



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN
PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO
DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO
DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA NOVACERO S.A.”.**

**DAVID ALEJANDRO BENALCÁZAR CABEZAS
ANDRÉS FELIPE MIÑO TORRES**

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado
de:**

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

Año 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros:

DAVID ALEJANDRO BENALCÁZAR CABEZAS

ANDRÉS FELIPE MIÑO TORRES

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA NOVACERO S.A.”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Febrero del 2014.

Felipe Miño T.

C.I. 050225999-6

David Benalcazar C.

C.I. 180370896-3

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO

ING. FREDDY SALAZAR (DIRECTOR)

ING. GUIDO TORRES (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA NOVACERO S.A.”** realizado por ANDRÉS FELIPE MIÑO TORRES Y DAVID ALEJANDRO BENALCAZAR CABEZAS, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

Latacunga, Febrero del 2014.

Ing. Freddy Salazar.

DIRECTOR

Ing. Guido Torres

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros:

DAVID ALEJANDRO BENALCÁZAR CABEZAS

ANDRÉS FELIPE MIÑO TORRES

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN DE LA EMPRESA NOVACERO S.A.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2014.

Felipe Miño T.

C.I. 050225999-6

David Benalcazar C.

C.I. 1803708963

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi esposa, padres y hermanos que creyeron siempre en mí y me apoyaron con todo su amor y consejos.

A mi esposa por ser mi apoyo en todo momento. Que éste proyecto represente en ti todo el sacrificio que yo he puesto y sea una inspiración y ejemplo para la culminación de tu carrera profesional.

A mis padres, porque con su sacrificio diario y ejemplo de lucha han logrado que yo sea un profesional.

A mis hermanos que han sido siempre mi mayor ejemplo de trabajo, dedicación y honestidad.

FELIPE

Dedico este trabajo a mis padres Jorge y Gladys por ser un pilar fundamental en todos mis logros y en cada paso de mi vida.

A mis hermanos Jorge y Cristina y mis cuñados.

A mi pequeña sobrinita Paulita.

DAVID

AGRADECIMIENTO

Agradezco:

A mis padres Susana y Vicente por haberme dado la gran oportunidad de estudiar y obtener una carrera profesional, por guiarme y darme siempre sus consejos que me han ayudado a salir adelante y crecer como persona.

A mis hermanos Belén y Carlos porque con su ejemplo me han enseñado que en la vida hay que sacrificarse para lograr lo que nos proponemos.

A mi esposa Diana por darme su amor y apoyo incondicional en cada paso que doy y ser el motivo principal para culminar este proyecto.

A la empresa NOVACERO por abrirme las puertas y permitir que éste proyecto sea posible, a todos quienes ahí me apoyaron, compartiendo sus conocimientos y guiándome en mis primeros pasos profesionales, a todos los trabajadores que pusieron su esfuerzo y me apoyaron con la construcción e implementación del proyecto.

FELIPE

Agradezco:

Infinitamente primero a Dios por cuidarme toda mi vida tanto en mi profesión como en el campo personal y agradecerle principalmente por darme el privilegio más grande de este mundo que es el tener a mi lado a mis padres los cuales desde muy pequeño me han inculcado valores fundamentales para el diario vivir como es la responsabilidad y la dedicación, los cuales me han ayudado para cumplir metas y objetivos que en el transcurso de mi vida estudiantil se han ido planteando y es al inmenso cariño y apoyo de mi padre a quien debo el cumplimiento de muchos objetivos, de todo corazón GRACIAS PADRE por el aliento, GRACIAS MADRE por su amor incondicional, también a mis hermanos Jorge y Cristina por estar a mi lado en los momentos más difíciles, de igual manera a mis cuñados Joaquín y Cristina, y mi pequeña sobrina Paulita por ser una alegría mas en mi vida, en el campo profesional agradezco al Ing. Eduardo Páez por permitir el avance de mi proyecto y aconsejarme en los meses más críticos durante mi paso por Navacero. A mis tíos Gina y Manuel por haberme ayudado en mí paso por Quito y mi primo Luis por todos sus consejos.

DAVID

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO 1	3
GENERALIDADES	3
1.1. FORMACIÓN DEL ACERO	3
1.1.1.FUNDICIÓN Y MOLDEO	3
1.1.2.FORMADO DE METALES	3
1.2. OBTENCIÓN DE LAS VARILLAS	5
1.2.1.CARGA	5
1.2.2.FUSIÓN	5
1.2.3.AFINO	5
1.2.4.COLADA CONTINUA	6
1.2.5.INSPECCIÓN DE LA PALANQUILLA	6
1.2.6.HORNO DE PRECALENTAMIENTO	6
1.2.7.PROCESO DE LAMINACIÓN	7
1.2.8.ENFRIAMIENTO Y CORTE	7
1.2.9.CONTEO Y EMPAQUETADO	8
1.3. MÁQUINAS EMPAQUETADORAS	10
1.3.1.ZUNCHADORAS CON FLEJES DE PLÁSTICO	10
1.3.2.ZUNCHADORAS CON FLEJES METÁLICOS	10
1.3.3.FLEJADORA NEUMÁTICA MANUAL	10

1.3.4. AMARRADORA INDUSTRIAL DE PAQUETES CON ALAMBRÓN	11
1.4. SELECCIÓN Y DISEÑO	12
1.4.1. FILOSOFÍA DE UN DISEÑO SEGURO	12
1.4.2. FACTOR DE DISEÑO O FACTOR DE SEGURIDAD (FDS)	13
1.4.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE EJES	14
1.4.4. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE CUÑAS	16
1.4.5. ACOPLERES	18
1.4.6. RODAMIENTOS	19
1.4.7. MOTORES ELÉCTRICOS	21
1.4.8. MOTORREDUCTORES	24
1.5. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS	25
1.5.1. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN	25
1.5.2. ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN	26
CAPÍTULO 2	27
DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS	27
2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	27
2.1.1. REQUERIMIENTOS FÍSICOS	27
2.1.2. CAPACIDAD MÁXIMA	27
2.2. DISEÑO MECÁNICO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	28
2.2.1. SELECCIÓN DE LA MÁQUINA ATADORA	28
2.2.2. DISEÑO DEL CAMINO DE RODILLOS	30
2.2.2.1. DISEÑO DEL EJE	30
2.2.3. CUNAS FORMADORAS DE PAQUETES	63
2.2.4. DISEÑO DE LA MESA PARA DESPACHO DE PAQUETES	68
CAPÍTULO 3	105
DISEÑO DEL SISTEMA DE MANDO CONTROL Y PROTECCIÓN PARA LA ESTACIÓN DE EMPAQUETADO Y DESPACHO	105
3.1. INTRODUCCIÓN	105
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	105
3.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL	106

