemento transmisor de potencia posee un torque medio que no es más que el torque transmitido a el por medio de la rueda dentada el cual ejerce un momento de tipo torsor en todas las secciones del mismo; para determinar el torque medio se procede con la ecuación 17:

Ec. 17: Torque en el eje

$$T = \frac{P}{W}$$

Dónde:

P: potencia, siendo la potencia transmitida por el motor reductor $\frac{1}{2}$ hp, y la recibida por el plato.

W: la velocidad de giro del plato, siendo 13 rpm.

$$T = 273900 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Obteniendo una S_e igual a 84.139 MPa, se prosigue a obtener el diámetro mediante la teoría de ASME (elíptica), el momento en el punto A por ser punto de apoyo es 0, y se considera el torque medio en la ecuación se despeja la ecuación y se obtiene:

Ec. 18. Diámetro de eje ASME

$$d_a = \sqrt[3]{\frac{32 * F_s}{\pi} * \sqrt{\left(Kt * \frac{M_a}{S_e}\right)^2 + \frac{3}{4} * \left(\frac{T_{med}}{S_y}\right)^2}}$$

Siendo $d_a = 26.42$ mm (1.04 in) por lo que se aproxima a $1\frac{1}{4}$ in. Para la sección B, se considera un factor de concentración Kt igual a 2.0 que es usado cuando se utiliza un cuñero de perfil, seleccionado este para la ubicación de la catarina conducida, al igual que en el punto A el factor de seguridad a usar es de 3.

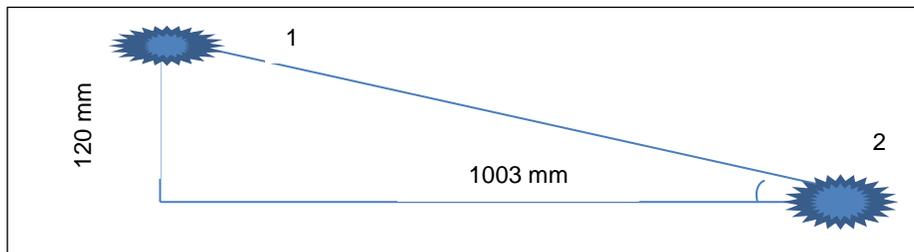


Figura 14. Triángulo demostrativo. Fuente: Propia (2013).

Las catarinas ejercen un esfuerzo único de forma radial, tanto para el plano Y como para Z, usando un ángulo de 6.822° (observe la figura 14). Donde 1 es la catarina motriz y 2 la catarina conducida teniendo una distancia entre ejes

de 1003 y un desfase de 120 mm se obtiene el ángulo mencionado mediante la ecuación trigonométrica $\theta = \arctan(Co/Ca)$.

Siendo F_c :

Ec. 19: Fuerza en el punto C.

$$F_c = 2 * T / d$$

Dónde:

T: torque

d: diámetro de la catarina conducida (7.92 in).

$$F_c = 2723 \text{ N}$$

Ec. 20: Fuerza en los ejes.

$$F_{cy} = F_c * \text{Sen}\theta = 304.09 \text{ N}$$

$$F_{cz} = F_c * \text{Cos}\theta = 2541.875 \text{ N}$$

Siendo la resultante F_{cr} igual a 2723 N, utilizando la ecuación 15 se obtiene el diámetro del eje siendo 26.42 mm (1.04 in), debido a que las secciones A y B son iguales la sección, se aproxima a un diámetro comercial más grande, por tanto se aproxima a 1 1/2 in. Dada la posición del eje, la cuña cumple la función de transmisión de potencia pero no impide el desplazamiento de la catarina en la longitud del eje, es por eso que se plantea el uso de prisioneros para el ajuste de la catarina en la sección diseñada, cabe decir que el eje posee bajas Rpm de giro dando factible su análisis bajo carga estática.

Los prisioneros introducidos en un agujero maquinado con rosca poseen una capacidad de fuerza de sujeción o agarre según el diámetro que posean (ver anexo 17), para mejor ajuste se propone el uso de dos prisioneros de 3/8 in, siendo maquinados tanto el eje como la catarina con dos agujeros del mismo diámetro con rosca gruesa.

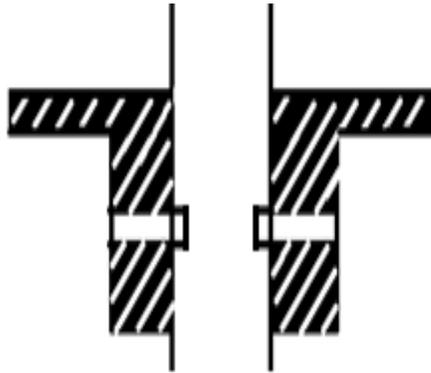


Figura 15. Esquema de prisioneros en eje y catarina. Fuente: Propia, (2013).

Teniendo las secciones de los prisioneros y del eje definidas se sustituye el k_t asumido por factor de concentración de esfuerzos por el determinado en la gráfica del anexo 8 donde se muestra los factores de concentración de esfuerzos para flechas con perforación transversal sometidas a torsión. Con la ecuación 16 se obtiene la fuerza que actúa. Manteniendo un resultado mayor pero permaneciendo el diámetro comercial.

$$T = F * \frac{deje}{2}$$

Ec. 21: Fuerza del eje.

$$F = \frac{2T}{deje}$$

$$F = 7051 \text{ N} = 1585 \text{ lbf}$$

$$S_{ys} = 0.5 * S_y$$

$$S_{ys} = 195.5 \text{ MPa} = 28.5 \text{ ksi}$$

Para el punto C se realiza del mismo modo que en el punto A, con las mismas consideraciones, teniendo un R_{cy} igual a 192.057 N y una R_{cz} igual a 1605.395 N, obteniendo una fuerza resultante igual a 1617 N.

Al igual que en el punto A y B se usara la ecuación 15 para obtener el diámetro, siendo el diámetro en el punto C igual a 20.585 mm (0.81 in), para mantener el diseño adecuado del eje se usara un diámetro en C igual a 1 1/2 in.

Para el punto D donde está ubicado el acople del eje al plato giratorio se toma en cuenta el torque producido por el sistema reductor para determinar el diámetro mínimo del eje, con la ecuación (17) se obtiene un diámetro mínimo de 1.398 in (35.498 mm) aproximando este diámetro a la medida comercial de 1 3/4 in para generar tope.

2.1.5. Rodamientos.

Para los puntos de apoyo del eje se usaran rodamientos de bolas sellados en los cuales los cuales poseen como diámetro interno mínimo en el punto de

apoyo A $1\frac{1}{4}$ in, en el punto de apoyo, C $1\frac{1}{2}$ in; con reacciones en ambos puntos.

En el punto C: Existe una fuerza radial de 0.3853 KN y una fuerza axial 0.2667 KN.

En el punto A: Existe una fuerza radial 2,3376 KN.

Para el punto C se selecciona tentativamente el rodamiento 6008-2RS1, este rodamiento es un rodamiento de bola sellado seleccionado así por sus condiciones de uso, resaltando además que la serie 60 a la 64 de rodamientos de bolas son las más comunes en el mercado venezolano; teniendo los siguientes datos de técnicos:

- d: 40 mm
- D: 68 mm
- B: 15 mm
- C: 17,8 Kn
- C_o : 11,6 Kn
- P_u : 0,49 Kn
- K_r : 0,025
- F_o : 15

Ya con las características técnicas del rodamiento se procede a determinar los factores de cálculo para rodamientos rígidos de una hilera de bolas. (Ver anexo 9).

Ec. 22. Factores de cálculo para rodamientos rígidos de una hilera de bolas.

$$\frac{f_o * R_{cx}}{C_o} = 0.345$$

Por tanto se tienen unos factores de cálculo de juego normal:

- e: 0,22
- X: 0,56
- Y: 1,99

Ec. 23. Fuerza equivalente para rodamiento de bolas radiales.

$$P = (X * F_r) + (Y * F_a)$$

$$P = 0.747 \text{ kN}$$

Con la fuerza equivalente y la capacidad de carga dinámica se calcula la vida nominal del rodamiento, con un factor a igual a 3 por tratarse de un rodamiento de bola.

Ec. 24. Vida nominal del rodamiento.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^a$$

$$L_{10} = 1.356 * 10^4 \text{ rev}$$

Transformado en horas tomando en cuenta las rpm del eje la vida nominal tiene un resultado de:

Ec. 25. Vida nominal en horas.

$$L_{10h} = \frac{L_{10} * 10^6}{60 * n}$$

$$L_{10h} = 46104.477 \text{ hr}$$

Para determinar el factor de ajuste de vida se toma un valor de fiabilidad de 90 % por ser este el más común, se selecciona el valor de a_1 según los valores de la tabla del anexo 10.

Por tanto a_1 es igual 1; se estiman condiciones de limpieza normales y con un diámetro medio d_m menor a 100 mm. Ver anexo 11.

Ec. 26. Diámetro medio.

$$\frac{d + D}{2} = 54 \text{ mm}$$

Por tanto se tiene un factor N_c igual a 0.5; luego de obtener el factor de contaminación de lubricante, con las rpm de operación y el diámetro medio se estima la viscosidad cinemática mínima, por medio del grafico del anexo 12.

Se estima una viscosidad ν_1 igual a 800 mm²/seg con este dato y la temperatura de funcionamiento la cual se fijó a 50 °C, en la gráfica del anexo 13, se selecciona el lubricante para el rodamiento.

Por último para de determinar el factor aSKF se calculan los valores de requeridos para su intersección en la gráfica del anexo 14 y así estimar el factor del factor de corrección de vida aSKF para un rodamiento de bolas:

Ec. 27. Factor k para estimación de aSKF

$$K = \frac{v}{v_1}$$

Ec. 28. Valor para grafica de factor aSKF

$$n_c * \frac{P_u}{P} = 0.328$$

Se estima un aSKF igual a 1.9, por último se calcula el valor la vida exacta del rodamiento en revoluciones:

Ec. 29. Vida real del rodamiento.

$$L_{10m} = aSKF * a1 * L_{10}$$

$$L_{10m} = 25758.61$$

Llevando esta variable a valores expresados en unidad de tiempo:

Ec. 30. Vida del rodamiento en horas.

$$L_{10mh} = \frac{L_{10m} * 10^6}{60 * n}$$

$$L_{10mh} = 8.76 * 10^4 \text{ hr}$$

Para el punto A se selecciona el rodamiento 6006-2RS1, este rodamiento es un rodamiento de bola sellado seleccionado así por sus condiciones de uso, además es perteneciente a la serie 60, que, se mencionó anteriormente, esta serie es más accesible en el mercado venezolano.

Las características del rodamiento a evaluar son las siguientes:

- d: 30 mm
- D: 55 mm
- B: 13 mm
- C: 13.8 kN
- C_0 : 8.3 kN
- P_u : 0.355 kN
- K_r : 0.025
- F_0 : 15

Teniendo las características técnicas del rodamiento se procede a determinar los factores de cálculo para rodamientos rígidos de una hilera de bolas, dando resultados positivos para su instalación en el eje.

2.2. Sistema Estructural.

El sistema estructural de la máquina paletizadora está conformado por la columna que soporta el sistema de elevación del carro porta bobina, y por la base del plato giratorio. El desarrollo de cada una de ellas se detalla a continuación.

2.2.2. Base giratoria.

La base giratoria es el elemento principal que soporta el peso de la paleta y a su vez gira, esta base está apoyada a su vez de 14 puntos de apoyo (ruedas), que además facilitan el giro y del eje transmisor de movimiento.

2.2.2.1. Esfuerzos en plato giratorio.

La base giratoria está hecha de una lámina estriada con el fin de evitar deslizamientos, esta base será acoplada al eje mediante pernos y estará apoyado sobre 14 rodillos que permitirán el movimiento giratorio.

La fuerza que tendrá la base es la suma entre el palet, y los artículos que soportará. En total 300 Kg obteniendo una fuerza de 2940 N, si esta se divide entre el número de rodillos que la soportan (14), más el rodamiento que se ubica en el eje que le dará movimiento, da una fuerza por rodillo de 196.33 N. La estructura de la base está diseñada para tener en sus extremos superiores e inferiores un rodillo por tubo estructural y en sus laterales 2 rodillos por tubo estructural, para obtener resultados críticos se realiza un diagrama de fuerza en MDSolids 3.5 a los extremos superiores e inferiores. Teniendo un momento máximo $M_{\text{máx}}=29595.5$ N.mm y una fuerza $F= 98.16$ N, se procede a realizar los cálculos, considerando una lámina estriada ASTM A 786 (Norma Covenin 1996), con un F_y de 2110 kgf/cm².

Ec. 31: Momento de inercia.

$$I_x = \frac{B \times H^3}{12}$$

Dónde:

I_x = momento de inercia.

B = Base de la sección transversal de la lámina.

H = Altura de la sección transversal de la lámina.

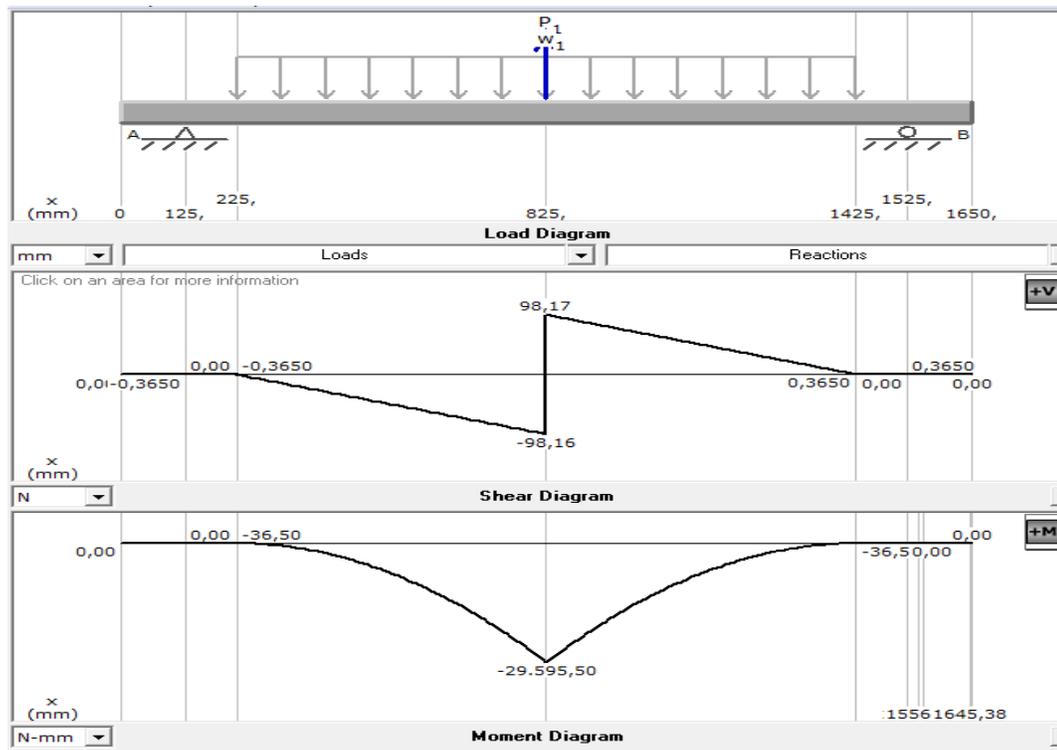


Figure 16. Diagrama de fuerza actuante en el plato. Fuente: Propia, (2013).

$$I_x = 2.97 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Una vez determinado el momento de inercia, y teniendo en cuenta un valor para $C = 3 \text{ mm}$; se prosigue a determinar el esfuerzo de la lámina estriada transversal. (Ver figura 16).

Ec. 32: Esfuerzo máximo.

$$\sigma = \frac{M_{max} \times C}{I_x}$$

$$\sigma = \frac{29595.50 \text{ N} \cdot \text{mm} \times 3 \text{ mm}}{2.97 \times 10^4 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 2.989 \text{ MPa}$$

Con el esfuerzo de flexión determinado, se continúa calculando el factor de seguridad de la lámina estriada.

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}}$$

Ec. 33: Factor de seguridad

$$FS = 69.217$$

Aunque el factor de seguridad es muy elevado, se utilizará la lámina estriada de 6 mm de espesor para el plato, ya que, es el disponible en el mercado actual. La lámina tiene un peso de 50.59 kg/m². Siendo el área del plato 2.138 m², se dice que el plato posee una masa de 108.174 kg.

2.2.3. Diseño y selección de elementos de unión roscado.

Estos elementos son necesarios para el acople del plato giratorio con la brida o “flange” del eje de transmisión, existen otros elementos roscado en la máquina para su anclaje al suelo pero esto no ameritan cálculos de resistencia; se considera una conexión permanente por tanto se determina el uso de 4 pernos con su tuerca y arandela plana y de presión, para la selección de pernos se iteró hasta dar con el tipo de perno capaz de resistir las fuerzas y reacciones en el punto acople entre el plato y el eje.

De la tabla en el anexo 6 se hizo el cálculo con una rosca de serie fina (UNF) con un diámetro de ½ in cuyas características según tabla son:

$$d_M = 0.5 \text{ in}$$

$$N = 20$$

$$A_t = 0.1599 \text{ in}^2$$

Dónde:

d_M = Diámetro mayor nominal.

N = Hilos por pulgada.

A_t = Área del esfuerzo a tensión.

Los pernos están fabricados de acero SAE 5.2 cuyas características son:

$$S_p = 85 \text{ Ksi.}$$

$$S_{ut} = 120 \text{ Ksi.}$$

$$S_y = 92 \text{ Ksi.}$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ Ksi.}$$

Teniendo estos datos se calcula la carga límite y la fuerza de apriete o precarga.

Ec. 34. Carga límite en los pernos.

$$F_p = A_t * S_p$$

Ec. 35. Precarga de pernos.

$$F_i = 0.9 * F_p$$

Ambas fuerzas poseen una magnitud de $6.04 \times 10^4 \text{ N}$ y $5.441 \times 10^4 \text{ N}$; para la rigidez efectiva para la selección de los pernos se requiere determinar la

constante de unión la cual compara dos valores de rigidez una estimada y otra para los pernos para 2 elementos sujetos idénticos.

Ec. 36. Area del diametro mayor.

$$A_d = \frac{\pi * (d_M)^2}{4}$$

$$A_d = 0.196 \text{ in}^2$$

Ec. 37. Rigidez efectiva estimada del perno en la zona de sujeción.

$$K_b = \frac{A_d * A_t * E}{L_t * A_d}$$

$$K_b = 1.015 * 10^7 \frac{\text{lb}f}{\text{in}}$$

La longitud del perno L es igual a Lt + Ld, siendo Lt la longitud de la parte roscada y Ld de la parte lisa, se considera L igual a Lt, ya que el perno será totalmente roscado.

Ya que ambos elementos son de acero se calcula la rigidez de los elementos de unión total para 2 elementos sujetos idénticos.

Ec. 38. Rigidez de los elementos de la unión total.

$$K_m = \frac{0.577 * \pi * E * d}{2 * \ln \left(5 * \frac{0.577 * L + 0.5 * d}{0.577 * L + 2.5 * d} \right)}$$

Siendo d igual a d_m , y una longitud del perno de 12 mm. Se tiene una rigidez de 2.517×10^7 lbf/in.

Con los valores de K_b y K_m , se procede a obtener la constante de unión $C=0.287$ con la ecuación 29.

Ec. 39. Constante de unión.

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m}$$

Para obtener la ecuación de la fracción de la carga externa tomada por el perno se usa la ecuación 30, considerando P como la fuerza, esta es igual al peso del plato más el peso del palet, siendo igual a 4003 N, ya que se ha venido trabajando en sistema inglés para el cálculo de pernos F es igual a 899.87 lbf.

Ec. 40. Fracción de la carga externa tomada por el perno.

$$P_b = \frac{K_b * P}{K_b + K_m}$$

$$P_b = 258.644 \text{ lbf}$$

Ya que, se usaran 4 pernos para ubicar la brida al plato, se divide P_b entre 4 teniendo una fracción de la carga tomada por el perno de 64.661 lbf, se le asigna una variable de P_p para identificarlo.

Ec. 41. Factor de carga contra la separación de la junta.

$$n_j = \frac{F_i}{P * (1 - C)}$$

$$n_j = 19.077$$

El factor de carga contra la separación de la junta.