3.3.1. SELECCIÓN DE UN PLC	106
3.3.2. SELECCIÓN DE SENSORES	106
3.4. SELECCIÓN DE APARATOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN	107
3.4.1. ELEMENTOS DE MANIOBRA	107
3.4.2. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	109
3.4.3. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	111
3.4.4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS	112
3.5. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR	115
CAPÍTULO 4	117
IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE	117
4.1. DETALLES DE CONSTRUCCIÓN	117
4.1.1. CONSTRUCCIÓN CAMINO DE RODILLOS	117
4.1.2. IMPLEMENTACIÓN MÁQUINA AMARRADORA	121
4.1.3. CONSTRUCCIÓN TRANSFERIDOR DE PAQUETES	124
4.1.4. IMPLEMENTACIÓN TRANSFERIDOR DE PAQUETES	125
4.1.5. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ	128
4.1.6. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE EMPAQUETADO DE VARILLAS	131
4.1.7. CONTROL MÁQUINA AMARRADORA	132
4.2. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EMPAQUETADO DE VARILLAS	132
4.3. PRUEBAS Y RESULTADOS	133
4.3.1. PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO MECÁNICO	133
4.3.2. PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO	137
CAPÍTULO 5	138
ANÁLISIS FINANCIERO	138
5.1. INTRODUCCIÓN	138
5.2. COSTOS DE MAQUINARIA	138
5.3. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	138
5.4. COSTOS DE OPERACIÓN	139

5.4.1.MANO DE OBRA DIRECTA	139
5.4.2.MANO DE OBRA INDIRECTA	140
5.4.3.SUMINISTROS	141
5.5. COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	141
5.6. INVERSIÓN TOTAL.....	142
5.7. FINANCIAMIENTO.....	142
5.8. ANÁLISIS DE COSTOS PREVIO EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN.....	142
5.8.1.MATERIA PRIMA.....	143
5.8.2.MANO DE OBRA.....	144
5.9. ANÁLISIS DE COSTOS POSTERIOR EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN.....	144
5.9.1.MATERIA PRIMA.....	144
5.9.2.MANO DE OBRA.....	145
5.10.ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE COSTOS ANUALES	145
5.11.CÁLCULO DE LA EFICIENCIA TOTAL DEL PROYECTO	147
5.12 PROYECCIÓN DE FLUJOS DE EFECTIVO	147
5.12 VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO.....	148
5.13 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	148
CAPÍTULO 6	150
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
6.1 CONCLUSIONES.....	150
6.2 RECOMENDACIONES.....	151
BIBLIOGRAFÍA	152
LINKOGRAFÍA	152
ANEXOS	153

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.1: Laminación de placas por rodillos	4
Gráfico N° 1.2: Forjado de una pieza por dados opuestos	4
Gráfico N° 1.3: Designación de la varilla	8
Gráfico N° 1.4: Flejadora neumática manual	11
Gráfico N° 1.5: Amarradora de alambión	11
Gráfico N° 1.6: Amarre realizado por la máquina	12
Gráfico N° 1.7: Acople tipo grid-flex	18
Gráfico N° 1.8: Partes de un motor de CA	22
Gráfico N° 1.9: Pirámide de la automatización	25
Gráfico N° 2.1: Número y distribución de amarres por paquete	29
Gráfico N° 2.2: Dimensión promedio del paquete de varillas.....	29
Gráfico N° 2.3: Distribución de componentes en el eje	30
Gráfico N° 2.4: Diagrama de cuerpo libre eje Y	32
Gráfico N° 2.5: Diagrama de esfuerzos y momentos cortantes eje Y.....	33
Gráfico N° 2.6: Diagrama de cuerpo libre eje X	34
Gráfico N° 2.7: Diagrama de esfuerzos y momentos cortantes eje X.....	35
Gráfico N° 2.8: Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para acero forjado para varias condiciones superficiales.....	40
Gráfico N° 2.9: Factor de servicio de motores ABB	51
Gráfico N° 2.10: Cuña a diseñar	54
Gráfico N° 2.11: Cargas que soportaran los rodamientos de las chumaceras	58
Gráfico N° 2.12: Chumacera P2B-SCM-60M.....	62
Gráfico N° 2.13: Llegada de varillas a la máquina Amarradora	63
Gráfico N° 2.14: Cajón tipo cuna	64
Gráfico N° 2.15: Ensamble total de cunas.....	65
Gráfico N° 2.16: Cajones para camino de salida	66
Gráfico N° 2.17: Ensamble total para camino de salida	67
Gráfico N° 2.18: Mesa para despacho de paquetes.....	68
Gráfico N° 2.19: Brazo basculante del transferidor	71
Gráfico N° 2.20: Fuerzas que actúan sobre el perfil laminado del brazo.....	71
Gráfico N° 2.21: Propiedades físicas del brazo	72
Gráfico N° 2.22: Diagrama de cuerpo libre del brazo basculante	73
Gráfico N° 2.23: Diagrama de fuerzas cortantes en el brazo basculante	74
Gráfico N° 2.24: Diagrama de momento flector en el brazo basculante.....	74

Gráfico N° 2.25: Brazo basculante con cadena	77
Gráfico N° 2.26: Diagrama de cuerpo libre cadena	78
Gráfico N° 2.27: Curva de factor de servicio de motores ABB	88
Gráfico N° 2.28: Distribución de componentes en el eje	91
Gráfico N° 2.29: Diagrama De Cuerpo Libre eje del transferidor.....	92
Gráfico N° 2.30: Diagrama de cuerpo libre eje Y	93
Gráfico N° 2.31: Fuerzas y momentos cortantes en el eje del transferidor, eje Y .	93
Gráfico N° 2.32: Fuerzas y momentos cortantes sección AB, eje Y	94
Gráfico N° 2.33: Fuerzas y momentos cortantes sección BC, eje Y	95
Gráfico N° 2.34: Fuerzas y momentos cortantes sección CD, eje Y	95
Gráfico N° 2.35: Fuerzas y momentos cortantes sección DE, eje Y	96
Gráfico N° 2.36: Diagrama de cuerpo libre eje X	96
Gráfico N° 2.37: Fuerzas y momentos cortantes en el eje del transferidor, eje X .	97
Gráfico N° 2.38: Fuerzas y momentos cortantes sección AB, eje X	97
Gráfico N° 2.39: Fuerzas y momentos cortantes sección BC, eje X	98
Gráfico N° 2.40: Fuerzas y momentos cortantes sección CD (eje X).....	98
Gráfico N° 2.41: Fuerzas y momentos cortantes sección DE (eje X).....	99
Gráfico N° 3.1: Motores en el camino de rodillos # 1	105
Gráfico N° 3.2: Motores en camino de rodillos # 2, # 3 y transferidor	106
Gráfico N° 3.3: Alternativas de asociación de equipos de protección	112
Gráfico N° 4.1: Diseño y ensamble estación de empaquetado y despacho	117
Gráfico N° 4.2: Construcción de rodillos	118
Gráfico N° 4.3: Construcción de cunas para camino de rodillos de entrada	118
Gráfico N° 4.4: Construcción de cajones para camino de rodillos de salida	119
Gráfico N° 4.5: Bases para motores.....	119
Gráfico N° 4.6: Componentes caminos de rodillos.....	120
Gráfico N° 4.7: Montaje caminos de rodillos.....	120
Gráfico N° 4.8: Caminos de rodillos de entrada y salida.	121
Gráfico N° 4.9: Dimensiones de la máquina y distancias entre pernos	122
Gráfico N° 4.10: Preparación de terreno para cimentación del proyecto.....	122
Gráfico N° 4.11: Montaje de máquina amarradora.....	123
Gráfico N° 4.12: Apretador de varillas	123
Gráfico N° 4.13: Construcción de brazos para el transferidor.....	124
Gráfico N° 4.14: Base del transferidor (bastidor).....	124
Gráfico N° 4.15: Cunas acumuladoras de paquetes.....	125
Gráfico N° 4.16: Implementación de chumaceras y brazos basculantes.....	125

Gráfico N° 4.17: Implementación de chumaceras y brazos basculantes.....	126
Gráfico N° 4.18: Pulmón de aire.....	126
Gráfico N° 4.19: Implementación de cadenas y cunas acumuladoras de paquetes.....	127
Gráfico N° 4.20: Zona de despacho de paquetes	127
Gráfico N° 4.21: Motoreductores caminos de rodillos	128
Gráfico N° 4.22: Motores para transferidor.....	128
Gráfico N° 4.23: Cajas eléctricas de distribución de guardamotors	129
Gráfico N° 4.24: Armarios eléctricos.....	130
Gráfico N° 4.25: Variadores de frecuencia con sus protecciones (control de caminos de rodillos y transferidor).....	130
Gráfico N° 4.26: Tablero de control del proyecto	131
Gráfico N° 4.27: Distribución tablero de control.....	131
Gráfico N° 4.28: Tablero de control máquina amarradora.....	132
Gráfico N° 4.29: Estación de empaquetado y despacho de varillas.....	133
Gráfico N° 4.30: Llegada de varillas a la máquina empaquetadora.....	134
Gráfico N° 4.31: Amarre de paquetes	134
Gráfico N° 4.32: Salida de paquetes de la máquina empaquetadora	135
Gráfico N° 4.33: Salida de paquetes de la máquina empaquetadora	136
Gráfico N° 4.34: Funcionamiento del transferidor de varillas	136
Gráfico N° 4.35: Funcionamiento apretador de varillas.....	137
Gráfico N° 4.36: Funcionamiento pistones de transferidor.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1: Detalle de producción de varillas	9
Tabla N° 1.2: Dimensiones de cuñas	16
Tabla N° 2.1: Características de la máquina atadora	30
Tabla N° 2.2: Masa de componentes que irán sobre el eje.....	31
Tabla N° 2.3: Propiedades mecánicas del AISI 1018	39
Tabla N° 2.4: Factor de Confiabilidad	41
Tabla N° 2.5: Datos requeridos para el cálculo potencia del motor	45
Tabla N° 2.6: Motores de aplicación general en hierro fundido.....	52
Tabla N° 2.7: Reductores de velocidad	54
Tabla N° 2.8: Dimensiones de cuñas en base al diámetro del eje.....	55
Tabla N° 2.9: Dimensiones de la cuña	55
Tabla N° 2.10: Valores mínimos del factor de seguridad estático S_o	60
Tabla N° 2.11: Características rodamientos calculados y existentes en el mercado	61
Tabla N° 2.12: Características de acoples tipo grilla	63
Tabla N° 2.13: Factor de seguridad por condiciones del lugar de trabajo.	80
Tabla N° 2.14: Especificaciones de cadenas de rodillos	81
Tabla N° 2.15: Datos técnicos de catalinas	82
Tabla N° 2.16: Motores de aplicación general en hierro fundido.....	89
Tabla N° 2.17: Reductores de velocidad	90
Tabla N° 2.18: Peso de componentes que irán sobre el eje	91
Tabla N° 2.19: Datos técnicos de chumaceras.....	104
Tabla N° 2.20: Descripción de chumaceras.....	104
Tabla N° 3.1: Potencia y corriente de los motores en la estación.....	108
Tabla N° 3.2: Módulos de potencia PM 240	109
Tabla N° 3.3: Corriente nominal de los variadores de frecuencia y breaker termo-magnético de línea.	113
Tabla N° 3.4: Corriente nominal de los variadores de frecuencia y elementos de protección.....	114
Tabla N° 5.1: Costo de Maquinaria	138