Ec. 42. Factor de carga que asegura que el esfuerzo del perno sea menor que la resistencia.

$$n_b = \frac{S_p * A_t - F_i}{C * P}$$

$$n_b = 5.255$$

Por último para el cálculo del factor de seguridad en los pernos se procede al cálculo de los esfuerzos a los que se encuentran sometidos los pernos como lo son el esfuerzo a tensión, el esfuerzo alternante y medio presente en estos:

Ec. 43. Esfuerzo de tensión en el perno.

$$\sigma_b = \frac{C * P}{A_t} + \frac{F_i}{A_t}$$

$$\sigma_b = 78.118 \text{ ksi}$$

Ec. 44. Componente alternante del esfuerzo del perno.

$$\sigma_{alt} = \frac{C * P}{2 * A_t}$$

$$\sigma_{alt} = 0.809 \text{ ksi}$$

Ec. 45. Componente media del esfuerzo en el perno.

$$\sigma_{med} = \sigma_{alt} + \frac{F_i}{A_t}$$

$$\sigma_{med} = 77.309 \text{ ksi}$$

El factor de seguridad

Ec. 46. Factor de seguridad contra falla de fluencia.

$$n_y = \frac{S_y}{\sigma_{alt} + \sigma_{med}}$$

$$n_y = 1.178$$

El factor de seguridad es superior a la unidad, por lo que se utilizará pernos grado SAE 5.2, UNF 1/2x20-3A.

2.2.4. Esfuerzos en soportes.

Los soportes, serán los tubos estructurales que actúan como brazos los cuales darán estabilidad al plato, ya que los rodillos son los que permiten un giro estable y estos se apoyan en estos. Para los soportes se usa un tubo estructural cuadrado 60x60 mm, con 2.25 mm de espesor.

En total son 8 soportes, para mayor apreciación de estos ver plano número 6 ubicado en apéndice, dichos soportes tienen dos ruedas distribuidas sobre ellas. Para realizar los cálculos pertinentes con fines de obtener el FS, se realizará un análisis de cargas en cada soporte apoyándose con el programa de cálculo MDSolids 3.5. Ver diagramas 17, 18 y 19 a continuación.

Soporte 1

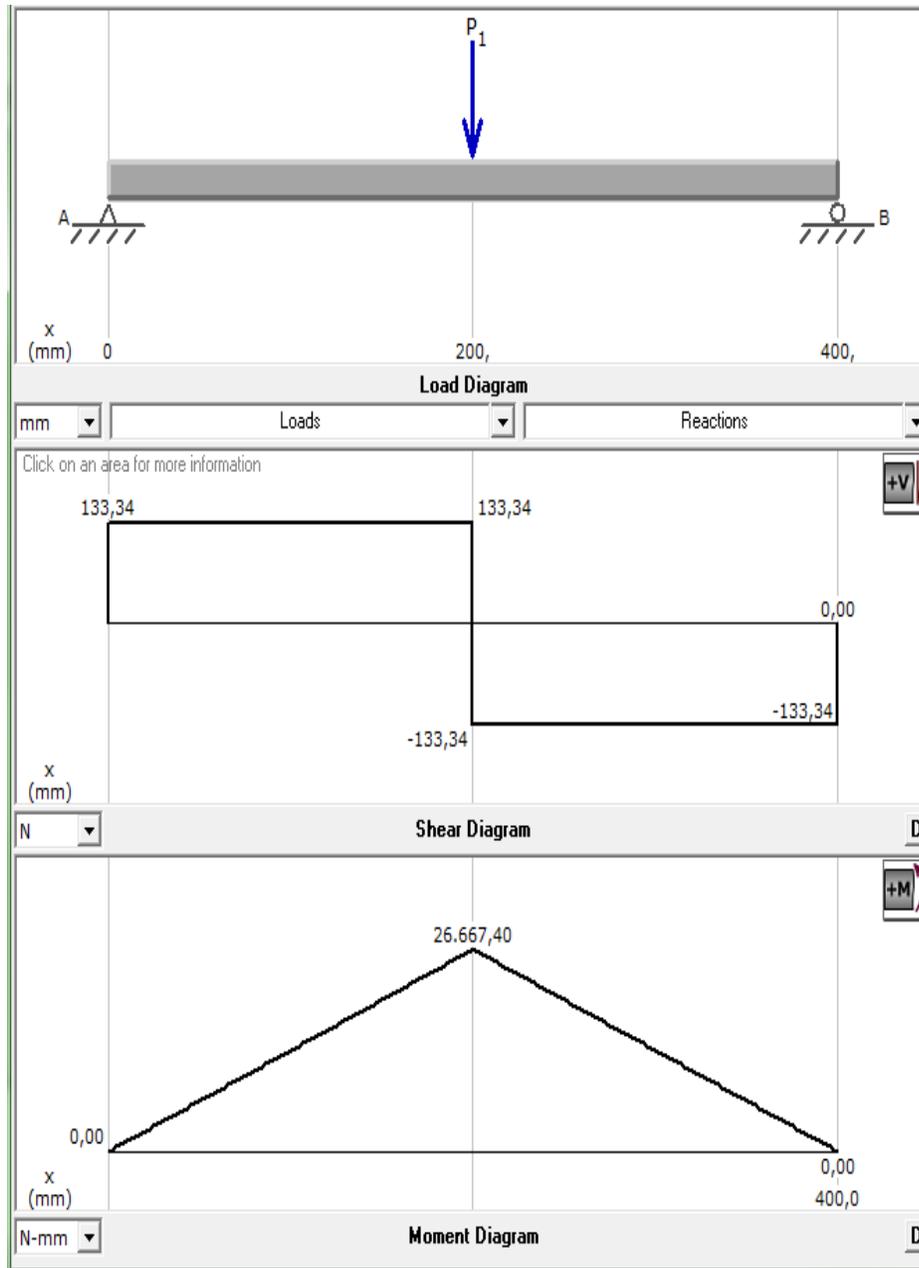


Figure 17. Soporte 1. Fuente: Propia, (2013).

Soporte 2

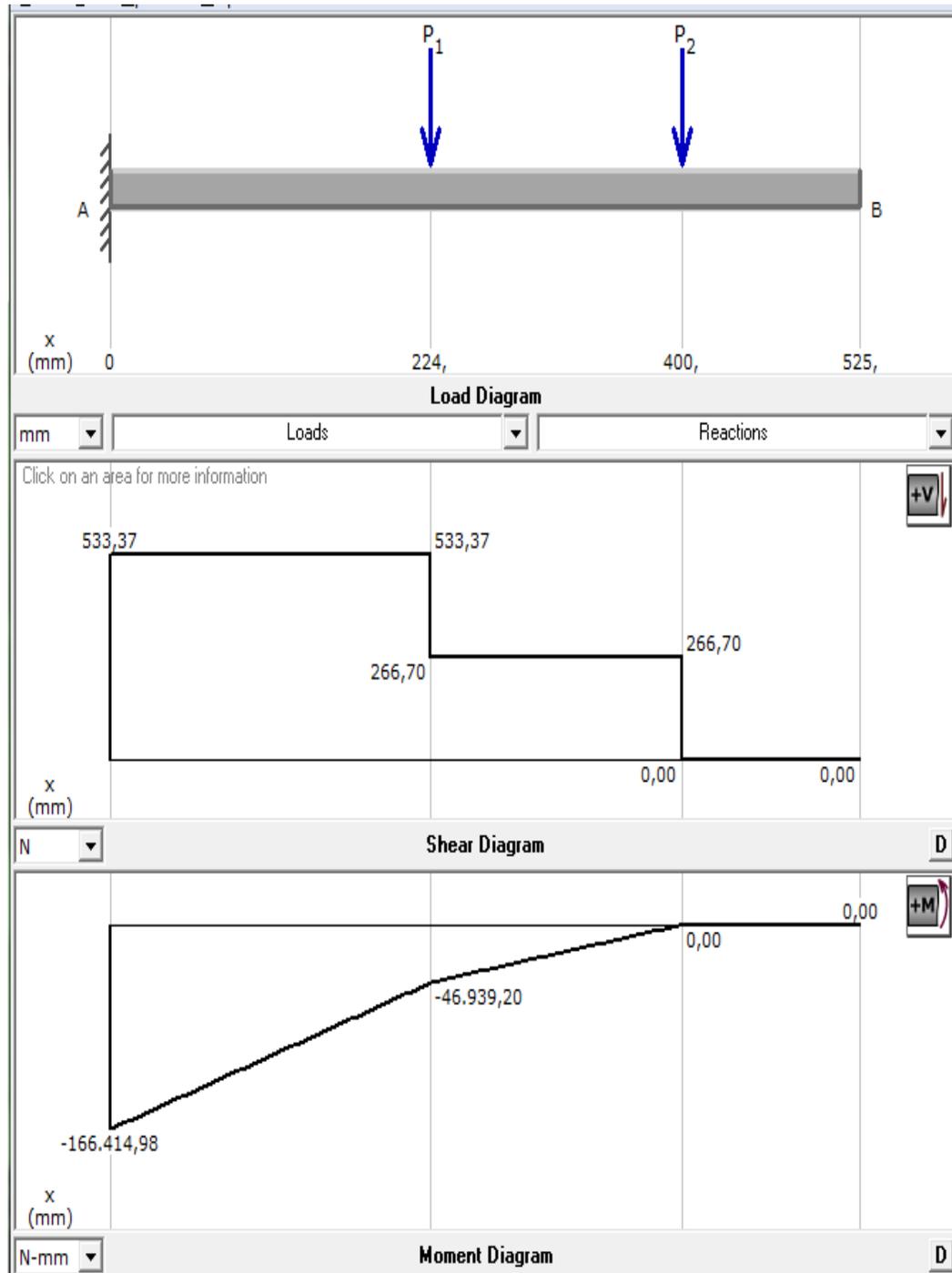


Figure 18. Soporte 2. Fuente: Propia, (2013).

Soporte 3

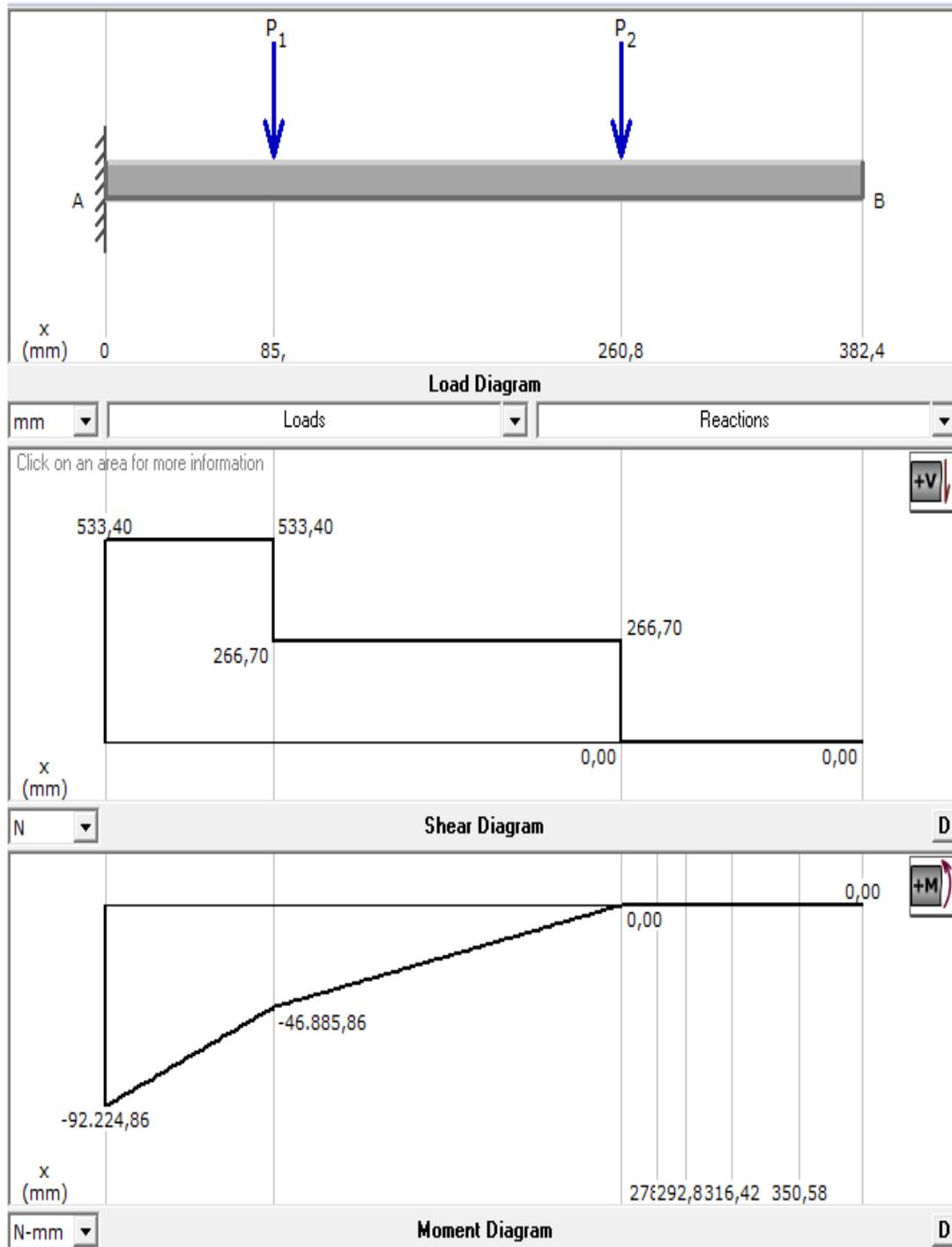


Figure 19. Soporte 3. Fuente: Propia, (2013).

Analizando los diagramas se observa que el soporte 2, ha sido el que genera mayor momento flector por lo que se le realiza el análisis. Con un momento máximo de $M=166414.98$ N.mm, y una fuerza máxima $F= 533.37$ N, el tubo estructural está hecho de acero ASTM A500 grado C, por lo que tiene una resistencia a la fluencia de $F_y = 3515$ kgf/cm², y una resistencia a la tracción de 4360 kgf/cm². (Ver anexo 18). Para obtener la inercia requerida se aplica la ecuación.

Ec. 47: Inercia requerida en brazos.

$$S_x = \frac{M_{max}}{F_y}$$

Sustituyendo se tiene que la inercia requerida es de $S_x = 0.483$ cm³, según la tabla (anexo 4), la inercia requerida se encuentra en el rango aceptable, se calcula el esfuerzo máximo por momento flector en el brazo (ecuación 2), considerando $C = 30$ mm.

Ec. 48. Esfuerzo por momento flector en el brazo de apoyo.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} \times C}{I_x}$$

Siendo $I_x = 27.40$ cm⁴, según anexo 4. Se obtiene un esfuerzo máximo de 18.221 N/mm². Con la ecuación 3 se determina el FS siendo 18.918.

El factor de seguridad resulta ser muy alto, pero de igual manera se mantendrá el tubo estructural ASTM A500 60X60 por ser el más pequeño en el mercado cercano. El peso por metros del tubo estructural es de 3.94 kg/m

por lo que los soportes pesan: soporte 1 = 1.576 kg. Soporte 2 = 2.069 kg y soporte 3 = 1.507 kg.

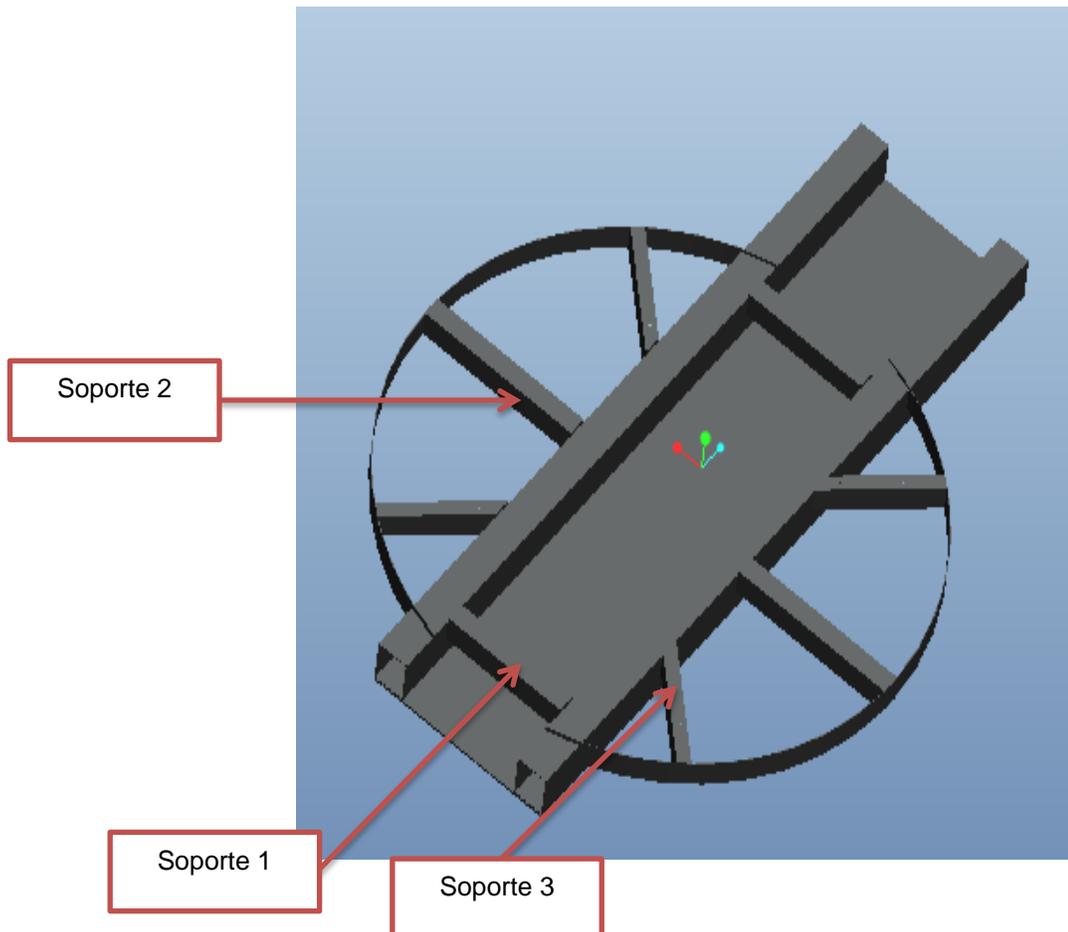


Figure 20. **Soportes.** Fuente: Propia, (2013).

2.2.5. Esfuerzos en bastidores

Para el estudio de los bastidores, como primer paso, se obtiene las masas que soporta los bastidores, las cuales se verán reflejadas en la tabla, en ella

se muestra todas las fuerzas que actúan sobre los bastidores. (Ver tabla N°5).

Tabla 5. Razón de carga en bastidores.

Cant	Pieza	Masa (Kg)	Fuerza (N)	Masa Total (Kg)	Fuerza Total (N)
1	Soporte del motor	1.323	12.9654	1.323	12.9654
1	Motorreductor Plato giratorio	12	117.6	12	117.6
1	Motorreductor Sistema de ascenso	12	117.6	12	117.6
1	Carro Porta Bobina	20.295	198.891	20.295	198.891
1	Rollo de Stretch Film	18	176.4	18	176.4
1	Tubo Estructural 2 m + riel	19.78	193.844	19.78	193.844
2	Carro Pequeño 4 Ruedas	0.5	4.9	1	9.8
2	Tubo Estructural 60X60 400 mm	1.576	15.4448	3.152	30.8896
2	Tubo estructural 60X60 525 mm	2.069	20.2762	4.138	40.5524
4	Tubo estructural 60X60 382.44 mm	1.507	14.7686	6.028	59.0744
2	Tubo Estructural 100X100 400 mm	3.556	34.849	7.112	69.698
2	Lamina Lisa 400X2000 mm	26.459	259.298	52.918	518.596
2	Ángulo L40X60 2000 mm	7.04	68.992	14.08	137.984
1	Base giratoria + Palet	300	2940	300	2940
1	Plato giratorio	108.174	1060.1052	108.174	1060.1052
14	ruedas	0.36	3.528	5.04	49.392
			Total	585.04	28812

Fuente: Propia, (2013).

Los bastidores tienen una longitud de 2210 mm, siendo el A el que soporta mayor carga, debido a que la columna con el sistema de ascenso se encuentra sobre este. Por lo que los cálculos serán basados sobre el bastidor A.

El valor de la masa de la tubería estructural de 400 mm de longitud, se divide entre 2 debido a que la tubería se encuentra soportada entre los dos bastidores. Además de la masa de la estructura se debe considerar la masa del plato más la carga distribuida entre 14 ruedas y el rodamiento de apoyo dando un resultado de 27.212 kg, valor que será sumado a cada apoyo.