Tabla N° 5.2: Costo de Construcción.....	139
Tabla N° 5.3: Inversión Inicial Total	139
Tabla N° 5.4: Mano de Obra Directa	140
Tabla N° 5.5: Mano de Obra Indirecta	140
Tabla N° 5.6: Costo De Suministros	141
Tabla N° 5.7: Costo Total De Operación	141
Tabla N° 5.8: Inversión Total	142
Tabla N° 5.9: Costo De Flejes Metálicos	143
Tabla N° 5.10: Mano de Obra.....	144
Tabla N° 5.11: Materia Prima con Empaquetado Automático	145
Tabla N° 5.12: Mano de Obra con Empaquetado Automático	145
Tabla N° 5.13: Resumen de costos de empaquetado manual	146
Tabla N° 5.14: Resumen de costos de empaquetado automático	146
Tabla N° 5.15: Variación de costos	146
Tabla N° 5.16: Flujos de Efectivo Netos Proyectados	147

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad la automatización del proceso de empaquetado y despacho de la varilla que se obtiene como producto terminado en el tren de laminación uno de la empresa NOVACERO S.A. En forma general, para la construcción de este proyecto, se ha realizado el diseño y la implementación de caminos de rodillos y transportadores de cadena para la formación, transporte y acumulación de paquetes de varillas. Para todos los cálculos del diseño se ha tomado como referencia el peso de un paquete de varillas que es de una tonelada y la velocidad de producción del tren de laminación que es de 35 Ton/H con proyección a 40 Ton/H luego de la realización del presente proyecto.

Este libro está estructurado en seis capítulos en los cuales se detalla el diseño mecánico, eléctrico y neumático de los sistemas que conforman la estación, así como los métodos que se utilizó para la implementación de todo el proyecto.

El primer capítulo da una breve introducción a los procesos de laminación del acero, elaboración de varillas, máquinas atadoras y automatización industrial. El capítulo dos detalla el diseño mecánico de las partes de la estación; también los métodos y parámetros para la selección de la máquina atadora, motores, chumaceras, rodamientos, cilindros neumáticos y demás elementos mecánicos usados en el proyecto.

El capítulo tres explica los pasos para la selección de elementos de control, maniobra y protección eléctrica que serán usados para la automatización del proceso. El capítulo cuatro detalla los métodos usados para la implementación del proyecto, armado de cunas, caminos de rodillos, transportador de cadenas, cimentación y adecuación del piso y ensamblaje de tableros eléctricos.

En el capítulo cinco se presenta un detalle de costos del proyecto en todo lo referido a materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación. Finalmente en el sexto capítulo se da conclusiones y recomendaciones sobre dicho proyecto de tesis.

ABSTRACT

This project focuses its objective on, the packing and delivery process of steel rod, as final product of the lamination train number one located in NOVACERO S.A. company. In order to build this Project, we have made the design and implantation of road rollers and transportations chain to group, transport and acumulate steel rod packages. For all the design calculations, it has been taken as a reference the rod package weight that it is of a ton and the production speed of the lamination train that it is of 35 ton/h with a proyección of 40 ton/h after automation.

This book has a structure of six chapters that explain the mechanic, electric, and pneumatic design of the station systems and methods that were used to implant the whole project.

The first chapter gives a brief introduction to the processes of lamination steel, steel rod produccion, tie machines, and industrial automation. The second chapter details mechanic design of each station part; as well as methods and parameters for the selection of the tie machine, engines, rollers, pneumatic cylinders, and all mechanic elements used along the Project.

The third chapter explains the steps in order to choose the elements of control, maneuver and electric protection that will be use in the automation process. The fourth chapter details all the methonds used for implantation of the Project, assemble of cribs, road rollers, transportation chains, floor foundation and adaptation, and electric boards assembling.

Inside the fifth chapter it is presented a costs detail of the Project and everything regarding materials, workforce, and indirect cost of production that were used. Finally, in the sixth chapter conclusions and recomendations are given by the developers.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. FORMACIÓN DEL ACERO

El proceso de producción del acero consiste en transformar un material en bruto en este caso el hierro, y modificarlo hasta tener una pieza elaborada (varilla) la cual tiene un alto uso en la industria. Para compensar la resistencia y la dureza del hierro es necesario fusionarlo con cantidades proporcionales de carbono, esta combinación da como resultado el acero, las propiedades de este material varían según la cantidad de carbono y las diferentes aleaciones.

1.1.1. FUNDICIÓN Y MOLDEO

El material se lo calienta hasta tenerlo en una forma líquida para poder verterlo por un orificio de un molde hueco el cual dará la forma de la futura pieza cuando se produzca la solidificación.

1.1.2. FORMADO DE METALES

1.1.2.1. PROCESOS DE DEFORMACIÓN VOLUMÉTRICA

Estos procesos consisten en deformaciones o cambios de forma del material a trabajar. La forma inicial de las piezas de trabajo incluye lingotes cilíndricos o barras rectangulares.

- **LAMINADO.** (GROOVER, 1997) La placa o palanquilla pasa por la abertura de dos rodillos opuestos, estos giran, comprimen y reducen al material. Un ejemplo típico se ve en el gráfico N° 1.1.

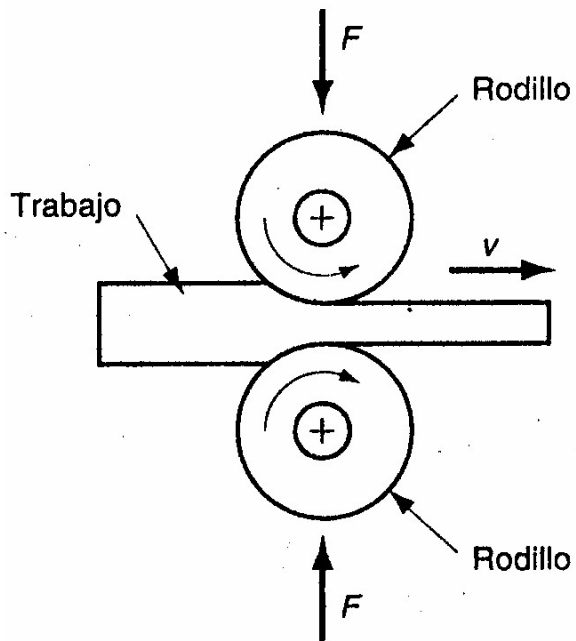


Gráfico N° 1.1: Laminación de placas por rodillos

Fuente: Fundamentos de manufactura moderna pág. 436

- **FORJADO.** (GROOVER, 1997) Este proceso se lo puede realizar tanto en frío como en caliente, dos dados opuestos comprimen la pieza de trabajo de tal manera que se imprime la forma de la superficie del dado.

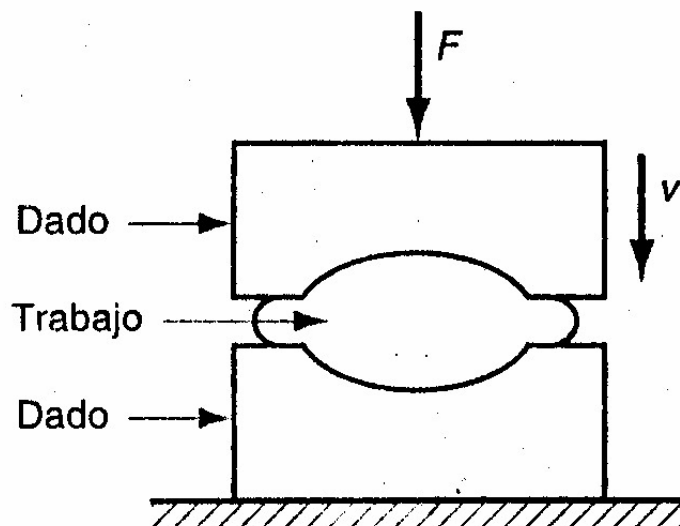


Gráfico N° 1.2: Forjado de una pieza por dados opuestos

Fuente: Fundamentos de manufactura moderna pág. 436

1.2. OBTENCIÓN DE LAS VARILLAS

La materia prima del acero es la chatarra reciclada la cual tiene una atención especial mediante rigurosos controles e inspecciones para garantizar la calidad del producto terminado.

1.2.1. CARGA

Se llena la sesta de carga con la chatarra reciclada y se la traslada con un carro llamado porta-cesta directamente al horno, se baja la sesta con una grúa y se carga el horno.

1.2.2. FUSIÓN

Una vez cargado el horno se hacen descender unos electrodos hasta la superficie del metal, los electrodos están conectados a un transformador que proporciona unas condiciones de voltaje e intensidad adecuadas para hacer saltar el arco, la corriente eléctrica fluye por uno de los electrodos, forma un arco eléctrico hasta la carga metálica, recorre el metal y vuelve a formar un arco hasta el siguiente electrodo. La resistencia del metal al flujo de corriente genera calor, que junto con el producido por el arco eléctrico funde el metal con rapidez.

1.2.3. AFINO

Con el objetivo de ajustar los contenidos químicos principales de la colada, se reduce la corriente de los electrodos, se inyecta oxígeno, se agrega piedra caliza y cal para eliminar las impurezas. En esta fase, se consigue oxidar el silicio, el manganeso y eliminar parte del fósforo, después se toma una muestra para analizarlo en el laboratorio, mientras se realiza el análisis se retira del horno la primera escoria para después agregar nuevamente cal y se forma una segunda escoria.

Ya conocidos los resultados del análisis, se realiza los ajustes necesarios para que la colada alcance el rango requerido, se inyectará oxígeno, recarburará o se agregará cal de ser necesario, después se elimina la escoria y se tomará una segunda muestra. Con los resultados del segundo análisis se agrega ferroaleaciones y se espera su homogenización.

1.2.4. COLADA CONTINUA

El acero líquido es vaciado en una máquina de colada continua que contienen moldes de cobre de sección cuadrada los cuales dan la forma a la colada que después de la solidificación se obtiene barras largas llamadas palanquillas. Las palanquillas serán cortadas a la longitud requerida y después transferidas a mesas de enfriamiento donde serán marcadas para identificar la colada de la que se originaron. Se le da el nombre de colada continua ya que el flujo no se interrumpe sino solo hasta terminarse el contenido de la olla de distribución.

1.2.5. INSPECCIÓN DE LA PALANQUILLA

Se realiza una estricta inspección visual y de selección de calidad pues se requiere que la superficie de la palanquilla esté limpia de escoriaciones, descuelgues de corte con soplete y cascarillas. Se desea evitar que la palanquilla lleve rechupes, pequeños huecos que se aprecien en la superficie, fisuras externas. Los defectos en la cabeza son los más importantes ya que pueden dificultar el guiado durante el proceso de laminación.

1.2.6. HORNO DE PRECALENTAMIENTO

En el horno la palanquilla es calentada hasta alcanzar la temperatura óptima de laminación, esto es entre los 1200 °C y 1235 °C siendo la temperatura ideal 1230 °C para esto se encienden los quemadores necesarios. Este proceso dura aproximadamente 15 min pues dentro de este tiempo la palanquilla puede mantenerse sin producir cascarilla o lagrimeo, a partir de los 20 min se recalientan

y se pegan. El horno está compuesto de dos zonas, zona de igualación y zona de calentamiento, la descarga de las palanquillas hacía los rodillos de laminación se hace mediante una máquina extractora, por accionamiento hidráulico.