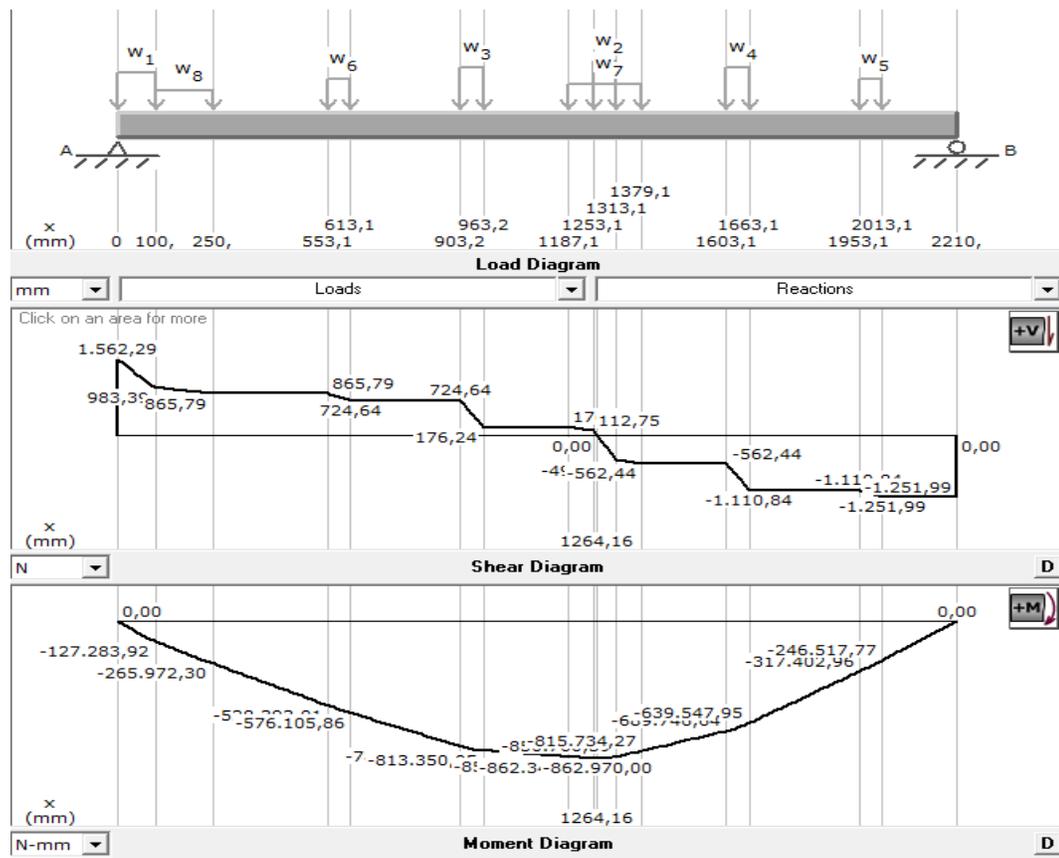


Figure 21. Fuerzas actuantes en el bastidor A. Fuente: Propia, (2013).

Teniendo el valor de las fuerzas y la longitud de los bastidores, se procede a incluir los datos en MDSolids 3.5. Para fines de cálculos en el programa los bastidores se consideraron apoyados, de esta forma se obtienen los siguientes parámetros (Figura 21). El programa MDSolids 3.5 arrojó como resultado:

- Momento máximo de 116,808.20 N.mm.
- Reacción máxima de 660.54 N.

Los tubos estructurales son perfiles de sección cerrada, conformado en frío y soldado eléctricamente por alta frecuencia, son encontrados en el mercado con una longitud de 12 m, producidos según la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) A500 Grado C, con láminas de alta resistencia, presentando un esfuerzo de fluencia $F_y = 3.515 \text{ Kgf / cm}^2$ y $F_b = 0,69 \times F_y$. Su sección transversal permite manejar flexo-compresión y alta compresión axial.

Para obtener el factor de seguridad (FS), se prosigue a realizar los siguientes cálculos. La inercia requerida se obtiene mediante la ecuación 49, para mantener las unidades similares se le realiza la conversión al esfuerzo de fluencia a 344.704 N/mm^2 .

Ec. 49. Inercia requerida en bastidores.

$$S_{xr} = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S_{xr} = \frac{1.44 \times 10^6 \text{ N.mm}}{344.704 \text{ N/mm}^2}$$

$$S_{xr} = 4.178 \times 10^3 \text{ mm}^3 = 4.178 \text{ cm}^3$$

Con un valor de inercia de 4.178 cm^3 se encuentra en el rango aceptable para usar un tubo estructural $100 \times 100 \text{ mm}$, por lo que se prosigue el cálculo. Las propiedades del tubo estructural se muestran en el anexo 18, las propiedades de la tubería estructural según CONDUVEN de $100 \times 100 \text{ mm}$ se muestran a continuación:

$$S_{xr} = 35.02 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso} = 8.89 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$I_x = 175.10 \text{ cm}^4$$

$$C = 50 \text{ mm}$$

$$A = 11.33 \text{ cm}^2$$

Con la ecuación 2, se obtiene el esfuerzo máximo siendo:

$$\sigma_{max} = 41.119 \text{ MPa}$$

Con dicho esfuerzo de flexión, se continúa a calcular el factor de seguridad del bastidor.

$$FS = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}}$$

$$FS = \frac{344.704 \text{ MPa}}{41.119 \text{ MPa}}$$

$$FS = 8.383$$

El factor de seguridad es superior a la unidad y, aunque es de 8.383 se usara el tubo estructural de 100x100 ya que, los valores usados son aproximados y se ha despreciado pesos como el tablero del sistema eléctrico, sus componentes y el sistema mecánico, además existe la posibilidad de incorporarse accesorios al sistema estructural si fuera necesario y con un factor de seguridad elevado existiría la disposición y aun así se mantuviera en un rango seguro y deseado, por lo que se confirma el tubo estructural ASTM A-36 100X100 mm como el indicado para ser usado en los bastidores.

Los cálculos fueron realizados basándose en el bastidor que soporta mayor carga ya que, soportan cargas similares a excepción de la columna del sistema de ascenso que únicamente lo soporta un bastidor, y al ser factible este tubo estructural para el bastidor de mayor carga lo será para el de menor solo que con un factor de seguridad más elevado.

2.2.6. Sistema de ascenso.

2.2.6.1. Columna para carro porta bobina.

El mecanismo de ascenso y descenso del carro portador del stretch film, se acopla a la máquina por medio de una tubería estructural puesta en forma de columna, soportando el carro porta bobina, el cual se desplazara a través de un riel, impulsado por un sistema de transmisión por poleas y tambor que se encuentran acopladas a un servomotor; este riel ira soldado a lo largo de la columna.

La columna tiene una longitud de 2 m, para el análisis de la columna, se dice que esta posee un extremo empotrado y otro libre de acuerdo con el Robert

Mott se necesita de la constante de radio de giro para su análisis, el valor de esta constante “K” sería 2.10 se procede a determinar la longitud efectiva con la ecuación 5.

$$L_{efectiva} = K * L \quad \text{Ec. 50: Longitud efectiva.}$$

$$L_{efectiva} = 4.2 \text{ m} = 4200 \text{ mm}$$

Luego de tener la longitud efectiva se procede al cálculo de radio de giro mínimo en el cual se necesitan los valores de la inercia y el área de la sección transversal, para la columna se usó tubería estructural 60X60 (ver anexo 18).

Momento de inercia (I_x) = 27.4 cm⁴.

Área transversal (A_t) = 5.02 cm².

Ec. 51: Radio de giro mínimo.

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}}$$

$$r_{\min} = 3.931 \text{ cm} = 39.31 \text{ mm}$$

Continuando con el análisis de la columna se determina la relación de esbeltez que no es mas que el cociente entre la longitud efectiva y el radio mínimo.

Ec. 52: Relación de esbeltez.

$$r_{esbelt} = \frac{L_{efectiva}}{r_{\min}}$$

$$r_{esbelt} = 3.307$$

Se determina la constante de la columna o relación de esbeltez de transición para luego compararla con la relación de esbeltez y determinar si estas columnas serán analizadas como largas o cortas.

Ec. 53: Constante de columna,

$$C_C = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{S_y}}$$

$$C_C = 107.895$$

Siendo E el módulo de elasticidad 203.292 GPa y el esfuerzo de fluencia 344.704 MPa. Comparando la constante de la columna con la relación de esbeltez (resbelt) se aprecia que $C_c > \text{resbelt}$ por tanto se analiza la columna como una larga utilizando la fórmula de Euler.

Ec. 54: Carga crítica.

$$P_{cv} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2}$$

$$P_{cv} = 3.253 \times 10^7 \text{ N}$$

Una vez calculada la carga crítica se procede a calcular el factor de seguridad en la columna.

Ec. 55: Factor de seguridad de la columna.

$$N_{cl} = \frac{P_{cv}}{C_{columna}}$$

Para obtener la carga de la columna se realizó una sumatoria de cargas que soportará la columna, donde se incluye el carro portabobinas, tablero

eléctrico, el rollo de stretch film, riel, entre otros. Dando un resultado de carga de 151.178 kg, dicha carga es multiplicada por la gravedad para obtener un valor de fuerza igual a 1451.207 N, siendo este $C_{columna}$. Se sustituye en la ecuación 57 y se obtiene un factor de seguridad en la columna de

$$N_{cl} = 22.242$$

A pesar de que el factor de seguridad se considera alto, la columna se diseñara con estas dimensiones, debido a que la tubería 60x60 es la de menor tamaño a nivel comercial.

2.2.7. Rampa

La rampa surge como necesidad debido a que la transpaleta que se usa en el almacén no posee las características necesarias para ubicar el palet en la zona de envoltura, por lo que deberá subir a través de una rampa, existen varios aspectos que se consideran para su construcción. La principal es la altura de la base giratoria, que es de 200 mm, por lo que la rampa será muy baja. Los materiales a usar en la rampa son sobrantes de la base del plato giratorio y del tubo estructural usado en los bastidores, ya que este se encuentra a la venta con una longitud mínima de 12 mts.

La lámina estriada es un acero ASTM A-36 y el tubo estructural es un ASTM A-500 grado C, propiedades en el anexo 5.

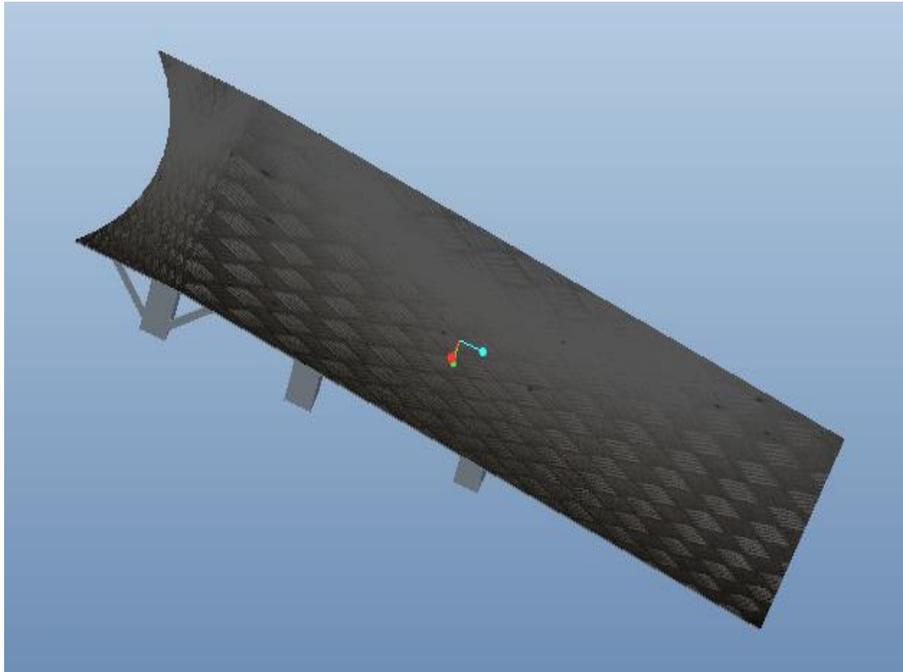


Figura 16: Rampa. Fuente: Propia (2013).

Los cálculos para obtener el factor de seguridad se realizó basándose en el masa que soporta la rampa son los 300 kg del palet, 100 kg del operador y 200 kg de la transpaleta, dando como resultado 600 kg. La carga no será constante debido a que es solo un paso para llegar a la base giratoria, por lo que se considera una carga repetida en un material dúctil.

La fuerza que actúa sobre la lámina estriada es la masa soportada multiplicándose por el valor de la gravedad dando como resultado 5884 N, este se considera una carga distribuida por lo que se divide entre la longitud siendo esta, de 2700 mm. Por lo que la fuerza distribuida es de 2.179 N/mm, teniendo la fuerza distribuida y las dimensiones de los soportes, por medio del programa MDSolids 3.1 se obtiene el valor de la reacciones siendo $V= 932.37$ N y el del momento $M= 873,363.74$ N.mm

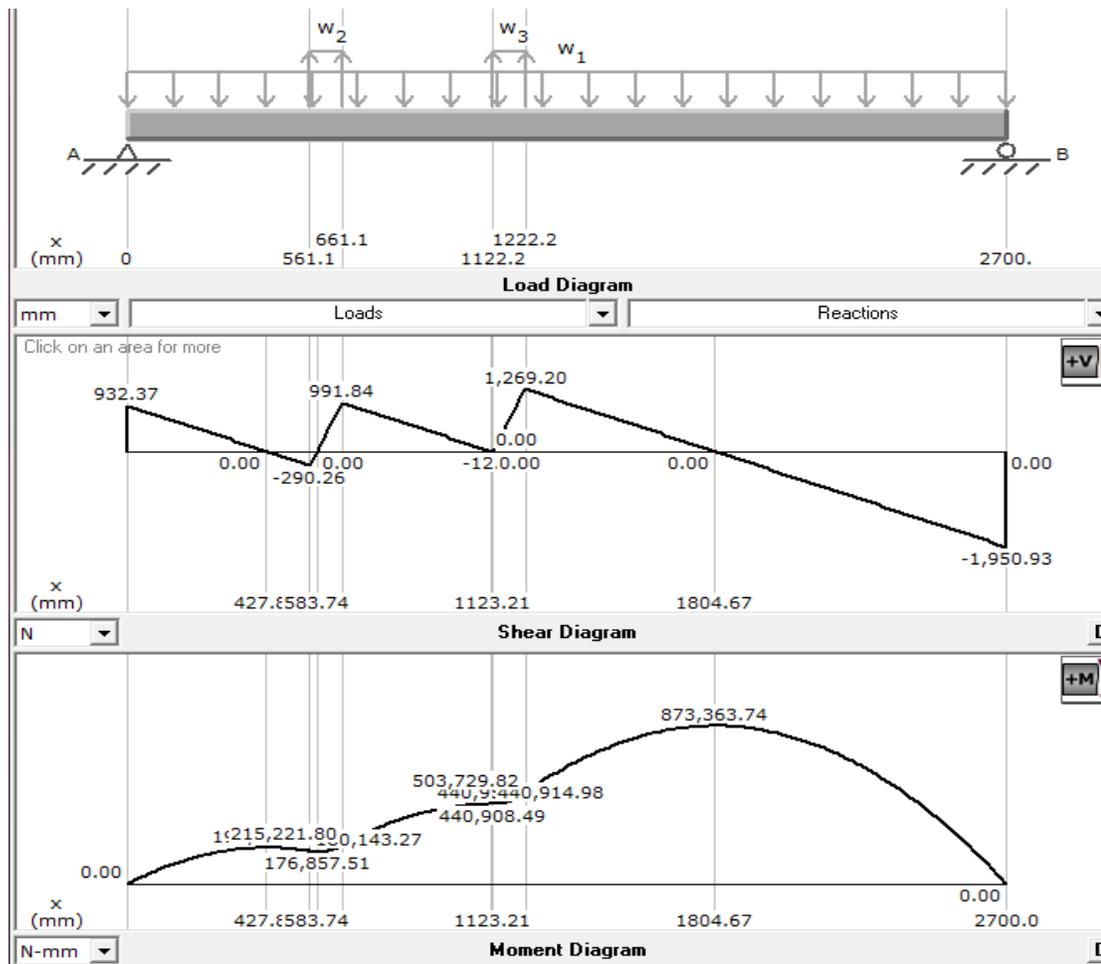


Figure 23. Diagrama de cuerpo libre, y momento de lámina. Diagrama de cuerpo libre, y momento de lámina. Fuente: Propia, (2013).

De acuerdo al apéndice 7, de la página A-13 del Robert Mott, para un material ASTM A-36 su resistencia a la tensión es de $S_{ut} = 400$ MPa, y su resistencia a la fluencia $S_y = 250$ MPa (Ver anexo N°5).

Se procede a determinar el momento de inercia con la ecuación correspondiente a la geometría de la lámina a estudiar. (Ver anexo N° 1).

Ec. 56. Momento de inercia en la viga.

$$I_x = \frac{B * H^3}{12}$$

Dónde:

I_x: momento de inercia.

B: longitud de la viga.

H: alto de la viga.

B = 1000 mm

H = 6 mm

$$I_x = 1.8 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Una vez determinado el momento de inercia, y teniendo en cuenta un valor para C= 3 mm, debido a que el espesor de la lámina estriada es de 6 mm; se prosigue a determinar el esfuerzo de la lámina transversal.

$$\sigma = \frac{M \times C}{I_x}$$

$$\sigma = \frac{873,363.74 \text{ N.mm} \times 3 \text{ mm}}{1.8 \times 10^4 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma = 145.561 \text{ Pa}$$

Con el esfuerzo de flexión determinado, se procede a calcular el factor de seguridad de la lámina.

$$F_s = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{sup}}$$

$$F_s = \frac{249 \text{ Mpa}}{109.8 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 1.71$$

Con un factor de seguridad de 1.71, es una rampa segura para transportar la paleta hasta la base giratoria. En el diseño de la rampa también abarca el análisis de los apoyos de esta, los cuales serán analizados como columnas, para este análisis se toma el apoyo de mayor longitud, la cual posee una longitud de 194 mm la cual posee un extremo empotrado y otro apoyado en el suelo por tanto se puede analizar como un empotramiento en ambos extremos tomando el valor de la constante "K" un valor de 0.65, según Robert Mott; ver ecuación 52. Los cálculos son realizados para un tubo estructural 60x60 ver propiedades en anexo 19.

$$L_{efectiva} = K * L \quad \text{Ec. 57: Longitud efectiva.}$$

$$L_{efectiva} = 126.1 \text{ mm}$$

Luego de tener la longitud efectiva se procede al cálculo de radio de giro mínimo en el cual se necesitan los valores de la inercia y el área de la sección transversal, para la columna se usó tubería estructural 60X60 (ver anexo 4).

Momento de inercia (I_x) = 175.10 cm⁴.

Área transversal (A_t) = 11.33 cm².

Ec. 58: Radio de giro mínimo.

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}}$$

$$r_{\min} = 3.93 \text{ cm} = 39.3 \text{ mm}$$

Continuando con el análisis de la columna se determina la relación de esbeltez que no es mas que el cociente entre la longitud efectiva y el radio mínimo.

Ec. 59: Relación de esbeltez.

$$r_{esbelt} = \frac{L_{efectiva}}{r_{min}}$$

$$r_{esbelt} = 3.20$$

Se determina la constante de la columna o relación de esbeltez de transición para luego compararla con la relación de esbeltez y determinar si estas columnas serán analizadas como largas o cortas.

Ec. 60: Constante de columna,

$$C_C = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{S_y}}$$

$$C_C = 107.895$$

Siendo E el módulo de elasticidad 203.292 GPa y el esfuerzo de fluencia 344.704 MPa. Comparando la constante de la columna con la relación de esbeltez se aprecia que $r_{esbelt} > C_C$ por tanto se analiza la columna como una corta utilizando la fórmula de Johnson.

Ec. 61: Carga crítica.

$$P_{cr} = A * S_y * \left[1 - \frac{S_y * (KL/r)^2}{4\pi^2 * E} \right]$$

$$P_{cr} = 3905.49 \text{ N}$$

Una vez calculada la carga crítica se procede a calcular el factor de seguridad en la columna teniendo la rampa una carga estimada de 600 kg dividido entre por 12 apoyos puestos en filas a lo ancho del borde de la rampa dando una carga de 150 kg en cada una.

Ec. 62: Factor de seguridad de la columna.

$$N = \frac{P_{cr}}{Pa}$$

$$N = 2.65$$

Con un factor de seguridad de 2.65 se dice que se encuentra en valores deseados.

2.2.8. Análisis de soldadura

La construcción de la máquina paletizadora engloba varios procesos de construcción y ensamblado, entre estos la fabricación y soldadura de la base, plato giratorio y carro porta-bobina de la máquina, por tanto se necesita de un análisis de soldadura a la piezas que serán unidas por medio de este método; el tipo de soldadura a utilizar será el de soldadura por arco eléctrico donde el material de aporte se funde con las superficies a unir.

La construcción de la base de la máquina comprende la soldadura de los bastidores a una plancha de acero para darle integridad al diseño, la columna que soporta el sistema de ascenso, además de la junta de los brazos de apoyo para el plato giratorio, existen varios tipos de métodos de unión soldada por arco eléctrico, en la unión de las piezas para la confección

de la base se requiere que la soldadura sea por filete, como se aprecia en el diagrama del soldadura de la figura 17.

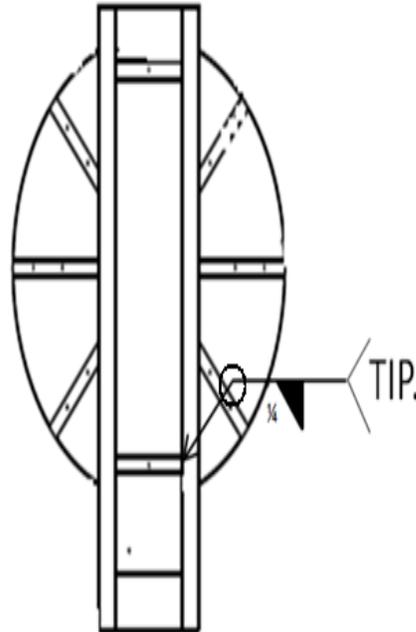
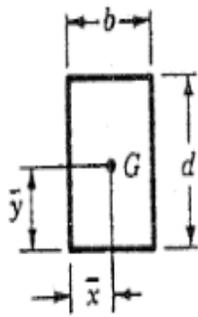


Figure 24. Plano de soldadura para unión de brazos de apoyo a bastidores, Fuente: Propia (2013).

Se analiza el brazo de apoyo más largo cuya medida es 525 mm por ser el que mayor longitud posee por tanto el que genera mayor momento flector, se realiza una soldadura de filete por todo el borde exterior de la tubería, siendo este tipo de soldadura típica para todas las uniones de los brazos de apoyo.

Las propiedades geométricas de un cordón de soldadura de filete son las siguientes mostradas en la figura 18.



$$b = 60 \text{ mm}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

$$A = 1.414 * h * (b + d) \quad \bar{x} = \frac{b}{2}$$

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) \quad \bar{y} = \frac{d}{2}$$

“h” es la altura de la garganta que para un espesor de material mínimo de un $\frac{1}{4}$ ” (3 mm) se tiene una altura de garganta de 3 mm (ver anexo 15), para este caso el espesor de material es de 2,25 mm por tanto se toma la altura de garganta mínima de la norma siendo esta 3 mm; con estos datos se determina el área y la inercia del cordón de soldadura.

Ec. 63. Área del cordón soldado por soldadura de filete.

$$A = 1.414 * h * (b + d)$$

Ec. 64. Inercia del cordón de soldadura.

$$I_u = \frac{d^2}{6} * (3b + d)$$

Teniendo un valor de ambas variables respectivamente de 509.04 mm^2 y $1.44 * 10^5 \text{ mm}^3$ con el último valor ahora se determina la inercia del cordón soldado con respecto al centroide de la soldadura.

Ec. 65. Inercia del cordón soldado con respecto al centroide.

$$I = I_u * 0.707 * h$$

$$I = 3.054 * 10^5 \text{ mm}^4$$

Teniendo estos datos se procede a calcular el esfuerzo generado en la junta:

Ec. 66. Esfuerzo generado en la junta soldada.

$$\sigma = \frac{420 \text{ N}}{A} + \frac{(131040 \text{ N} * \text{mm} * 32.25\text{mm})}{I}$$

$$\sigma = 2.127 \text{ Ksi.}$$

Por último para este análisis para el cálculo del factor de seguridad, para el cual se toman las propiedades del metal de soldadura según el material de aporte que posea el electrodo, ver anexo 16. Con las características del metal de aporte para un electrodo E6013 la resistencia a la tensión es igual a 62 Kpsi y el esfuerzo genera en la junta se determina el factor de seguridad:

$$F_s = \frac{62 \text{ Ksi}}{\sigma}$$

Dando un factor de seguridad de 29.156, se observa un factor de seguridad alto pero, el electrodo usado es el de menor número de electrodo disponible en el mercado y dado a que el espesor de garganta es el mismo no se realizan modificaciones en el diseño de las uniones soldadas, como se ilustra en la figura 26, en la base todas las juntas son típicas es decir se repite el mismo proceso de soldadura por filete a los brazos de apoyo del plato giratorio, por esta razón solo se analizó un brazo de apoyo el que posee mayor momento flector.

Para la fabricación del plato giratorio se procederá con el corte y unión soldada de estos, por medio de una soldadura de tapón es decir de relleno ya habiendo estudiado las reacciones del plato se determinó no ser necesario el análisis de soldadura para esta junta.

2.3. Sistema eléctrico.

El proceso del paletizado conlleva en esta máquina 2 acciones, las cuales son el embobinado de la carga en el palet y el giro de esta en el plato, además de los mecanismos de accionamiento y potencia; este equipo de almacén necesita de un circuito de control por cada sistema.

2.3.1. Sistema de ascenso y descenso del stretch film:

Este sistema por medio de un motorreductor el cual en su eje tiene acoplado un tambor con un cable de acero conectado en uno de sus extremos al carro porta bobina, este tiene como posición de arranque la parte inferior de la columna de apoyo, el cual a su vez es el punto de final de proceso de embobinado, el motorreductor gira en un sentido haciendo que el carro se eleve, para que el carro baje el motor debe girar en el sentido contrario, para esto se necesita de un circuito de control para la inversión de giro del motorreductor, en el cual la señal para que se lleve a cabo la inversión de giro, se dará por medio de un sensor de final de carrera (Limit Swich) el cual envía la señal al motor, luego el carro porta bobina baja hasta chocar con otro limit Swich que enviara otra señal que es la del apagado del motor.

En el proceso de inversión de giro para que se lleve a cabo, se requiere de un motorreductor trifásico; para garantizar la integridad del motorreductor en

el cambio de giro debe existir un tiempo de parada ya sea de 3 a 6 segundos este tiempo se controlara por medio de un temporizador, este circuito de control tendrá una tensión de 220 voltios ya que la compra de transformadores y la compra de dispositivos eléctricos de 24 voltios se traduce en un costo más elevado del sistema eléctrico, este circuito posee además para protección de la integridad de los componentes de la máquina tanto eléctricos como mecánicos un botón de parada en caso de que se detecte una falla en el proceso y un fusible de control para proteger los elementos y dispositivos eléctricos de las subidas de voltaje en el sistema eléctrico del galpón.

El diagrama de conexión eléctrica de cada componente del circuito de inversión de giro del motorreductor en el sistema de ascenso y descenso del stretch film se puede observar en el apéndice 22, mayor referencia plano E1

El circuito posee luces pilotos de colores rojo y verde indicativos de que la máquina se encuentra en stand by (espera) o en funcionamiento, luces que son de gran provecho al momento de detectar una falla en el sistema eléctrico.

2.3.2. Sistema de control para el plato giratorio.

Este sistema de control no posee la complejidad del anterior, ya que este sistema no requiere de una inversión de giro, donde solo se necesita un dispositivo de arranque y un botón de paro de emergencia, así como de unas luces pilotos para indicar el estado de la máquina ya sea en funcionamiento o parada, ver apéndice 23 para mayor apreciación (plano E2).

CAPÍTULO III

PROCESO DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLE DEL SISTEMA DE SOPORTE ESTRUCTURAL

Para este capítulo se describe de manera detallada los pasos en el proceso de construcción de la máquina, partiendo de los planos realizados. Se describe el proceso de fabricación y ensamblado de partes o componentes que lo ameriten. A continuación, se presentará un reglón de elementos que conforman el sistema estructural.

- Sistema de Ascenso.
 - a. Columna y riel.
 - b. Carro porta bobina.
 - c. Ganchos de soporte.
 - d. Carcasa del sistema de ascenso.

- Sistema Giratorio.
 - a. Bastidores.
 - b. Brazos de la base.
 - c. Plancha base de acero del bastidor.
 - d. Plato.

- Rampa.
 - a. Soportes.
 - b. Plancha.
 - c. Ganchos de agarre.

3.1. Fabricación de las piezas.

3.2. Fabricación de las piezas.

Como ha sido mencionado anteriormente la máquina paletizadora está dividida por dos sistemas; sistema de ascenso y de giro, además de los dos sistemas se construyó una rampa para dar opción a ser trasladadas las paletas por transpaletas y no necesariamente por montacargas.

3.2.1. Brazos de la base y Carro porta bobina.

La base está conformada por dos bastidores, y brazos que unidos a los bastidores tienen forma de araña, diseñadas así con la finalidad de que cada brazo soporte dos ruedas que faciliten el giro y dos brazos que generan la unión de las piezas tienen una rueda. El corte de los brazos se hizo según el plano N°5, mostrado en los apéndices.



Imagen 1. Cortes de tubo estructural 60x60 a un ángulo de 45. Fuente: Propia, (2013).

3.2.2. Bastidores de la base.

Se realizaron dos cortes de la tubería estructural de 100x100 con una longitud de 2210 metros, como se muestra en el plano N° 5.



Imagen 2. Corte de bastidores. Fuente: Propia, 2013.

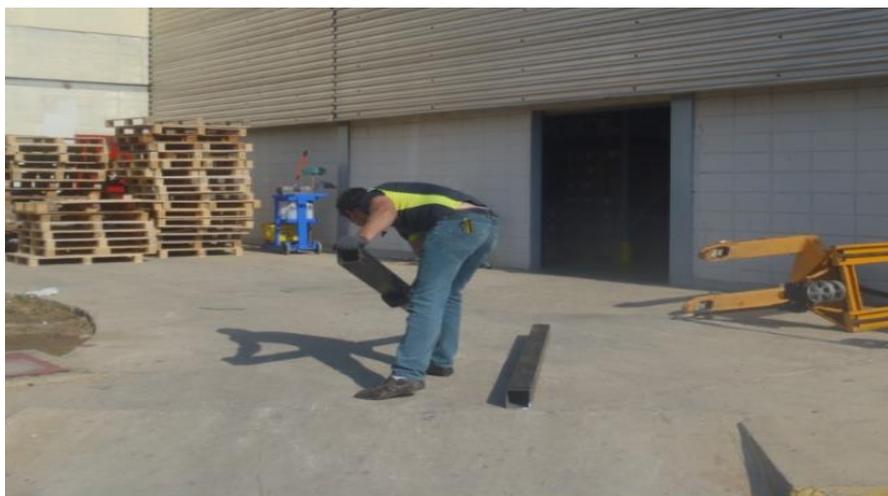


Imagen 3. Ubicando los dos bastidores. Fuente: Propia, (2013).

3.2.3. Plato.

Para realizar el corte del plato que tiene un diámetro de 1650 mm como se muestra en el plano N° 0121000, se hizo uso de dos laminas estriadas tamaño 1.20x2.40 m.



Imagen 4. Realizando trazo de corte. Fuente: Propia, (2013).

Ya que la plancha tiene un espesor de 6 mm, se realizó el corte por medio de un equipo de oxicorte, este proceso consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900 °C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos. (ver imagen 5).



Imagen 5. Cortando la lámina mediante el equipo oxicorte. Fuente: Propia, (2013).

3.2.4. Columna de ascenso.



Imagen 6. Corte de la columna de ascenso. Fuente: Propia, (2013).

La columna de ascenso fue cortada según las especificaciones mostradas en el plano N°10.

3.2.5. Riel.

El corte de riel fue realizado según las especificaciones mostradas en el plano N° 11.



Imagen 7. Corte de riel. Fuente: Propia, (2013).

3.2.6. Base.



Imagen 8. Corte de plancha base. Fuente: Propia, (2013).

La plancha usada para base se cortó según las medidas mostradas en el plano 6.

Luego de realizados los cortes de tubería se hizo un posicionamiento de piezas para tener una vista inicial de la base y así tener una verificación de las dimensiones de la máquina, ver imagen 9.



Imagen 9. Vista preliminar de armado de estructura. Fuente: Propia (2013).

3.3. Proceso de ensamble.

Una vez terminado el proceso de fabricación y recolección de piezas que conforman el sistema de soporte estructural, se procede al armado de la estructura, para así poder apreciar cómo será el resultado de la máquina.

3.3.1. Base de la máquina paletizadora.

Se soldaron los brazos a los bastidores con un electrodo 6013-3/32, dicho electrodo fue usado para toda la construcción, la distancia a la cual debía estar ubicado cada brazo se pudo observar en el plano N°0122000



Imagen 10. Unión de brazos a bastidores. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 11. Resultado de la soldadura de brazos al bastidor. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 12. Base soldada. Fuente: Propia, (2013).

Para unificar a la máquina paletizadora se prosiguió a soldar la plancha base por la superficie inferior de los bastidores, quedando de la siguiente manera (ver imagen 13).



Imagen 13. Base de la máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).

Una vez terminada la estructura de la base se procede a darle ubicación a las ruedas basándose en el plano N°8



Imagen 14. Dando ubicación a las ruedas. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 15. Ruedas punteadas. Fuente: Propia, (2013).

Continuando con el armado de la máquina, se llevó a cabo la construcción del plato que dará el giro al pallet para su paletizado, para la unión de las

planchas cortadas en dos semi-círculos, se lleva a cabo un tipo de soldadura conocida como soldadura de tapón en la cual a ambas superficies se les hace un bisel entre 45 a 60 grados y se prosigue a soldar haciendo 2 o 3 pases de soldadura.



Imagen 16. Primer pase de soldadura. Fuente: Propia, (2013).

Dando como resultado.



Imagen 17. Base de la máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).

3.4. Acabado de la máquina paletizadora.

Para el acabado de la máquina paletizadora se hizo un estudio sobre las normas de limpieza de uno de los comités internacionales que han estado presentes en el tema de la corrosión: Steel Structures Painting Council (SSPC). Más del 90% del buen desempeño de un recubrimiento depende única y exclusivamente de la correcta preparación de superficie.



Imagen 18. Máquina paletizadora antes de realizar limpieza. Fuente: Propia, (2013).

3.4.1. Preparación de la superficie.

La preparación de la superficie consiste esencialmente de dos componentes básicos, los cuales no pueden ser independiente a la vez: perfil de rugosidad y limpieza. La norma a aplicar es la SSPC-SP3 (Power tool cleaning), ya que, esta especificación da el procedimiento requerido para limpieza con herramientas eléctricas, de superficies de acero antes de pintarlas. Su definición será citada textualmente de la norma a continuación.

(Según SSPC 2011), Limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas, es un método para preparar una superficie metálica para pintar, removiendo una cascarilla de laminado, desprendida, herrumbre desprendida y pintura desprendida con cepillos eléctricos o neumáticos, impacto eléctrico o neumático, esmeril eléctrico o neumático, o por la combinación de estos métodos.

No se intenta que la cascarilla de laminado, el herrumbre y la pintura sean removidas por este método; pero la cascarilla desprendida, la herrumbre desprendida, la pintura desprendida y otros materiales extraños perjudiciales pueden ser removidos. Siguiendo la norma se realizó la limpieza de la superficie con esmeril, de manera de dejar limpia la superficie para proceder a la aplicación de fondo.



Imagen 19. Limpieza de superficie. Fuente: Propia, (2013).

Los discos usados en el esmeril fueron disco de vellon para limpieza herrumbre y eliminación de escoria, además se usó un taladro con un cepillo de alambre para ayudar a la limpieza de la superficie finalmente con un

soplete se retiró el polvo ocasionado tras la limpieza y se limpió con una mopa y gasolina.

3.4.2. Imprimación o Fondo

Los fondos son formulados para proteger la superficie con pigmentos inhibidores de corrosión que por ser vulnerables a la abrasión deben a su vez ser protegidos en el acabado final.

El fondo adecuado depende de la agresividad del ambiente y del grado de exposición del tubo dentro de la estructura. En general son productos con contenido variado de cromatos de zinc. Por lo que se aplicó una capa de fondo de 4 mils de óxido de zinc.



Imagen 20. Máquina paletizadora con el fondo aplicado. Fuente: Propia, (2013).

3.4.3. Pintura y acabado.

Representa la fase final del proceso y sirve para proteger el fondo inhibidor de corrosión, ya que la pintura o fondo son materiales de mayor dureza y resistencia a la agresividad del medio.

El acabado final adecuado depende del tipo de ambiente de exposición de la estructura, siendo recomendables las pinturas a base de poliuretanos en ambientes de mayor agresividad y a base de pigmentos alquídicos para ambientes menos agresivos. Ver anexo 14. Ya que el ambiente es poco corrosivo, se aplicaron dos capas de pintura de 1.5 mils.



Imagen 21. Acabado de la máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).

3.5. Piezas mecánicas.

Las piezas mecánicas fabricadas fueron el eje, tambor y dos soportes para los rodamientos, otros elementos como las ruedas dentadas y rodamientos se adquirieron mediante su compra, de igual manera se llevaron al torno para crear la cuña y prisioneros, para ajustar el diámetro interno.

3.5.1. Eje.

El eje fue creado con material AISI 1020, dicho material se calentó con la finalidad de facilitar a la máquina hacer que la pieza tome forma y medidas requeridas, las medidas pueden ser observadas en el plano 22.



Imagen 22. Calentamiento de la pieza. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 23. Eje tomando forma. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 24. Verificando medidas del eje. Fuente: Propia, (2013).

Al eje se le soldó una brida, dicha brida tiene la finalidad de ser el medio de acople entre el plato y el eje. Otro trabajo adicional que se le hizo al eje fueron dos agujeros para tornillos de 3/8 in de rosca fina, con un ángulo de separación de 90°, estos con la finalidad de ubicar los prisioneros usados para anclar la catarina conducida.



Imagen 25. Eje. Fuente: Propia, (2013).

3.5.2. Catarina conducida.

La catarina conducida se selecciona gracias al del catálogo de productos en línea de SKF, este tiene un diámetro externo de 7.92 in, y con un diámetro interno de 0.75 in. Esta catarina según las descripciones tiene una tolerancia del diámetro del agujero entre 0.75 in y 2.25 in. Al llevarse al torno se especificó que el diámetro del agujero debía ser de 1 ½ in, ya que es el diámetro del eje, por lo que se montó en la máquina y se devasto el diámetro interno hasta llevarlo a la medida mencionada.



Imagen 26. Mecanizando la catarina conducida. Fuente: Propia, (2013).

A la catarina se le hizo los agujeros para insertar los prisioneros y una rosca fina de 3/8 in, y finalmente se presentó en el eje. A los prisioneros se da apriete con una llave hexagonal (Allen) de 3/8. Ver imagen 28 para observar la rueda dentada finalizada.



Imagen 277. Creando los agujeros. Fuente: Propia, (2013).

3.5.3. Catarina motriz.

La catarina motriz se encuentra de forma vertical, de igual manera que el eje y la catarina conducida, esta va acoplada al eje de un motorreductor 25x50mm y cuya cuña tiene una medida de 3.5x40 mm.



Imagen 288. Rueda dentada. Fuente: Propia, (2013).

Para la catarina motriz se aplicaron dos métodos de fijación la cuña que asume el par de torsión y sobre ella el tornillo de 5/16 in que absorbe la carga axial. Para aplicar los métodos de fijación se montó la catarina al torno y se trabajó hasta tomar las dimensiones adecuadas.



Imagen 29. Devastando el diámetro interno a la catarina motriz. Fuente: Propia, (2013).

3.5.4. Soportes de rodamientos.

Son dos los rodamientos usados en el eje que da movimiento al plato, uno ubicado en la base (punto A) y otro consecutivo a la catarina conducida, apoyado el soporte sobre dos ángulos que se encuentran sobre los bastidores de la máquina paletizadora (punto C).

Los soportes no son más que una base y un cuello protector de los rodamientos, estos no requieren engrase alguno, ya que los rodamientos son sellados con este fin. Estos se ubican en la máquina mediante 4 pernos de 5/16 in.