1.2.7. PROCESO DE LAMINACIÓN

La laminación tiene como objetivo reducir la sección de las palanquillas, de sección cuadrada a ovalo y después redonda, en el proceso intervienen rodillos opuestos que giran a la misma velocidad, la presión que ejercen los rodillos sobre la palanquilla hacen que esta disminuya proporcionalmente su sección. El tren de laminación está compuesto por un sistema desbastador, un grupo intermedio y un bloque acabador o “de afinado”.

- Tren de desbaste: donde la palanquilla sufre una primera pasada muy ligera para eliminar la cascarilla formada durante su permanencia en el horno, se realizan reducciones muy fuertes en su sección transversal, al salir de este proceso la punta es cortada debido a que se producen aberturas.
- Tren intermedio: en esta etapa se continua reduciendo la sección transversal de los diámetros por medio de sucesivas pasadas en cilindros de diferente sección, al final del también es cortada la punta y la cola.
- Tren acabador: el producto experimenta su última pasada y obtiene su geometría de corrugado según requerimientos y estándares de calidad en los diferentes diámetros de producción.

1.2.8. ENFRIAMIENTO Y CORTE

Terminado el proceso de laminación se obtiene la varilla corrugada y larga, la cual se traslada hacia una cama de enfriamiento para después pasar por la cizalla donde será cortada a la medida requerida o especificada por el área de producción.

1.2.9. CONTEO Y EMPAQUETADO

Las varillas cortadas pasan por dos transferidores de cadena donde se producen tres operaciones, el enfriamiento por aire, el conteo automático del producto y el empaque del mismo.

a) CONDICIONES DEL SISTEMA ACTUAL DE EMPAQUETADO

Actualmente la empresa no cuenta con un sistema automático para el empaquetado, el proceso es manual, es decir, las varillas llegan después de un proceso de conteo, se las juntan, y son empaquetadas mediante flejes metálicos los cuales son amarrados por los operarios formando un paquete.

b) DESIGNACIÓN Y DETALLE DE PRODUCCIÓN DE VARILLA.

Puesto que, en la empresa se realiza varilla lisa y corrugada y de diferentes diámetros, el departamento de calidad de producto terminado de Novacero S.A. ha creado un código mediante el cual se puede identificar el tipo de varilla y el diámetro correspondiente. Dicho código se muestra en el gráfico N° 1.3.

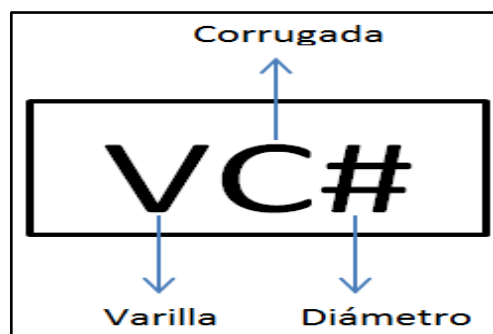


Gráfico N° 1.3: Designación de la varilla

Fuente: Departamento de calidad de Novacero S.A.

En la tabla N° 1.1 se muestra los diferentes tipos de varilla corrugada que se realiza en Novacero y el número de varillas que va en cada paquete de una tonelada

Tabla N° 1.1: Detalle de producción de varillas

PRODUCTO	DIAMETRO (mm)	# de varillas por paquete
VC 8	8	211
VC 10	10	135
VC 12	12	94
VC 14	14	69
VC16	16	53
VC18	18	42
VC 20	20	34
VC 22	22	28
VC 25	25	22
VC28	28	17
VC 32	32	13
VC 36	36	10

Fuente: Departamento de calidad de Novacero S.A.

c) PROBLEMAS

Según el departamento de calidad de la empresa NOVACERO S.A., las varillas que llegan del transferidor se encuentran todavía a una temperatura media la cual se considera peligrosa para el operario además que poseen filos expuestos los cuales presentan riesgo de lesiones y cortes. El trabajo continuo produce cansancio y falta de concentración en el obrero lo que puede producir errores continuos, errores humanos que perjudicarían notablemente el tiempo del proceso del empaque. El método existente de empaquetado no ofrece la garantía y la confiabilidad que necesita este proceso, para lo cual NOVACERO S.A. ha emprendido este proyecto de diseño de un sistema automático para el empaquetado y despacho de las varillas.

1.3.MÁQUINAS EMPAQUETADORAS

Las características de las empaquetadoras existentes dependen de su uso. En el mercado encontramos máquinas para este proceso con dos tipos de flejes¹, metálicos y plásticos.

Las características del paquete que influyen en la selección del fleje son: estabilidad de peso, la integridad y agudeza de los bordes (los bordes afilados pueden exigir embalaje más pesado o protección de la esquina), condiciones de envío (hasta donde llegara el paquete, forma de envío, forma de entrega y como se almacena).

1.3.1. ZUNCHADORAS CON FLEJES DE PLÁSTICO

Permiten el empaquetado de bultos con forma preestablecida ya que si el producto esta suelto o disperso esta no tiene la capacidad de juntarlo, muy práctico para flejar cajas o cartones. Este tipo de maquinaria realiza el empaque, sellado y posterior corte del fleje plástico.

1.3.2. ZUNCHADORAS CON FLEJES METÁLICOS

En una aplicación específica los flejes pueden realizar una o más de las siguientes funciones: refuerzo de paquete, sujeción, unificación, empackado, agrupamiento, palatización, compresión.

1.3.3. FLEJADORA NEUMÁTICA MANUAL

(TECNOPACKING, 2013) Aparato ligero que permite el empaquetado de bultos redondos o irregulares con grapa de cierre. Manual, ligera y de uso portátil. El aparato realiza las tres funciones tensión, sellado y corte del fleje, esto lo hace realmente manejable y fácil de utilizar en cualquier aplicación existente, dispone

¹ Fleje.-cinta, originariamente metálica, utilizada para encintar el embalaje de diversos productos, mayoritariamente productos pesados. La principal característica de esta cinta es su resistencia a la tracción.

de un estribo para colgar el aparato de un suspensor, ante un ritmo continuo de empaques o bien en una postura algo incómoda. En el gráfico N° 1.4 se muestra una flejadora usada comúnmente en la industria.