Imagen 30. Fabricando la cuña. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 31. Corte de plancha para bases de rodamiento. Fuente: Propia, 2013.



Imagen 32. Cuello del soporte. Fuente: Propia, (2013).

3.5.5. Tambor.

El tambor se encuentra en el sistema de ascenso acoplado al motorreductor, con la finalidad de mantener sujeto el cable de acero que se encuentra conectado en su otra punta con el carro portabobinas. Esto con la finalidad de que al iniciar el proceso de envoltura el tambor gracias al movimiento del eje por la cuña gire hacia un sentido y el carro portabobinas se eleve hasta llegar a la altura de la paleta y luego el tambor gire en el sentido opuesto hasta llegar al punto de inicio, para mayor apreciación de tambor ver plano N° 23.

El tambor se creó a partir de una pieza de aluminio y se mecanizó hasta tomar las medidas requeridas. Las dimensiones del eje que es acoplado al tambor son idénticas a las del eje del motorreductor usado en el sistema giratorio, por lo que se fabricó el diámetro interno con las medidas del eje y la cuña, este tambor se encuentra posicionado de manera horizontal, con la

cuña asume el par de torsión, además se posiciona enroscando un tornillo al tambor y al eje del motorreductor. Dicho eje llegó de fábrica con la rosca para un tornillo de rosca fina de 5/8 in.



Imagen 33. Fabricación del tambor. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 34. Tambor acoplado al motorreductor. Fuente: Propia, (2013).

3.5.6. Instalación de piezas mecánicas.

El sistema de ascenso como se ha mencionado anteriormente está conformado por poleas y cable de acero, estas piezas para ser instaladas en la máquina se soldaron las bases. En total se usaron 2 poleas, un tambor y un cable de acero forrado de 5 metros de longitud. Ver imágenes 35 y 36.



Imagen 35. Polea 2 del sistema de ascenso. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 36. Polea 1 y tambor sistema de ascenso. Fuente: Propia, (2013).

El motorreductor fue anclado a la estructura con pernos de 5/16 in recomendado por la Sew Eurodrive, empresa fabricante de los motorreductores.



Imagen 37. Posicionando el eje y componentes. Fuente: Propia, (2013).

El mecanismo de giro se realizó con una cadena 50, dos catarinas, un eje, rodamientos y los soportes de los mismos, (ver imagen 38). Principalmente se ubicó la chumacera en el centro del plato, luego de ser apernado se ubicó la catarina conducida para luego insertar el eje, la chumacera del punto C, se ubicó en los ángulos. Se apernó con tornillos 5/16", arandelas de presión y arandelas planas.



Imagen 38. Sistema mecánico. Fuente: Propia, (2013).

3.6. Sistema eléctrico.

La máquina paletizadora para llevar a cabo sus funciones necesita de dos circuitos de control, para la ejecución de maniobras llevadas a cabo por dos motorreductores de $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ hp, planteados anteriormente, se habla de un circuito de control para cada motorreductor, en donde un circuito es de arranque simple y el otro es inversor de giro; para el diseño y construcción de estos circuitos se dispuso primeramente de diagramas de mando mostrados en el apéndices 24 y 25, dicho diagrama fue usado para la conexión de los instrumentos requeridos para llevar las funciones a cabo.

Teniendo los diagramas de conexión se procede con la instalación y cableado de los instrumentos en el cajetín de la máquina, empezando con la colocación de instrumentos en el cajetín por medio de riel DIN 25 atornillado al doble fondo del cajetín.



Imagen 39. Instalación de riel DIN 25 en cajetín y contactor. Fuente: Propia (2013).



Imagen 40. Instalación de instrumentos. Fuente: Propia, (2013).

Luego de fijados los rieles se procede con la instalación de los contactores relees térmicos y breaker en el cajetín. Teniendo los dispositivos en posición se procede al cableado de estos en conjunto con los pulsadores y limit switch.



Imagen 41. Conexión de pulsadores a circuito. Fuente: Propia (2013).

Se probó el circuito luego se hicieron los agujeros en la puerta para la colocación de pulsadores y luces pilotos.



Imagen 42. Probando tablero eléctrico. Fuente: Propia, (2013).

Se conectaron las fases que vienen de las bobinas a los motores para así dar por terminado el sistema eléctrico de la máquina.

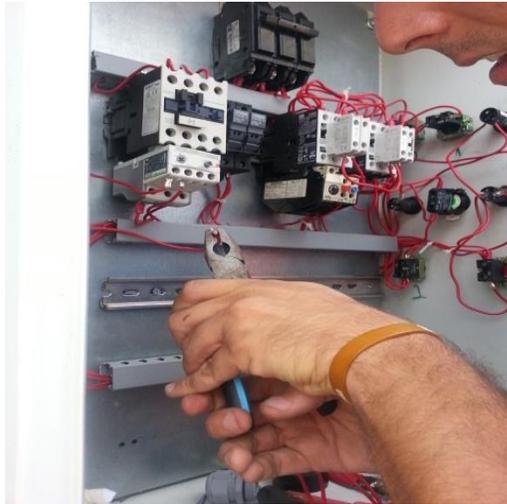


Imagen 43. Conexión de las bobinas a los motores eléctricos. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 44. Identificación de los cables a la conexión de los motores. Fuente: Propia, (2013).

Ya con el sistema eléctrico se tiene una máquina paletizadora lista para pasar a prueba.

3.7. Máquina Paletizadora.

Finalizado el ensamble estructural, mecánico y eléctrico, se puede dar por concluida la construcción de la máquina paletizadora exitosamente. Además se agrega la rampa, un accesorio necesario para ubicar la paleta sobre el plato giratorio. Ver imágenes 45 y 46.



Imagen 46. Máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).



Imagen 45. Máquina paletizadora. Fuente: Propia, (2013).

3.8. Funcionamiento de la máquina paletizadora.

Es una máquina semi-automática de base giratoria, en la cual por medio de una rampa se dispone la paleta con producto terminado, en el plato giratorio; una vez dispuesta la carga en la máquina el operador pulsa el botón de arranque del sistema del plato giratorio, se espera un tiempo breve de 2 segundos aproximadamente, para luego presionar el botón de ascenso del sistema del carro portabobinas, que sube a lo largo de la columna de ascenso, donde se encuentra ubicado un limit switch o finales de carrera (estos pueden ubicarse a la altura requerida de la paleta), que envían una señal de parada al circuito para que el carro se detenga a la altura del pallet, luego para el embobinado doble el operador presiona el botón de descenso, haciendo que el carro portabobinas baje y se ubique en su posición inicial, por medio de otro final de carrera ubicado en la parte inferior de la columna, completado el ciclo de ascenso y descenso, el operador presiona el botón de parada del plato giratorio, dando por concluida la tarea de la máquina se dispone a retirar la carga del plato. Es de considerar por parte del operador evitar ubicarse en el extremo izquierdo de la máquina, dígase donde se encuentra el carro portabobinas realizando el recorrido, para así evitar accidentes a consecuencia de descuido, el operador tampoco deberá montarse sobre el plato giratorio cuando este se encuentre en movimiento.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE LA MÁQUINA PALETIZADORA

En el capítulo a continuación se describirá el comportamiento de la máquina paletizadora al momento de embalar y ejercer sus funciones, así como también procede a la evaluación de la máquina por los operadores, una vez puesta en funcionamiento, para esto se hizo un chequeo en cada punto crítico de los elementos que conforman la máquina paletizadora siendo estos la rampa, el sistema de ascenso y descenso de stretch film, el sistema del plato giratorio, así como también se evaluó el funcionamiento de las ruedas de apoyo del plato, además se hace una evaluación del trabajo realizado por la máquina versus el trabajo realizado por un operador del almacén de la empresa.

4.1. Sistema de ascenso.

El carro porta bobinas se evaluó al terminar de soldar la columna de ascenso y se notó que se desplazaba axialmente como debía pero a su vez tenía movimiento radial, por lo que se decidió crearle una guía con material residuo de manera que se obtuvo un desplazamiento únicamente axial. Además se creó una base tope que soportara el carro portabobinas en su punto inicial.

El sistema de ascenso está conformado por el motorreductor que posee el tambor por el cual el cable de acero es retraído y desatado dependiendo del giro del motor, el carro porta bobina y el sistema estructural de apoyo del mismo. El tambor se alinea en conjunto con la polea. El tambor cuando recoge el cable de acero al momento de enrollarse en el tambor, lo hace en

un solo punto del tambor lo que hace que el carro porta bobina haga un movimiento brusco y salto cuando el cable de acero por el movimiento busca acomodarse en el tambor. Para la corrección de este problema se plantea el uso de una rueda guía para el cable de acero y así desplazarlo de manera que se enrolle en toda la longitud del tambor. El carro porta bobina gracias a gomas instaladas en el brazo del stretch film hace la fricción suficiente para lograr un embobinado ajustado y apretado produciendo un embobinado de calidad.

Se evaluó además la velocidad de ascenso del carro portabobinas, el cual gira de acuerdo a lo establecido 10 rpm, junto con el giro del plato, en un recorrido únicamente de ascenso, la película estirable cubre una capa y media. Además debe mencionarse que no se observó ningún ruido en este sistema.

4.2. Sistema giratorio.

Una vez instalados el motorreductor y el eje en las posiciones designadas se instaló la cadena y su tensor, evaluando su funcionamiento con el plato, se observa un funcionamiento idóneo sin vibración y saltos o golpes de retroceso hechos por el motorreductor.

Un punto a evaluar acerca de las ruedas de apoyo el plato era el ruido que generarían estas al funcionar, se observaron resultados favorables ya que el ruido que genera no es considerable, además de dar rigidez y robustez al diseño de la máquina, adicionalmente se debe mencionar que las medidas del plato giratorio son las adecuadas para la paleta y transpaleta.

4.3. Rampa.

La rampa cumple con el objetivo de facilitar la colocación del pallet en el plato debido a que su pendiente es reducida teniendo esta una longitud considerable, lo que reduce considerablemente el esfuerzo hecho por parte del operador, además el tener la forma de entrada al plato circular del mismo radio que del plato permite un fácil acceso.

4.4. Evaluación de la paletización por la máquina paletizadora versus paletización por un operador.

Para realizar el proceso de evaluación de la máquina paletizadora vs la paletización de forma manual, se toma la medida del tiempo de embalado, la calidad de este y la reacción del operador al culminar ambas tareas. El operador al realizar el embalado de forma manual obtuvo un primer tiempo de embalado de 30 segundos, se puede decir que es uno de los mejores resultados ya que al transcurrir la cantidad de paletas, el tiempo de paletizado aumenta, consecuencia de la fatiga del operador.

La calidad de embalado es de baja calidad e irregular ya que existe zonas donde se repite la embaladura sin embargo en otras zonas de la carga queda descubierta, esto es debido a que la visión y la fuerza ejercida por el operador no es suficiente para tener un paletizado de calidad industrial; el operador menciona sentirse agotado y mareado debido a las vueltas ejercidas de forma rápida sosteniendo el rollo de stretch film.

Luego de culminar la evaluación de forma manual, se procedió a embalar en la máquina paletizadora, el operador ubicó la paleta en el plato giratorio y

ajusto un extremo del stretch film en la paleta, presiono el botón de arranque del plato y seguidamente el de ascenso del carro portabobinas, este llega a la altura de la paleta y se apaga, con la opción de pulsar el botón de descenso y continuar el embalado o de retirar la paleta. Ya que, la paletización en la empresa se realiza de una sola capa comúnmente y se realizó así en la prueba, procedió a pulsar el botón de paro del plato giratorio.

Obteniendo así un paletizado en un tiempo de 23 segundos, este tiempo es el mayor debido a que, se realizó en la paleta de mayor altura, la calidad de embalado es constante y muy buena debido a los cálculos en un recorrido embalaba capa y media por lo que es de calidad superior en un menor tiempo. El operador menciona que la máquina paletizadora hace más sencillo su trabajo y le dará una mejor presentación a los productos emitidos por la empresa. Ver imagen 47.



Imagen 47. Operador vs máquina. Fuente: Propia, (2013).

Tabla 6. Operador vs máquina.

Forma de paletizar	Manual (Operador).	Semi-automático (Máquina)
Tiempo.	30 segundos.	23 segundos.
Calidad.	Media, no consistente.	Alta.
Estado del operador.	Exhausto	Sereno.

Fuente: Propia, (2013).

Observando la tabla de resultados, se concluye que, la máquina aparte de funcionar adecuadamente, cumple con los requerimientos de la empresa en cuanto a eficiencia, además se aprecia la nueva forma de paletizar en la empresa VIT C.A., cuya acción generará ahorros a la empresa a futuro, se aprovecha mejor el uso de los empleados y estos evitan las lesiones físicas ocasionadas o posibles a ocasionar si se continuaba con el paletizado de forma manual.

4.5. Parámetros evaluativos.

Con respecto a la máquina paletizadora, se evalúan con algunos de los parámetros mencionados en el capítulo I. Esta evaluación es realizada por los operadores de almacén una vez realizada las pruebas de paletizado a los productos de acabado final, de acuerdo a un puntaje del 1 al 5, dónde 1= Muy deficiente, 2 = Deficiente, 3 = Regular, 4 = Bueno, 5 = Muy Bueno.

Tabla 7. Evaluación de la máquina paletizadora por parte del operario.

Parámetro Evaluativos	Ponderación				
	1	2	3	4	5
Seguro					X
Desempeño					X
Económico					X
Facilidad de mantenimiento					X

Fuente: Propia, (2013).

4.6. Estimación de costos.

Se describirá de forma detallada los costos generados por la construcción de la máquina paletizadora. Estos abarcarán los costos de materiales de construcción, elementos de sujeción y mano de obra, de esta forma ser comparado con el costo de un equipo de similares características obtenido a través del mercado.

4.6.1. Costos de materiales de construcción.

A continuación se presentará una tabla con los materiales de construcción estructural, seguidamente la parte mecánica y luego eléctrica.

Tabla 8. Listado de precios de materiales de construcción de la estructura.

Cant.	Materiales de construcción	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
1	Tubería estructural cuadrada 100X100	2,102.60	2,102.60
1	Tubería estructural cuadrada 60X60	903.60	903.60
1	Ángulo L40X6	192.82	192.82
1	Lámina lisa 1.10mm	716.37	716.37
2	Lámina estriada 6mm	3,715.37	7,430.74
1	Perfil onge R30	284.71	284.71
1	Pletina 1x1/8"	49.27	49.27
2	Garrucha de 4 ruedas	147.33	294.66
14	Roldana 3"	166.36	2,329.04
Total costo de materiales de construcción			14,303.81

Fuente: Propia, (2013).

La información de los precios fue suministrada por las empresas COSEIMPA C.A. y FERREIMAN PARAGUANÁ C.A.

Tabla 9. Listado de precios de materiales de construcción del sistema mecánico.

Cant.	Materiales de construcción	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
1	Motorreductor 38 rpm	8,757.00	8,757.00
1	Motorreductor 12 rpm	7,367.00	7,367.00
1	Catarina paso 50 38 dientes	890.00	890.00
1	Catarina Paso 50 12 dientes	125.00	125.00
1	Empate cadena paso 50	20.00	20.00
1	Rodamiento 6006-2RS1	100.00	100.00
1	Rodamiento 6008-2RS1	132.00	132.00
5	Cable de acero 1/8"	22.38	111.90
1	Polea 3"	167.00	167.00
1	Polea 4"	170.00	170.00
1	Tambor 3"	200.00	200.00
1	Tensor de cadena	50.00	50.00
Total costo de materiales de construcción sistema mecánico			18,089.90

Fuente: Propia, (2013).

La información de los precios fue suministrada por las empresas Sew Eurodrive C.A., Punto Máq, C.A, Coseimpa C.A.6

Tabla 10. Listado de precios de materiales de construcción del sistema eléctrico.

Cant.	Materiales de construcción	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
2	Botón de paro rojo.	302.00	604.00
2	Botón de arranque verde.	133.93	267.86
2	Contactores trifásicos 220 V-25 Amp.	460.00	920.00
2	Limit Swich 250 V-2 Amp.	71.43	142.86
3	Contactador térmico 1 Amp-3 Amp.	260.00	780.00
1	Temporizador, de 0 a 6 seg. 220 V-20 Amp	320.00	320.00
1	Temporizador, de 0 a 6 seg. 220 V-20 Amp	320.00	320.00

Tabla 10 (cont).

3	Luz piloto color rojo	107.14	321.42
2	Fusible de control. 2 Amp	4.46	8.92
4	Cable 16 AWG	4.96	19.82
3	Contactador auxiliar 220V, 25 Amp	321.43	964.29
1	Breaker trifásico, 30 Ampx3	3,610.00	3,610.00
1	Caja 70x50x25	2,919.64	2,919.64
1	Luz piloto color verde	107.14	107.14
6	Cable 12 AWG	4.96	29.76
2	Tubería flexible de 3/4"	36.78	73.56
2	Tubería flexible de 1/2"	40.00	80.00
Total costo de materiales de construcción sistema eléctrico			11,062.13

Fuente: Propia, (2013).

La información de los precios fue suministrada por las empresas DICA C.A. Electromecánica Haba S.A.

A continuación se presentará una tabla que arrojará el valor en general de los materiales de construcción, que incluye los materiales usados para su estructura, como para su funcionamiento mecánico y eléctrico. Teniendo un valor total de 43,455.84 bs. Dicho precio puede variar a través del tiempo.

Tabla 11. Total materiales de construcción.

Descripción	Costo (Bs.)
Total materiales de construcción estructural	14,303.81
Total materiales de construcción sistema mecánico	18,089.90
Total materiales de construcción sistema eléctrico	11,062.13
Costo total de materiales de la máquina paletizadora	43,455.84

Fuente: Propia, (2013).

4.6.2. Costos de materiales de sujeción.

En este punto se describirá los costos generados por la adquisición de materiales que servirán para mantener unidas, tanto de manera permanente como reemplazable, piezas que conforman el sistema estructural.

Tabla 12. Listado de precios de materiales de sujeción.

Cant.	Materiales de sujeción	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
1	Barra rosca galv 1/2 in	42.91	42.91
22	Arandela PL 1/2	0.61	13.42
4	Torn hex G5 UNF 1/2x3	11.02	44.08
26	Tuerca hex G5 UNF 1/2x3	1.96	50.96
4	Arandela PLF-436 1/2 p/torn A-325	1.64	6.56
10	Electrodo 6013 3/32 por kg	45.00	450.00
Total costo de materiales de sujeción			607.93

Fuente: Propia, (2013).

La información de los precios fue suministrada por la empresa Tornillos Falcón, C.A., FERREIMAN PARAGUANÁ C.A.

4.6.3. Costo de pintura.

En estos costos incluye lo correspondiente a materiales para el pintado de la estructura de la máquina paletizadora, dicese los costos de preparación de la superficie, aplicación de fondo anticorrosivo y acabado, siendo el primero y segundo aplicados para prolongar la vida de la estructura. (Ver tabla 11).

Tabla 13. Listado de precios de materiales de pintura.

Cant.	Material de pintura	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
1	Desoxidante surflex	124.00	124.00
1	Cromato de zinc Galón	215.00	215.00
1	Alquídico Galón	215.00	215.00
1	Thinner acrílico Galón	80.00	80.00
Total costo de material de pintura			634.00

Fuente: Propia, (2013).

La información de precios fue suministrada por las empresas Ferretería el Ancla C.A., Coseimpa C.A.

4.6.4. Costo mano de obra.

Este costo va dirigido a las operaciones de fabricación realizada por la mano de obra.

Tabla 14. Listado de precios mano de obra.

Cant.	Actividad	Precio Unitario (Bs.)	Precio Total (Bs.)
30	Horas soldador	200.00	6,000.00
54	Horas fabricante	100.00	5,400.00
6	Horas tornero	350.00	2,100.00
12	Horas pintor	100.00	600.00
2	Horas de conductor	100.00	200.00
Total costo mano de obra			14,300.00

Fuente: Propia, (2013).

La información de los precios fue suministrado por la empresa VIT. C.A., y por el mercado laboral actual

4.6.5. Costo total de la máquina paletizadora.

A continuación se presentará una tabla que arrojará el valor general de la máquina paletizadora.

Tabla 15. Costo total de la máquina paletizadora.

Descripción	Costo (Bs.)
Costo total de los materiales de construcción	43,455.84
Costo total de los materiales de sujeción	607.93
Costo total de pintura	11,062.13
Costo total mano de obra	14,300.00
Costo de ingeniería	8,190.00
Costo total de la Máquina Paletizadora	77,615.90

Fuente: Propia, (2013).