Gráfico N° 1.4: Flejadora neumática manual

Fuente: Catálogo Tecnopacking Flejadora ITA 10

1.3.4. AMARRADORA INDUSTRIAL DE PAQUETES CON ALAMBRÓN²



Gráfico N° 1.5: Amarradora de alambrón

Fuente: Empresa de fabricación de máquinas DEM.

² Producto metálico que se obtiene por un proceso de Laminación en caliente, tiene sección circular u ovalada que varía entre los 5 y 30 mm de diámetro.

Como se observa en el gráfico N° 1.5, la máquina posee una estructura de acero. El paquete de alambres que alimenta la máquina se encuentra en una base posterior, este pasa a una serie de rodillos dispuestos en la parte trasera y superior de la máquina para después llegar al cabezal donde el alambre es conducido por cilindros guías alrededor del haz del cabezal por una o dos vueltas de acuerdo con el tipo de envoltura que se desea realizar, la recuperación del alambre comienza gracias a la inversión de la unidad de rodillo de arrastre. Cuando la recuperación de alambre se ha completado el proceso de torsión se produce y, mientras tanto, los extremos de los cables son cortados y se realiza el amarre de las puntas. Una muestra del amarre realizado se puede ver en el gráfico N°1.6.



Gráfico N° 1.6: Amarre realizado por la máquina

Fuente: Empresa de fabricación de maquinas DEM.

1.4. SELECCIÓN Y DISEÑO

Para la selección de materiales a usarse, se debe tener un claro conocimiento de las funciones y requisitos del diseño del producto y sus componentes individuales, para esto el diseñador debe tomar en cuenta parámetros como: forma del componente, función, material del que está compuesto, proceso de manufactura para su producción.

1.4.1. FILOSOFÍA DE UN DISEÑO SEGURO

El enfoque de diseño que se presenta en este capítulo pretende asegurar que el nivel de tensión de los componentes no rebase el punto de deformación en

materiales dúctiles, lo cual asegura que la parte no se fracturara bajo la acción de una carga estática. Para materiales quebradizos o frágiles se asegura que los niveles de tensiones se encuentren muy por debajo de la resistencia máxima a la tracción.

(GROOVER, 1997) La fatiga y el desgaste constituyen otros dos modos en que se presentan fallas en piezas de maquinaria. La fatiga es la respuesta de una pieza que se somete a la acción de cargas en forma sucesiva. El desgaste se describe como el deterioro del material con el que está construido un elemento de la máquina.

1.4.2. FACTOR DE DISEÑO O FACTOR DE SEGURIDAD (FDS)

Según (MOTT, 1995, pág. 154) se menciona que:

“El termino factor de diseño es una medida de la seguridad relativa de un componente que soporta carga. Para denotar el factor de diseño se utiliza el símbolo “N” en la mayor parte de los casos la resistencia del material con el que se va a fabricar el componente se divide entre el factor de diseño para determinar una tensión de diseño que a veces se llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño. Para algunos tipos de cargas, es más cómodo establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de seguridad N, a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material.

El diseñador debe determinar cuál será el valor razonable del factor de seguridad en determinado caso. Con frecuencia, el valor del factor de seguridad está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización, como la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, entre otras.

Para estructuras, los códigos de construcción local o estatal prescriben, a menudo, factores de diseño o tensiones de diseño. Algunas empresas han

adoptado sus propias políticas que especifican factores de diseño con base en experiencias previas.

En ausencia de otras especificaciones, en este capítulo se utilizarán las siguientes:

- *Casos normales para estructuras o elementos de máquinas. Material dúctil bajo condiciones de incertidumbre moderada en relación a propiedades del material, naturaleza de la carga, o grado en que es adecuado el análisis de tensión. **Utilice N=3.***
- *Estructuras estáticas. Materiales dúctiles con alto grado de confianza en el conocimiento de las propiedades del material, magnitud de las cargas y grado en que resulta adecuado el análisis de tensión **Utilice N=2.***
- *Estructuras estáticas.- materiales quebradizos con alto grado de confianza en el conocimiento de las condiciones de operación **Utilice N=3.***
- *Elementos de máquinas. Materiales quebradizos con incertidumbre moderada acerca de las propiedades, cargas o análisis de tensión del material. **Utilice N=4 o mayor***
- *Elementos de máquinas. Materiales dúctiles con incertidumbre en relación a alguna combinación de propiedades, cargas, o análisis de tensión del material, en particular en condiciones de choque o carga por impacto **Utilice N=4 o mayor***

1.4.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE EJES

Según (MOTT, 1995, pág. 284) se menciona que:

“Debido a la aparición simultánea de tensiones por esfuerzo de corte por torsión y tensiones normales que se deben a la flexión, el análisis de una flecha o eje virtualmente implica siempre el uso de un enfoque combinado para el aspecto de las tensiones. El método que se sugiere para el diseño de ejes es el de la teoría de fallas por distorsión de energía.

Las actividades específicas que deben realizarse en el diseño y análisis de una flecha o eje dependen del diseño que se haya propuesto, así como de la forma en que se cargue y se soporte. Con esto en mente se sugiere el procedimiento siguiente para el diseño de un eje.

- *Determine la velocidad de giro de la flecha o eje*
- *Calcule la potencia o el torque que se va a transmitir al eje*
- *Determine el diseño de los componentes transmisores de potencia o dispositivos que se pretenden montar en la flecha y especifique la ubicación que se necesite dar a cada uno.*
- *Precise la ubicación de los cojinetes en los que se apoyará el eje. Se supone que las reacciones en los cojinetes que soportan cargas radiales ejercen acción en el punto medio de los cojinetes.*
- *Proponga la forma general de la geometría para el eje o flecha, considerando de qué manera se mantendrá en posición axialmente y como se llevara a cabo la transmisión de potencia a partir de cada elemento hacia el eje.*
- *Calcule la magnitud del torque que se observa en todos los puntos del eje.*
- *Calcule las fuerzas que ejercen acción sobre el eje, tanto radial como axialmente.*
- *Determine las fuerzas radiales en componentes en sentidos perpendiculares.*
- *Calcule las reacciones en los cojinetes*
- *Elabore las gráficas de fuerzas de corte y momentos de flexión para determinar la distribución de los momentos de flexión sobre el eje.*
- *Elija el material con el que se va a fabricar el eje*
- *Calcule una tensión de diseño adecuada*
- *Analice cada punto crítico del eje para el cálculo del diámetro mínimo aceptable para verificar la seguridad bajo aplicación de carga.*
- *Especifique las dimensiones finales para cada punto en el eje.”*

1.4.4. SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE CUÑAS

(MOTT, 1995, pág. 333) La cuña es un componente de maquinaria que se coloca en la interface entre el eje y la maza de una pieza que transmite potencia con el fin de transmitir torque.