La empresa McAlbo S.A., encargada de la venta de máquinas paletizadoras y productos familiares, ofrece una máquina paletizadora con características similares a un costo de 9,600\$ siendo al cambio 60,480.00 Bs. Englobando los costos totales de transportes desde la República Popular de China más el costo total de la embaladora, la máquina paletizadora estaría alrededor de 236,711.20 Bs. por lo que se aprecia el gran ahorro que ha tenido la empresa al construir la máquina. A continuación se presenta en una tabla, en la que se muestran detalladamente los costos de importación vía marítima y nacionalización de la máquina paletizadora extraída desde la República Popular de China.

Tabla 16. Presupuesto de importación y nacionalización de Máquina Paletizadora.

Descripción	Costo Total (Bs)
Fletes y seguros desde la República Popular de China	63,000.00
Impuestos de importación (20% costo de la mercancía)	12,096.00
I.V.A. (12% costo de la mercancía)	7,257.60
Total costo de importación	198,651.60
Servicio de agencia (0.5% costo de mercancía)	3,024.00
Comisión mínima	2,500.00
Gastos operacionales	2,000.00
Transporte	1,500.00
Reconocimiento por contenedor	1,000.00
Gastos portuarios por contenedor	500.00
Habilitación RX por contenedor	600.00
Habilitación resguardo aduanero por contenedor, almacenajes, y otras facturas	400.00
Total general	176,231.20

Fuente: Propia, (2013).

La información de la tabla fue suministrada por la agencia de aduana y servicios navieros ADUAIMPORT C.A.

El costo que genera construir una maquina paletizadora es de 77,615.90 Bs, sin embargo, debido a que la empresa contaba con personal y herramientas requeridas para el trabajo el costo real para la empresa fue de 55,497.77 bs. , considerable accesible para la empresa ya que con una máquina de características similares importado desde la República Popular de China, genera un ahorro de inversión para la empresa 181,213.43 Bs.

	VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA, C.A	Código: VIT-PGPI-GI-001
	CARTA DE CONFORMIDAD	Revisión: 0 Año de Emisión: 2012 Página: 1 de 1

Punto Fijo; 25 de Abril del 2013

A quien pueda interesar.

Yo, **Argenis Acosta** portador de la cédula de identidad N° 15.017.580, en calidad de tutor industrial; hago constar que los bachilleres **Villarreal Manaure Jessamir Fiorelli** y **Ocando Gámez Elías David**, portadores de la cédula de identidad N° 19.944.376 y 20.931.799, cumplieron a cabalidad con todos los objetivos y actividades del trabajo de grado denominado "CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PALETIZADORA PARA LA EMPRESA VENEZOLANA DE INDUSTRIA TECNOLÓGICA C.A. (VIT)", estando conforme con el producto, y bien adquirido por la empresa resultado de este exitoso proyecto, una máquina paletizadora construida y ensamblada dentro de la empresa, que además cumple con los requerimientos exigidos por la empresa, como lo son eficiencia, seguridad y economía, generando un ahorro estimado de más del 50 por ciento, lo que significaría comprar la máquina paletizadora a fabricantes ubicados en el exterior del país.

Sin más nada que hacer referencia, se despide.

Atentamente,

 Venezolana de Industria Tecnológica S.A.
 Gerencia de Almacén y Suministro
 Punto Fijo
ING. ARGENIS ACOSTA SANZ

SUB GERENTE DE ALMACEN

CONCLUSIONES

Para el proceso de construcción de la estructura de la máquina paletizadora, se estimó un costo de 24,845.74 Bs, para el sistema mecánico hubo un costo de 19,589.90 Bs y finalmente para el sistema eléctrico tuvo un costo de 11,062.13 Bs. Sumando un costo total en la construcción de la máquina paletizadora de 55,497.77 Bs. Significando un ahorro de 181,213.43 Bs.

Los materiales usados fueron fabricados y ensamblados en República Bolivariana de Venezuela, y en su mayoría los materiales se encuentran en la región. Esto con el propósito de obtener una máquina con materiales sencillos de localizar para reparación o realizar mantenimiento a futuro.

La máquina paletizadora llegó en el momento adecuado para la empresa ya que cada vez aumenta su producción y solicitud de órdenes, por lo que se debe paletizar de manera rápida. El paletizado es consistente y resistente, se nota un acabado correcto; dando una mejor presentación a los productos de la empresa VIT C.A.

Para el diseño y construcción de la máquina paletizadora se recolecto y analizo información técnica, de las máquinas paletizadoras presentes en el mercado, se analizó el diseño de cada una y se tomó apunte de los mecanismos que hacían funcionar una máquina paletizadora. Se seleccionó un diseño robusto económico y seguro, como lo es la máquina paletizadora de brazo fijo, ya que cumple y satisface todas las necesidades de la empresa.

Se estableció el diseño conceptual de la máquina paletizadora. Una vez seleccionada la alternativa de diseño, se dividió la máquina en subsistemas, se hicieron esbozos, seleccionando los mecanismos más versátiles y económicos disponibles en el mercado venezolano, bajo normas y requerimientos de la empresa para el proceso de paletizado, donde el diseño de los mecanismos de la máquina se fundamenta en bases y procedimientos certificados por normas y referencias bibliográficas de renombre.

Se procedió a la fase de construcción y ensamble, en donde se llevó a cabalidad el diseño conceptual y detallado de la máquina, en donde se hicieron replanteos en puntos de la máquina, lo que otorgo seguridad y estética al resultado final.

Finalmente se evaluó el funcionamiento de la máquina, teniendo resultados muy favorables sobre esta, la máquina paletizadora cumple con los requisitos emitidos por la empresa y satisface al personal de la gerencia de almacén. La máquina paletizadora puede embalar dependiendo de la altura en un tiempo máximo de 23 segundos.

Con la construcción de la máquina paletizadora para la empresa VIT C.A., se cumplió uno de los principales objetivos de la empresa que era obtener una máquina paletizadora a un costo drásticamente por debajo de los precios del mercado dado que el gasto en una maquina paletizadora no solo implica su compra si no también el costo del flete, lo que puede llegar a aumentar el precio hasta el doble de lo que vale la máquina construida en la empresa.

RECOMENDACIONES

Usar rollo de stretch film especial para paletizado en procesos automáticos, debido a que este es un rollo de mayor capacidad de paletas, y además de ser más denso tiene más resistencia por tanto, ofrece una mejor protección a la paleta ya envuelta, además es un rollo de diámetro mayor, por lo que disminuye el procedimiento de carga de rollo.

Aunque la máquina paletizadora está diseñada para tener el menor mantenimiento posible se recomienda estar pendiente de la lubricación de los sistemas especialmente en del plato giratorio y los niveles de aceite en el motor. Para un proceso más controlado, se recomienda la instalación de un variador de frecuencia en el sistema, teniendo mayor control en las RPMs de los motorreductores.

Cumplir medidas de seguridad sobre el uso de la máquina establecidas previamente, como no montar el pallet mientras el plato esté en funcionamiento; estando la máquina en funcionamiento, ubicarse siempre en la zona del tablero de control de la máquina, en caso de anomalía en el funcionamiento de la máquina presionar botones de paro de emergencia.

Establecer una medida de paletas, ya sea por día, o semana para así evitar el movimiento constante del punto limite. De preferencia añadir un sensor de proximidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Citas electrónicas.

- Alfa montacargas S.A. Consultado el 20/12/2013 en:
<http://www.alfamontacargas.com/>
- Comité costarricense de logística - "CCL" (2003). Manual de logística de paletización. [Manual]. Consultado el 21/10/2012 en:
<http://www.winesinform.com/manualpaletizacion.pdf>
- Ensamble de computadoras y telefonía en Venezuela (2010). Venezolana de Industria Tecnológica (VIT), [Artículo]. Consultado el 24/10/2012 en: <http://informaticaiutdelosllanos.blogspot.com/2010/11/vit-vtelca-y-orinoquia-view-more.html>
- Materiales los Andes. Características de lámina lisa. Consultado el 29/01/2013. Disponible en:
<http://www.materialeslosandes.com/tproductos.php?pagina=laminasybobinas>
- Materiales los Andes. Características de los ángulos. Consultado el 16/01/2013. Disponible en:
<http://www.materialeslosandes.com/tproductos.php?pagina=angulos>
- Materiales los Andes. Características de los tubos estructurales. Consultado el 16/01/2013. Disponible en: http://www.materialeslosandes.com/tproductos.php?pagina=conduven_e_stru

- Mc Albo especialistas en materiales y maquinaria de empaque. Catalogo en línea de equipos paletizadores y stretch film. Consultado en 19/12/2012. Disponible en: <http://www.mcalbo.com/>
- Moreno, C. (2012). La Paletización, [Artículo]. Consultado el 30/10/2012
en: http://www.empaqueperformance.com.mx/news_viewed.asp?did=852.
- No-el. Catalogo en línea de productos de automatización industrial. Consultado el 18/12/2012. Disponible en: <http://www.noel-automation.com/gallery/>
- Reo-pack solutions. Maquinas paletizadora automáticas. Consultado el día 17/12/2012. Disponible en: <http://reo-pack.com/index.php/en/solutions/stretch-film-wrapping/full-automatic>
- Representaciones Norveg S.A. de C.V. Las ventajas de envolver a máquina vs la envoltura manual, [Artículo]. Consultado el 19/10/2012 en: <http://www.rnorveg.com/articulo-envolvedoras-tarmias.php>
- Schroeder. Catalogo en línea de envolvedoras de pallet. Consultado el día 17/12/2012. Disponible en: <http://www.schroeder.com.mx/images/envolvedoras/qxtplus.jpg>
- Skf. Calculador de rodamientos. Consultado el 19/01/2013. Disponible en: <http://webtools3.skf.com/BearingCalc/>

- Skf. Catalogo interactivo. Consultado el 18/01/2013. Disponible en: <http://www.skfptp.com/GroupSrch.aspx?gid=sprockets&jmp=true&lng=11>

- T.O. Pallets fábrica de pallet. Especificaciones de pallet producidas. Consultado el 19/12/2012. Disponible en: <http://www.topallets.com/product.html>

- Unicon. Características de la lámina estriada. Consultado el 29/01/2013. Disponible en: <http://unicom.com.ve/laminas.html>

- Valdez, M. (2012). (VIT) aumentará su capacidad de producción (+Audio), [Artículo]. Consultado el 20/10/2012 en: <http://radiomundial.com.ve/article/vit-aumentar%C3%A1-su-capacidad-de-producci%C3%B3n-audio>

- Wulftec. Catalogo en línea de envolvedoras de pallet Wulftec. Consultado el 17/12/2012. Disponible en: http://www.wulftec.com/espanol/stretch_wrappers.asp

Entrevistas.

- Alfredo Martínez. Días 25 y 28 de Febrero de 2013.

- Ángel Sánchez. Día 19 de abril de 2013.

- Fausto Civolanni. Días 29 de marzo y 01 de abril de 2013.

- Francisco Ventura. Días 22 y 23 de Mayo de 2013.

- Simón Fernández. En varias ocasiones.

Libros.

- Mott, R. (2006). **Diseño de Elementos de Máquinas**. México: Editorial Prentice Hall, 4ta edición.
- Shigley, J. (1985). **Diseño en Ingeniería Mecánica**. México. Distrito Federal: Editorial Mc Graw Hill.
- COVENIN (N° 2248-87). 10/12/2012. *Código nacional para montacargas,624-72, 28/03/2011*

Programas.

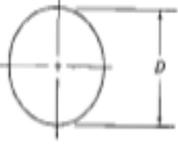
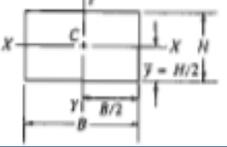
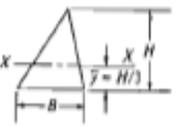
- Mathcad Prime 1.0
- MDSolids 3.5.
- Pro-engineer Wildfire 5.0

ANEXOS



Apéndices

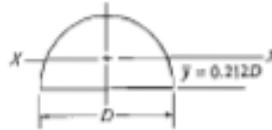
APÉNDICE 1 PROPIEDADES DE LAS ÁREAS

a) Círculo 	$A = \pi D^2/4 \quad r = D/4$ $I = \pi D^4/64 \quad J = \pi D^4/32$ $S = \pi D^3/32 \quad Z_p = \pi D^3/16$
b) Círculo hueco (tubo) 	$A = \pi(D^2 - d^2)/4 \quad r = \sqrt{D^2 + d^2}/4$ $I = \pi(D^4 - d^4)/64 \quad J = \pi(D^4 - d^4)/32$ $S = \pi(D^3 - d^3)/32D \quad Z_p = \pi(D^3 - d^3)/16D$
c) Cuadrado 	$A = S^2 \quad r = S\sqrt{12}/4$ $I = S^4/12$ $S_x = S^3/6$
d) Rectángulo 	$A = BH \quad r_x = H\sqrt{12}/4$ $I_x = BH^3/12 \quad r_y = B\sqrt{12}/4$ $S_x = BH^2/6$
e) Triángulo 	$A = BH/2 \quad r = H\sqrt{18}/4$ $I = BH^3/36$ $S = BH^2/24$

A-2

Apéndices

f) Semicírculo



$$A = \pi D^2/8$$

$$I = 0.007D^4$$

$$S = 0.024D^3$$

$$r = 0.132D$$

g) Hexágono regular



$$A = 0.866D^2$$

$$I = 0.06D^4$$

$$S = 0.12D^3$$

$$r = 0.264D$$

A = área

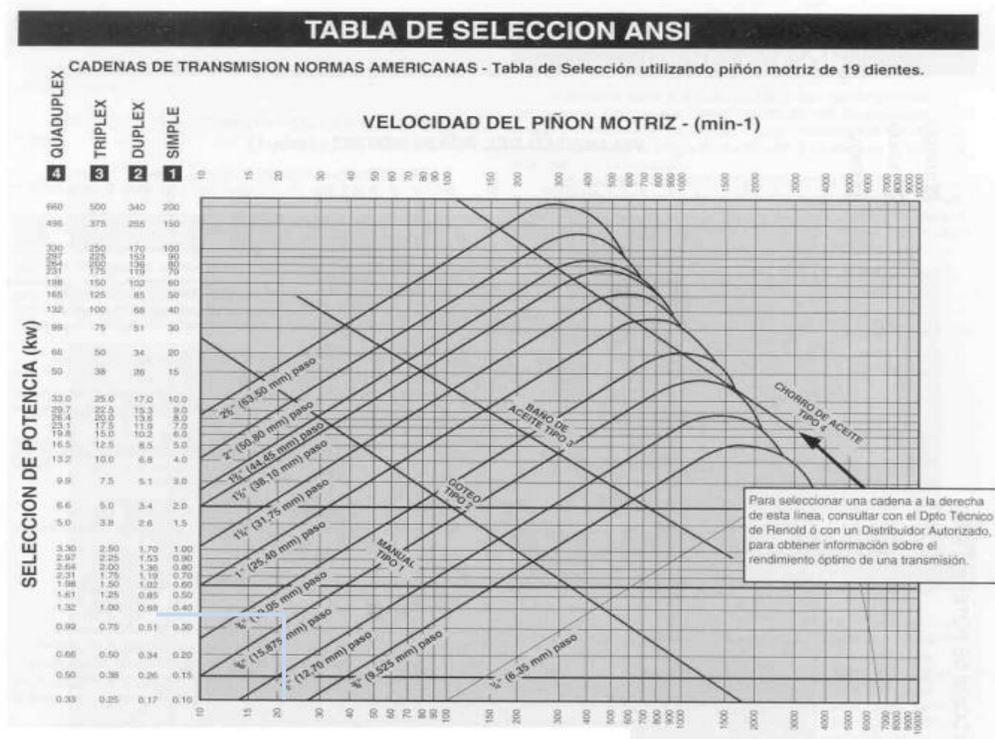
I = momento de inercia

S = módulo de sección

r = radio de giro = $\sqrt{I/A}$

J = momento polar de inercia

 Z_p = módulo polar de sección

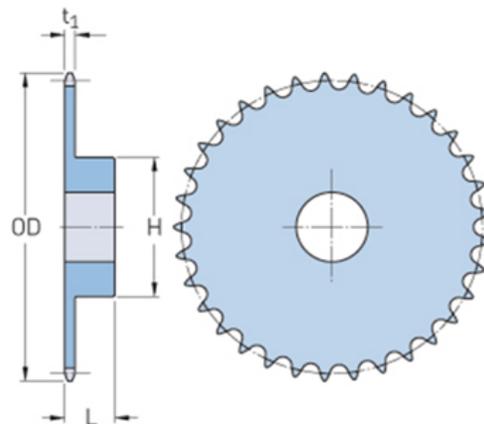


Anexo 2. Tabla de selección de cadena. Fuente: Renold, (2008).



Piñones
Piñones ANSI sencillos, agujero en bruto
PHS 50-1B38

Paso P (pulg.)	0.63
Número de dientes	38
Diámetro (pulg.)	7.92
Agujero mínimo (pulg.)	0.75
Agujero máximo (pulg.)	2.25
Cubo H (pulg.)	3.25
Cubo L (pulg.)	1.25
Peso (lbs)	6.08

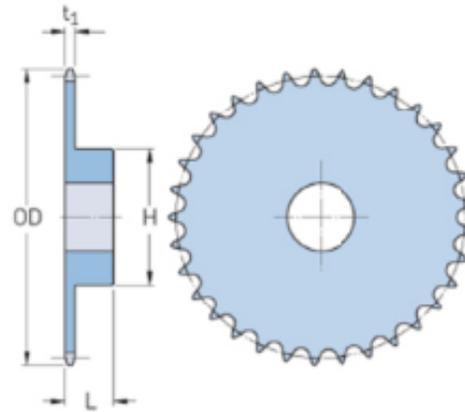


Anexo 3. Catarina Conducida. Fuente: SKF, (2013).



Piñones
Piñones ANSI sencillos, agujero en bruto
PHS 50-1B12

Pase P (pulg.)	0.63
Número de dientes	12
Diámetro (pulg.)	2.71
Agujero mínimo (pulg.)	0.63
Agujero máximo (pulg.)	1.25
Cubo H (pulg.)	1.98
Cubo L (pulg.)	1
Peso (lbs)	0.83



Anexo 5. Catarina motriz. Fuente: SKF, (2013).

Apéndices

A-13

APÉNDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$r \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$r \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$r \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$r \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4106, especificadas por la SAE.

Anexo 4. Propiedades de los aceros estructurales. Fuente: Mott R., (2006).

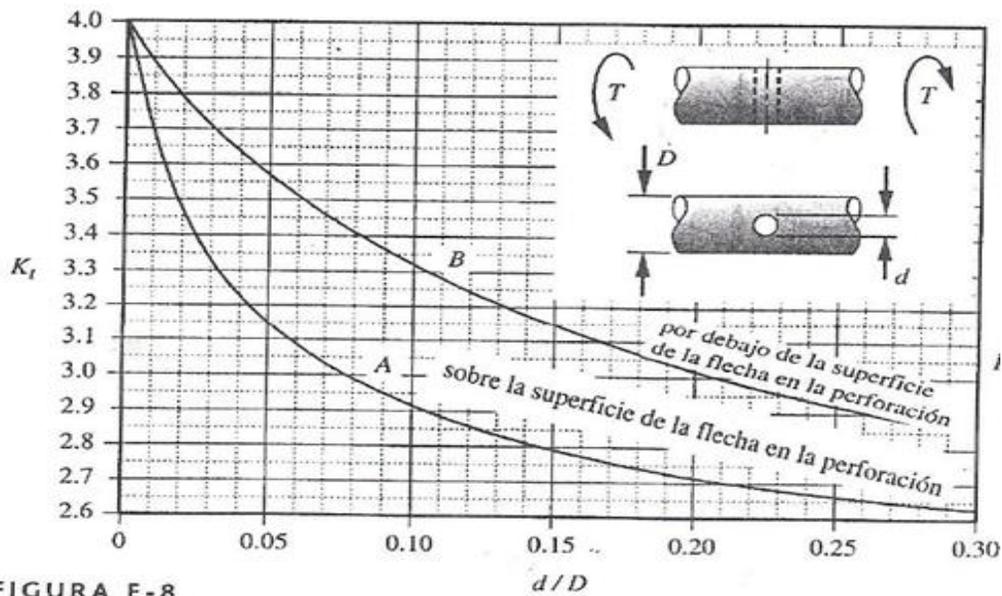


FIGURA E-8

Anexo 6. Factor de concentración de esfuerzos. Fuente: R. Mott, (2006).

Tabla 17-15 DATOS SOBRE CABLES METÁLICOS O DE ALAMBRE

Cable	Peso lb/pulg	Diámetro mínimo de polea pulg	Tamaños estándares d, pulg	Material	Tamaño de los alambres exteriores	Módulo de elasticidad* Mpsi	Resistencia kpsi †
6 × 7 arrastre	1.50d ²	42d	1-1½	Acero monitor	d/9	14	100
				Acero de arado	d/9	14	88
				Acero suave para arado	d/9	14	76
6 × 19, de itaje estándar	1.60d ²	26d-34d	1-2½	Acero monitor	d/15-d/16	12	106
				Acero de arado	d/15-d/16	12	93
				Acero suave para arado	d/15-d/16	11	100
6 × 37, flexible especial	1.55d ²	18d	1-3½	Acero monitor	d/22	11	88
				Acero de arado	d/22	10	92
8 × 19, flexible extra	1.45d ²	21d-26d	1-1½	Acero monitor	d/15-d/19	10	80
				Acero de arado	d/15-d/19	...	124
7 × 7, de aviación	1.70d ²	...	1-1½	Acero resistente a la corrosión Acero al carbono	...	...	124
7 × 19, de aviación	1.75d ²	...	1-1½	Acero resistente a la corrosión	...	...	135
				Acero al carbono	...	...	143
De 19 alambres, de aviación	2.15d ²	...	1½-1¾	Acero resistente a la corrosión	...	...	165
				Acero al carbono	...	...	165

Anexo 7. Propiedades de cables de acero. Fuente: Shigley, (1985).

Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de una hilera de bolas

$f_0 F_a/C_0$	Juego Normal			Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,40	0,44	1,40
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,30
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

Los valores intermedios se obtienen mediante la interpolación lineal

Anexo 8. Factores de cálculo para los rodamientos rígidos de una hilera de bolas. Fuente: SKF, (2008)

Valores para el factor de ajuste de la vida a_1

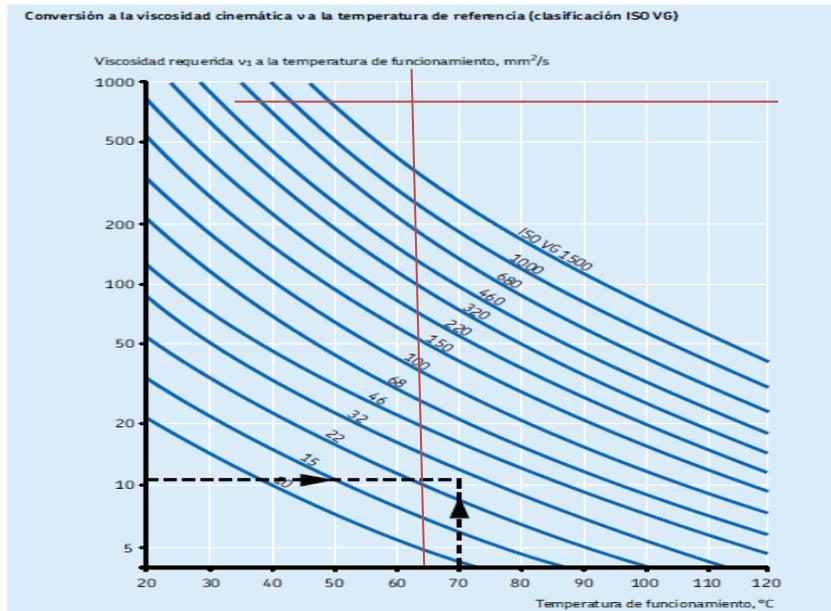
Fiabilidad %	Probabilidad de fallo n %	Vida nominal SKF L_{nm}	Factor a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

Anexo 9. Valores para el factor de ajuste de la vida a_1 . Fuente: SKF, (2008).

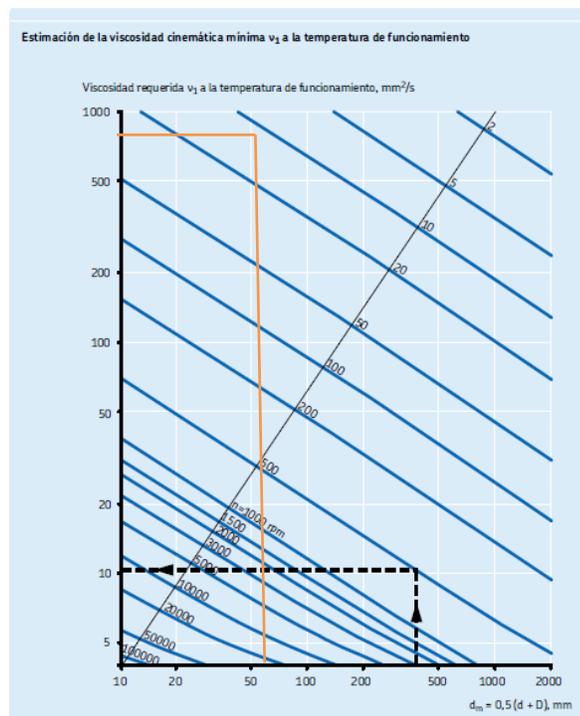
Valores orientativos para el factor η_c para distintos niveles de contaminación		
Condición	Factor η_c ¹⁾	
	para rodamientos con diámetro $d_m < 100$ mm	$d_m \geq 100$ mm
Muy limpio Tamaño de partículas del orden del espesor de la película lubricante Condiciones de laboratorio	1	1
Limpio Aceite filtrado a través de un filtro extremadamente fino Condiciones típicas de los rodamientos engrasados y obturados de por vida	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Normal Aceite filtrado a través de un filtro fino Condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y con placas de protección	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Contaminación ligera Lubricante ligeramente contaminado	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Contaminación típica Condiciones típicas de los rodamientos sin obturaciones integradas, filtros de paso grueso, partículas de desgaste y entrada de partículas desde el entorno	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Contaminación severa Entorno del rodamiento muy contaminado y disposición no obturada adecuadamente	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Contaminación muy severa Bajo condiciones de contaminación extrema los valores de η_c pueden estar fuera de la escala resultando en un reducción más severa de la vida que la predicha por la ecuación L_{nm}	0	0

¹⁾ La escala para η_c se refiere sólo a contaminantes sólidos típicos. La disminución de la vida del rodamiento por contaminación por agua u otros fluidos no está incluida. En caso de contaminación muy severa ($\eta_c = 0$), el fallo será causado por el desgaste, la vida útil del rodamiento puede ser más corta que la vida nominal.

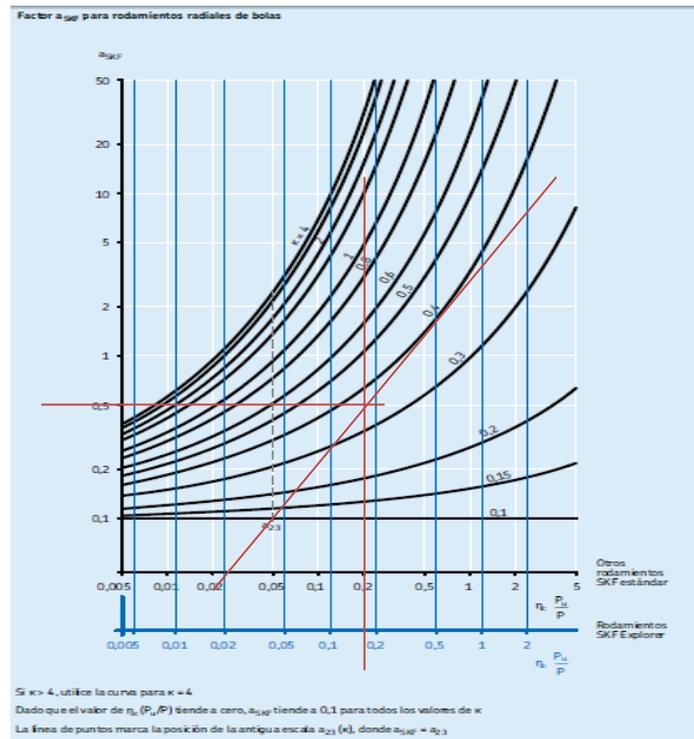
Anexo 10. Valores orientativos para el factor η_c para distintos niveles de contaminación. Fuente: SKF, (2008).



Anexo 11. Conversión a la viscosidad cinemática v_1 a la temperatura de referencias. Fuente: SKF, (2008).



Anexo 12. Estimación de la viscosidad cinemática máxima a_1 a la temperatura de funcionamiento. Fuente: SKF, (2008).



Anexo 13. Factor aSKF para rodamientos radiales de bolas. Fuente: SKF, (2008).

Características y Recomendaciones de Fondos y Acabados				
Ambiente	Preparación de la Superficie	Fondo	Acabado	Características del Acabado
Altamente Corrosivo (Costero-Marino)	Remoción de grasas y aceites Eliminar corrosión existente mediante los recursos apropiados	Productos con contenido variado de Cromatos de Zinc (1 capa de 4 a 6 mils.)	Poliuretano (2 capas de 1,5 a 2 mils.)	- Resistencia a la intemperie - Dura más de cinco años - Alta resistencia a la abrasión - Alta retención del brillo
Medianamente Corrosivo (Cercano a la Costa)			Alquídico (2 capas de 1,2 a 2 mils)	- Facilidad de adherencia - Buen brillo - Poca resistencia a químicos - Sistema económico
Poco Corrosivo				- Durabilidad - Fácil aplicación y mantenimiento - Débil resistencia a químicos solventes y abrasión

Anexo 14. Características y recomendaciones de fondos y acabados. Fuente: Unicon, (2008).

Espesor del material de la parte más gruesa a unir mm (plg.)	Espesor mínimo de la garganta efectiva* t_f mm
Hasta 6.4 (¼") inclusive	3
De 6.4 a 12.7 (1/4" - ½")	5
De 12.7 a 19 (1/2" - ¾")	6
De 19 a 38 (3/4" - 1 ½")	8
De 38 a 57 (1 ½" - 2 ¼")	10
De 57 a 152 (2 ¼" - 6")	13
Mayor de 152 (6")	16

Anexo 15. Espesor mínimo de garganta. Fuente: Norma COVENIN 1618.

Tabla 9-3 PROPIEDADES MÍNIMAS DE METAL DE SOLDADURA

AWS número de electrodo*	Resistencia a la tensión, kpsi	Resistencia de fluencia, kpsi	Porcentaje de alargamiento
E60xx	62	50	17-25
E70xx	70	57	22
E80xx	80	67	19
E90xx	90	77	14-17
E100xx	100	87	13-16
E120xx	120	107	14

* Sistema de designación numérica del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para los electrodos. Se utiliza un prefijo literal E con un grupo de cuatro o cinco dígitos, donde los dos o tres primeros indican la resistencia aproximada a la tensión. El último indica variantes en la técnica de soldadura, como la corriente eléctrica normal. El penúltimo indica la posición de soldadura como, por ejemplo, en plano, vertical o sobre cabeza. El conjunto completo de especificaciones puede obtenerse solicitándolo a la AWS.

Anexo 16. Propiedades mínimas del metal de soldadura, Fuente: Shigley, (1985).

Diámetro del prisionero Fuerza de sujeción

1/4 de pulgada 100 lb

3/8 de pulgada 250 lb

1/2 de pulgada 500 lb

3/4 de pulgada 1300 lb

1 pulgada 2500 lb

Anexo 18. Fuerza de sujeción en prisioneros, Fuente: Norton.



Sección Cuadrada

Al igual que la sección circular la compresión axial es muy eficiente, teniendo un $F_y=3.515 \text{ Kgf/cm}^2$ y un $F_0=0,69 \text{ xF}_y$. Es recomendado su uso común como columna, para cargas axiales grandes, momentos moderados y (KL) grandes.

Dimensiones y propiedades estáticas

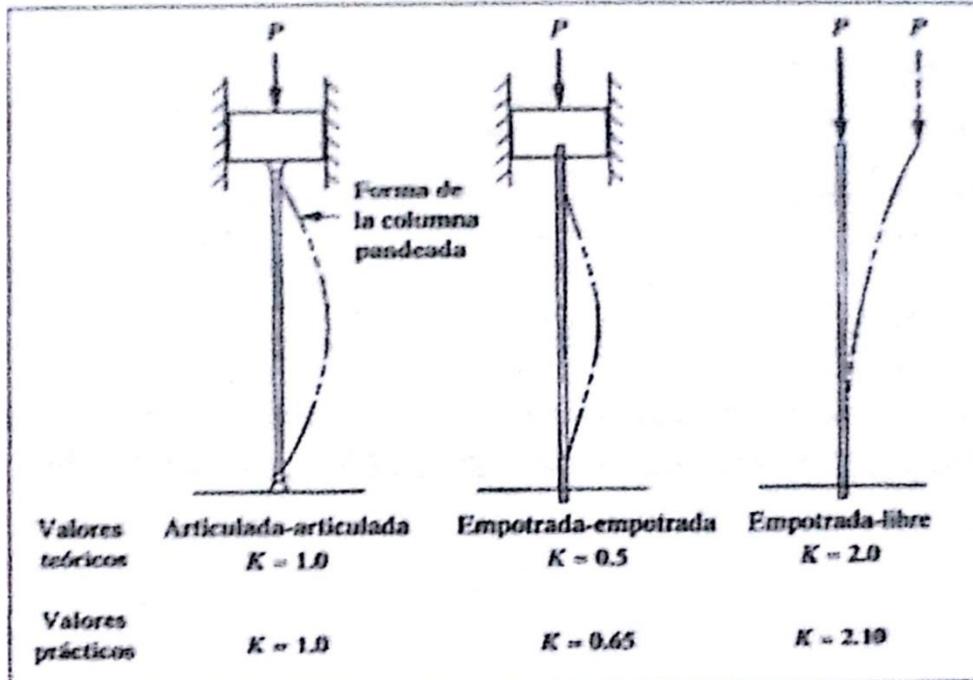
DIMENSIONES			Sección $A \text{ cm}^2$	Peso kg/m	Propiedades Estáticas		
H x B mm	mm				I cm^4	S cm^3	r cm
	t	r					
60x60	2,25	3,38	5,02	3,64	27,40	9,13	2,34
70x70	2,25	3,38	5,92	4,65	44,80	12,74	2,74
90x90	2,50	3,75	8,34	6,70	107,46	23,88	3,55
100x100	3,00	4,50	11,33	8,69	175,10	35,02	3,93
110x110	3,40	5,10	14,10	11,97	263,94	47,82	4,32
120x120	4,00	6,00	18,01	14,14	397,30	66,22	4,70
135x135	4,30	6,45	21,85	17,15	612,27	90,71	5,29
155x155	4,50	6,75	26,39	20,72	982,43	126,77	6,10
175x175	5,50	8,25	36,25	28,46	1.709,23	195,34	6,87
200x200	5,50	8,25	41,75	32,77	2.597,67	259,77	7,89
200x200	7,00	10,50	52,36	41,10	3.194,10	319,41	7,81
220x220	7,00	10,50	57,66	45,50	4.314,30	392,21	8,63
220x220	9,00	13,50	73,18	57,45	5.317,27	483,39	8,52
260x260	9,00	13,50	87,58	68,75	9.038,52	693,27	10,16

Anexo 17. Medidas comerciales de tubos estructurales. Fuente: Material los andes, (2013).

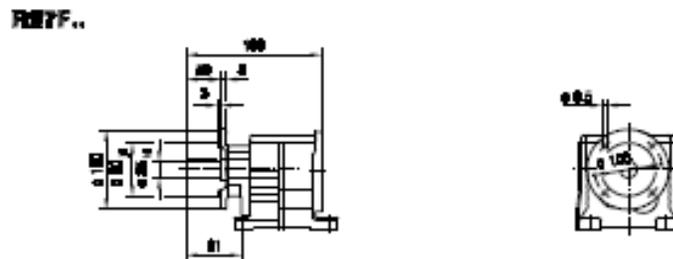
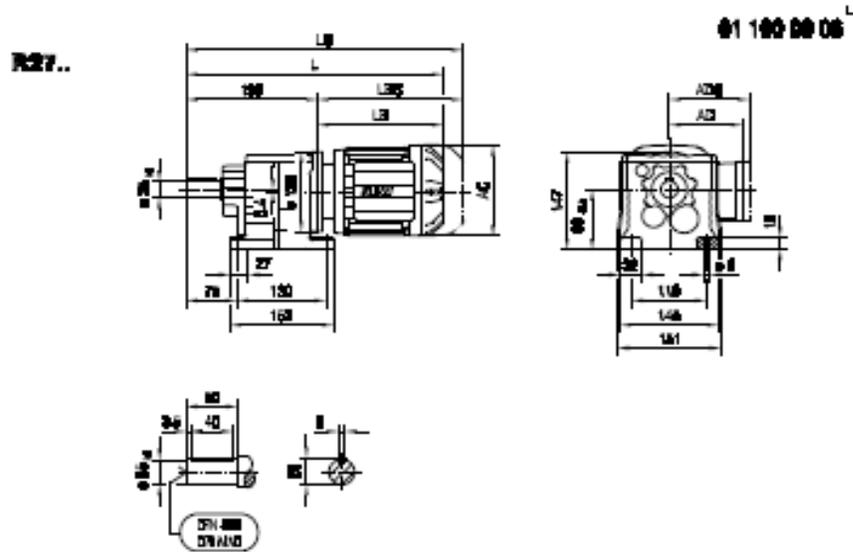
Dimensiones (mm x mm)	Peso (Kg/m)	Peso Pieza (Kg/pza)	Embalaje (pzs/cado)	Peso atado (Kg/cado)	Longitud (m)
20 x 3	0,88	5,28	189	998	6
25 x 3	1,11	6,66	149	992	6
30 x 3	1,36	8,16	122	996	6
35 x 4	2,09	12,6	90	630	6
35 x 6	3,04	18,24	60	912	6
40 x 4	2,42	14,52	80	736	6
40 x 6	3,62	21,12	60	1.056	6
50 x 4	3,06	36,72	30	1.175	12
50 x 5	3,77	45,24	30	1.446	12
50 x 7	5,15	61,8	30	1.978	12
65 x 4	4,02	48,24	25	1.206	12
65 x 5	4,99	59,88	25	1.497	12
65 x 6	5,81	70,92	20	1.418	12
65 x 7	6,83	81,96	20	1.639	12
75 x 5	5,77	69,24	15	1.039	12
75 x 6	6,87	82,44	15	1.237	12
75 x 7	7,84	95,28	15	1.429	12
75 x 8	9	108	15	1.620	12
90 x 6	8,30	99,60	13	1.285	12
90 x 7	9,61	115,32	13	1.499	12
90 x 8	10,90	130,80	13	1.700	12
100 x 8	12,2	146,4	10	1.464	12
100 x 10	15	180	10	1.800	12

Nuestros ángulos cumplen lo dispuesto en las Normas COVENIN 1293-86 para perfiles laminados en caliente y COVENIN 1036-86 para perfiles angulares de acero de alas iguales.

Anexo 20. Medidas de ángulos comerciales. Fuente: Material los andes, (2013).



Anexo 19. Constante que depende del extremo fijo. Fuente: Mott R. Diseño de elementos de máquinas, (2006).



(- 131)	DR53	DR71S	DR71M	DR90M	DR90M	DR90L	DR100M	DR100LC
AC	132	139	139	156	179	179	197	197
AD	105	119	119	128	140	140	157	157
ADS	105	129	129	139	150	150	158	158
L	384	398	421	481	485	485	515	545
LS	439	464	489	542	558	578	608	638
LB	191	203	228	268	272	292	322	352
LBS	248	271	296	349	385	385	415	445

3



Gear Unit Structure

Basic structure of helical gear units

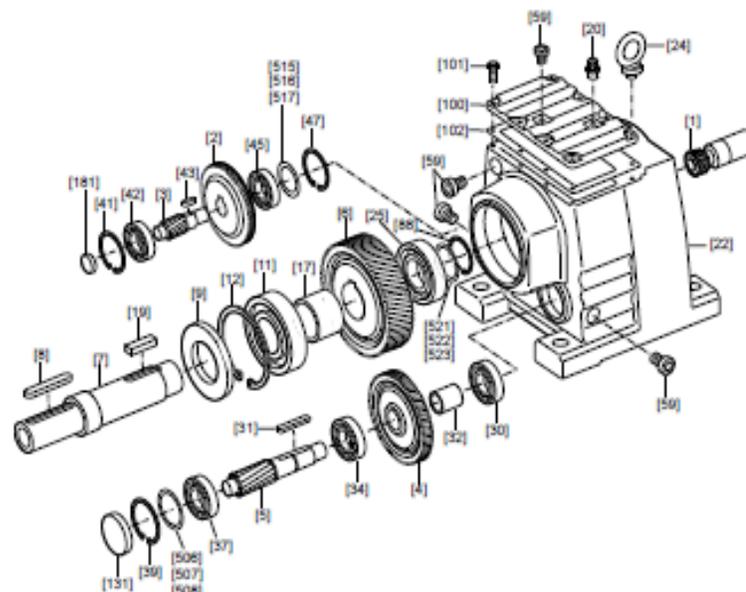
3 Gear Unit Structure



INFORMATION

The following figures are block diagrams. They help you to assign components to the spare parts list. Discrepancies may occur depending on the gear unit size and version.

3.1 Basic structure of helical gear units



19194251

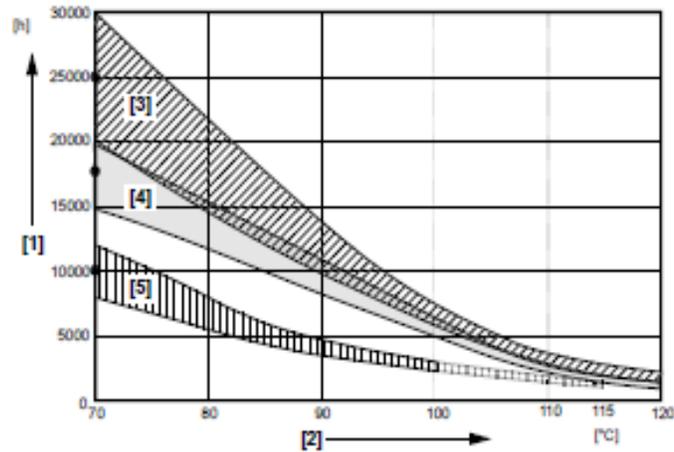
[1] Pinion	[19] Key	[42] Roller bearing	[507] Shim
[2] Gearwheel	[20] Breather valve	[43] Key	[508] Shim
[3] Pinion shaft	[22] Gear unit housing	[45] Roller bearing	[515] Shim
[4] Gearwheel	[24] Lifting eyebolt	[47] Circlip	[518] Shim
[5] Pinion shaft	[25] Roller bearing	[59] Screw plug	[517] Shim
[8] Gearwheel	[30] Roller bearing	[88] Circlip	[521] Shim
[7] Output shaft	[31] Key	[100] Gear cover plate	[522] Shim
[8] Key	[32] Spacer tube	[101] Hex head screw	[523] Shim
[9] Oil seal	[34] Roller bearing	[102] Seal	
[11] Roller bearing	[37] Roller bearing	[131] Closing cap	
[12] Circlip	[39] Circlip	[181] Closing cap	
[17] Spacer tube	[41] Circlip	[506] Shim	

Anexo 22. Estructura de la caja reductora del motorreductor del sistema giratorio y de ascenso. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).



6.3 Lubricant change intervals

The following figure shows the change intervals for standard gear units under normal environmental conditions. Change the oil more frequently when using special versions subject to more severe/aggressive environmental conditions!



- | | |
|---------------------------------------|---|
| [1] Operating hours | [3] CLP PG |
| [2] Sustained oil bath temperature | [4] CLP HC / HCE  |
| • Average value per oil type at 70 °C | [5] CLP / HLP / E  |

Schaltbild/ Circuit diagram/ Schema de branchement 08 070 00 04

Spannungsumschaltbar 1:2 / Voltage switchable 1:2 / Tensions Commutables 1:2

YY/Y 6pol.Klemmbrett / Double star/star 6 pin terminal board / 6 bornes pour couplage YY/Y

Direkte Einschaltung / Direct on-line starting / Démarrage direct

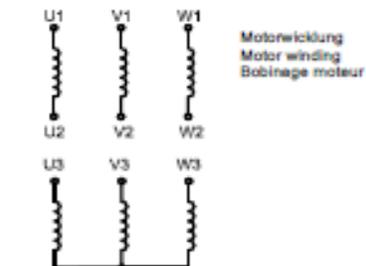
6 Enden-Ausführung für 2 Spannungen / 6 terminal feature for 2 voltages / Exécution à 6 sorties pour 2 tensions

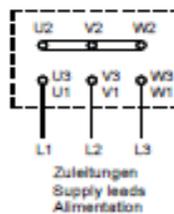
SEW
EURODRIVE

DE, EN, FR Seite/Page/2

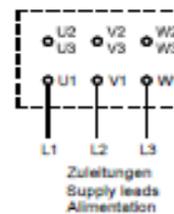
RM9 02.12.04

DT78


 Motorwicklung
 Motor winding
 Bobinage moteur
 Sternpunkt im Motor verschaltet
 Star connected point connected within the motor
 Point étoilé raccordé dans le moteur

 YY-Schaltung - niedere Spannung
 Double star-connected, low voltage
 Branchement YY, basse tension

 Motorklemmenplatte
 Motor terminal board
 Plaque à bornes
 du moteur

 Werksseitig geschaltet
 Connected in factory
 Câblée en usine

 Y-Schaltung - hohe Spannung
 Star-connected, high voltage
 Branchement Y, haute tension

 Wicklungsenden U3, V3, W3 auf Klemmen U1, V1, W1 legen
 Connect winding lead ends U3, V3, W3 to terminal U1, V1, W1
 Sorties bobinage U3, V3, W3 à relier aux bornes U1, V1, W1

 Wicklungsenden U3, V3, W3 auf Klemmen U2, V2, W2 legen
 Connect winding lead ends U3, V3, W3 to terminal U2, V2, W2
 Sorties bobinage U3, V3, W3 à relier aux bornes U2, V2, W2

 Drehrichtungsumkehr: Vertauschen
 von 2 Zuleitungen (L1-L2)

 Mit Motorschutz TF oder TH,
 siehe Rückseite

 To reverse: Interchange 2 supply
 leads (L1-L2)

 With motor protection TF or TH,
 see overleaf.

 Changement du sens de rotation
 Inverser deux conducteurs
 d'alimentation (L1-L2).

 Avec protection intégrale TF ou TH,
 voir au verso.

Für diese technischen Unterlagen behalten wir uns alle Rechte vor / Copyright reserved / Tous droits de modification réservés

SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG Postfach 3023 · D-76642 Bruchsal Tel. (07251) 75-0 · Fax (07251) 75-1970 · http://www.sew.de

Anexo 25. Diagrama de circuito de motorreductores. Fuente: Sew Eurodrive, (2013).

4

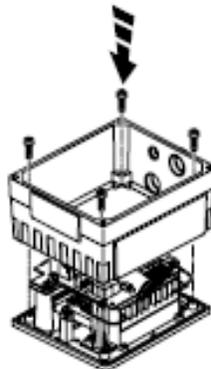


Mechanical Installation (All MOVI-SWITCH® Variants)

Tightening torques

4.3.4 Modular terminal box

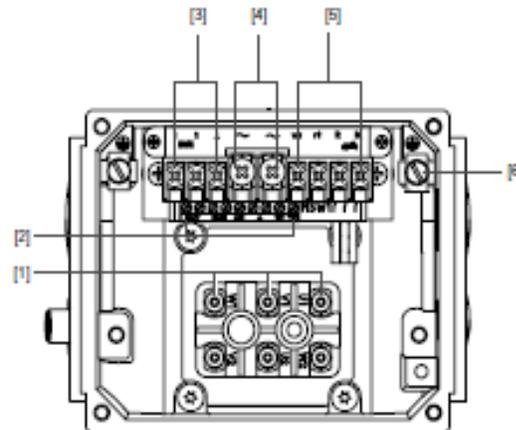
For fastening the terminal box on the mounting plate, tighten screws using 3.3 Nm (29.2 lb.in).



988801403

4.3.5 Tightening torques for terminals (MOVI-SWITCH®-1E)

Use the following tightening torques for terminals during installation:



991588395

- [1] 1.8 – 2.0 Nm (14.2 lb.in – 17.7 lb.in)
- [2] 0.3 – 0.5 Nm (3.0 lb.in – 4.5 lb.in)
- [3] 0.5 – 0.7 Nm (4.4 lb.in – 6.2 lb.in)
- [4] 1.2 – 1.8 Nm (10.8 lb.in – 14.2 lb.in)
- [5] 0.5 – 0.7 Nm (4.4 lb.in – 6.2 lb.in)
- [8] 2.0 – 2.4 Nm (17.7 lb.in – 21.2 lb.in)

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic C	static C ₀		Reference speed	Limiting speed		* SKF Explorer bearing
mm			kN		kN	r/min		kg	-
40	68	15	17,8	11,6	0,49	-	6300	0,19	6008-2RS1 *

Technical drawings of the SKF 6008-2RS1 bearing. The left drawing shows the bearing with dimensions: B 15, D 68, D₂ 61,1, d 40, d₁ 49,3, r_{1,2min} 1. The right drawing shows the bearing with dimensions: D_{amax} 63,4, r_{amax} 1, d_{amin} 44,6. Calculation factors: k_r 0,025, f₀ 15.

Anexo 27. Rodamiento punto C SKF 6008-2RS1. Fuente: Skf, (2013).

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	dynamic C	static C ₀		Reference speed	Limiting speed		* SKF Explorer bearing
mm			kN		kN	r/min		kg	-
30	55	13	13,8	8,3	0,355	-	8000	0,12	6006-2RS1 *

Technical drawings of the SKF 6006-2RS1 bearing. The left drawing shows the bearing with dimensions: B 13, D 55, D₂ 49, d 30, d₁ 38,2, r_{1,2min} 1. The right drawing shows the bearing with dimensions: D_{amax} 50,4, r_{amax} 1, d_{amin} 34,6. Calculation factors: k_r 0,025, f₀ 15.

Anexo 28. Rodamiento punto A 6006-2RS1. Fuente: Skf, (2013).

APÉNDICE

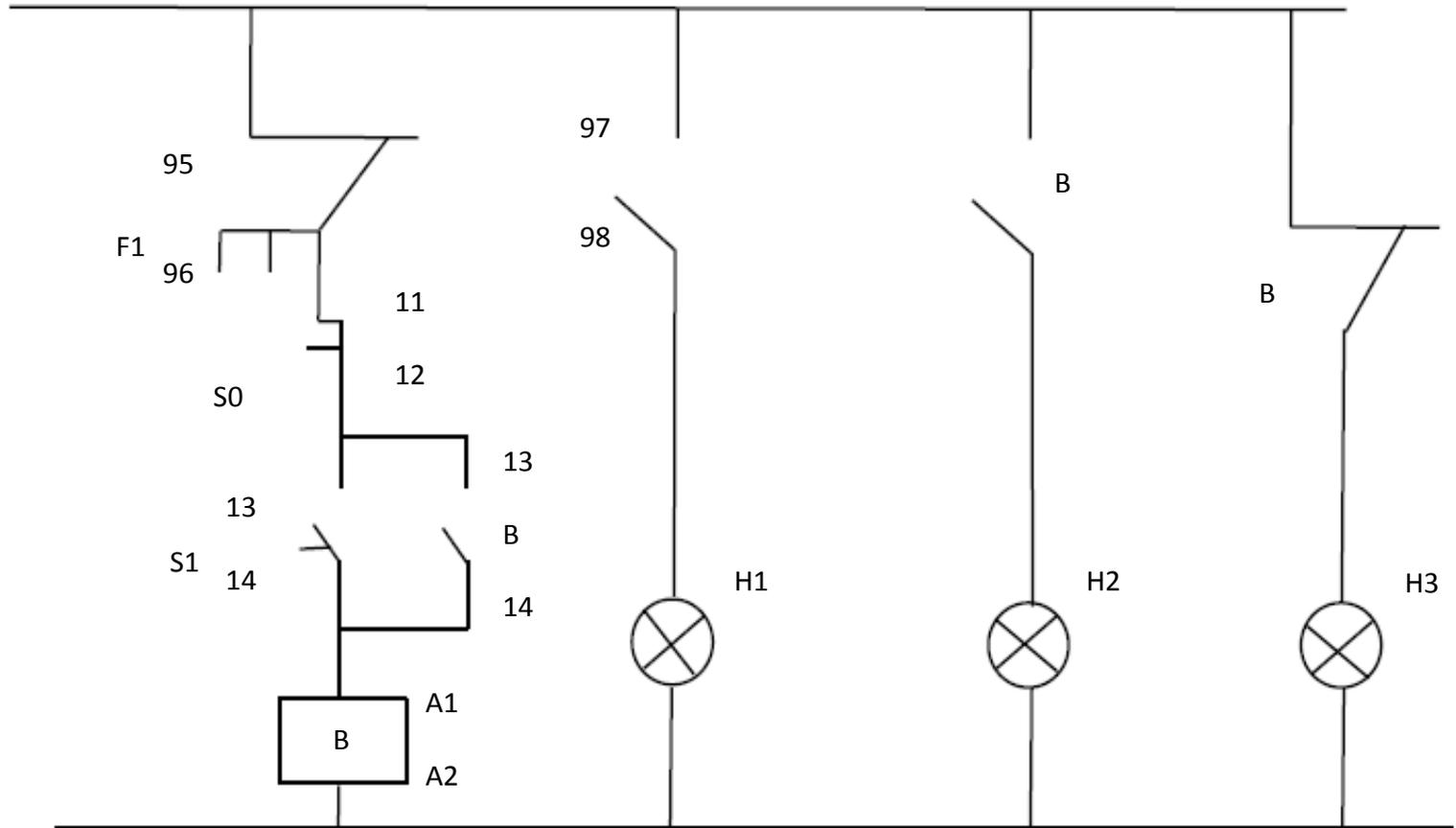
Legenda: ■ Duración de la Partida ■ Día NO Laboral

Partidas del Proyecto / Obra		Cronograma en Semanas											
Nº	Descripción de la Partida	Semana 1				Semana 2				Semana 3			
1	CORTE DE TUBERIA ESTRUCTURAL 100 X 100 MM PARA BASTIDORES,	■											
2	CORTE DE TUBEWRIA ESTRUCTURAL 60 X 60 MM PARA BRAZOS RADIALES		■	■									
3	CORTE DE PLANCHA DE ACERO DE 6 MM PARA BASE DE BASTIDOR			■									
4	SOLDADURA DE PLANCHA DE ACERO DE 2.21 X 0.4 MTS A BASTIDORES				■								
5	SOLDADURA DE TUBERIA DE 60 X 60 A BASTIDORES						■						
6	SOLDADURA DE COLUMNA DE ASCENSO A BASTIDOR							■					
7	SOLDADURA DE RIEL A COLUMNA DE ASCENSO								■				
8	CONSTRUCCION DE CARRO PORTABORINA. INC SOLDADURA DE TUBO									■			
9	APERNADO DE MOTOREDUCTOR DE GIRO A CHASIS DE LA MAQUINA										■		
10	COLOCACION DE RUEDAS DE APOYO DEL PLATO GIRATORIO											■	
11	FABRICACION DE EJE EN TALLER												■
12	FABRICACION DE SOPORTE PARA RODAMIENTO												■
13	ACOPLE DE RODAMIENTOS Y RUEDA DENTADA IMPULSADA AL EJE												■
14	INSTALACION DE EJE EN EL CHASIS												■
15	FABRICACION Y SOLDADURA DEL PLATO GIRATORIO CON PLANCHA												■
16	ACOPLE DE CATARINA MOTRIZ A MOTOREDUCTOR												■
17	INSTALACION DE TENSOR EN CADENA												■
18	APERNADO Y FIJACION A ESTRUCTURA DE MOTOREDUCTOR PARA WINCHE												■
19	FABRICACION E INSTALACION DE TAMBOR PORTA- GUYA												■
20	INSTALACION DE POLEA GUIA PARA GUYA												■
21	AMARRE DE GUYA A TAMBOR DE WINCHE												■
22	AMARRE DE GUYA A CARRO PORTABORINA												■
23	CABLEADO, CONEXIONADO Y TABLERO DE FUERZA Y CONTROL												■
24	PRUEBA Y AJUSTE DE FUNCIONAMIENTO												■

Pág. A - 1/1

Apéndice 1. Partida de la construcción.

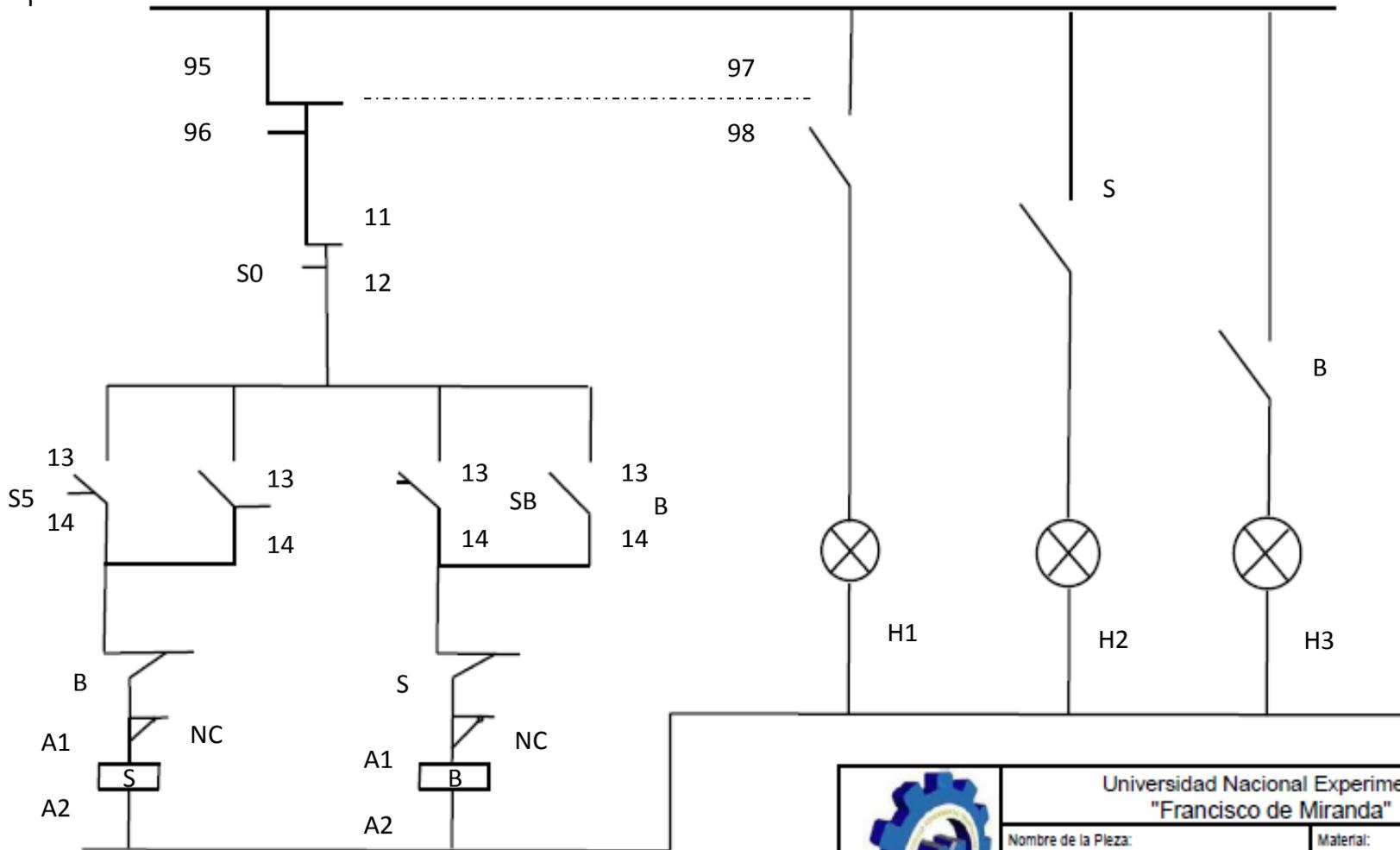
F



N

	Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda"		
	Nombre de la Pieza: Diagrama arranque directo	Material:	
	Unidad de longitud:	Revisado por: David Guanipa	Realizado por: Eilas Ocando Jessamir Villarreal
Escala:	Peso (Kg):	Fecha: Abril 2013	Plano N°: 24

F



N

	Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda"	
	Nombre de la Pieza: Diagrama de mando inv. de giro	Material:
Unidad de longitud:	Revisado por: David Guanipa	Realizado por: Elias Ocando Jessamir Villarreal
Escala:	Peso (Kg):	Fecha: Abril 2013
		Plano N°: 25