Para una aplicación específica casi siempre se diseñan después que se ha especificado el diámetro del eje, con este dato se selecciona el tamaño de la cuña usando la tabla N° 1.2.

Tabla N° 1.2: Dimensiones de cuñas

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	
9/16	7/8	3/16	3/16	
7/8	1 ¹ / ₄	1/4	1/4	
1 ¹ / ₄	1 ³ / ₄	5/16	5/16	
1 ³ / ₄	1 ³ / ₄	3/8	3/8	
1 ³ / ₄	2 ¹ / ₄	1/2	1/2	
2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₄	5/8	5/8	
2 ¹ / ₄	3 ¹ / ₄	3/4	3/4	
3 ¹ / ₄	3 ³ / ₄	7/8	7/8	
3 ³ / ₄	4 ¹ / ₂	1	1	
4 ¹ / ₂	5 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₄	
5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	
6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂	1 ³ / ₄		1
7 ¹ / ₂	9	2		
9	11	2 ¹ / ₂		1
11	13	3		2
13	15	3 ¹ / ₂		2 ¹ / ₂
15	18	4		3
18	22	5		3 ¹ / ₂
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: Reimpreso de la norma ANSI B17.1-1967 (R98) con autorización de la American Society of Mechanical Engineers. Todos los derechos reservados.

Fuente: Reimpreso de la norma ANSI.

Las únicas variables que restan son la longitud y el material con que se va a construir la cuña. Una de estas puede especificarse y así pueden calcularse las especificaciones de la otra.

a) PROCEDIMIENTO PARA CÁLCULO DE LA CUÑA

- Especifique el diámetro real donde se va instalar la cuña
- Seleccione el tamaño de la cuña de la tabla
- Especifique el material de la cuña, por lo general AISI 1020 CD.
- Calcule la resistencia a punto cedente de los materiales para el eje la cuña y la masa
- Si se emplea una cuña rectangular o si el eje o la masa son menos resistentes que la cuña utilice la ecuación:
- Calcular la longitud mínima de la cuña.

Para calcular la longitud mínima que se necesita en la cuña con base a la tensión de apoyo se utiliza la ecuación:

$$L = \left(\frac{4T}{\tau_d DH} \right) \quad \text{Ec.- 1.1}$$

Dónde:

T = Torque del eje (Nm)

N = Factor de seguridad

D = diámetro del eje (m)

H = altura de la cuña (m)

τ_d =Tensión de diseño en corte (MPa)

Para calcular la longitud mínima que se necesita en la cuña con base en el esfuerzo de corte de la cuña con la fórmula:

$$L = \left(\frac{4TN}{DWS_y} \right) \quad \text{Ec.- 1.2}$$

Dónde:

T = Torque del eje (Nm)

N = Factor de seguridad

D = diámetro del eje (m)

W = ancho de la cuña (m)

S_y = Límite de fluencia del material (MPa)

- La mayor de las dos longitudes que se calcularon regirá en el diseño
- Especifique la longitud real de la cuña como igual o más larga que la longitud mínima que se calculó.

1.4.5. ACOPLER

(GROOVER, 1997)Dispositivo que se utiliza para unir dos ejes en sus extremos con el fin de transmitir potencia.

- **Acople grid-flex (acoples tipo rejilla).**- (FALK, 2011)El torque es transmitido mediante una rejilla de acero flexible con resorte. La flexión de la rejilla permite desalineación y es torsionalmente elástica para resistir cargas de choque. Las partes de este acople se muestran en el gráfico N° 1.7.

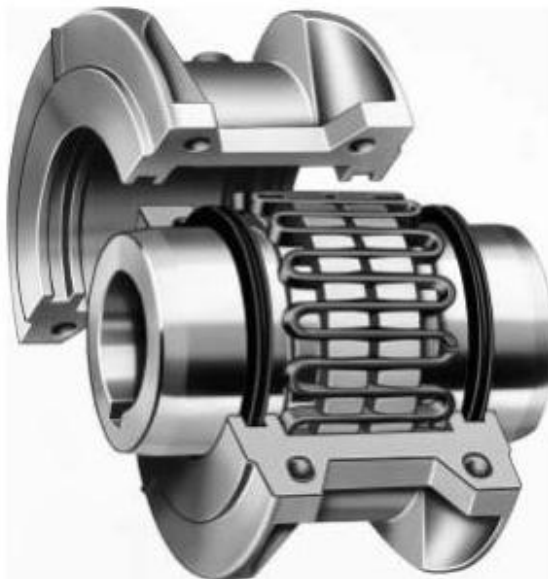


Gráfico N° 1.7: Acople tipo grid-flex

Fuente: Catálogo de acoples marca Falk.

1.4.6. RODAMIENTOS

Según (FAG, 2000, pág. 30) se menciona que:

“Muchas veces el diámetro del agujero de los rodamientos viene especificado por el diseño general de la máquina o dispositivo. Sin embargo, para determinar finalmente las demás medidas principales y el tipo de rodamiento, conviene averiguar mediante un cálculo de dimensionado, si las exigencias de vida, seguridad estática y rentabilidad quedan satisfechas. En este cálculo se hace una comparación entre la sollicitación del rodamiento y su capacidad de carga.

En la técnica de rodamientos se distingue entre sollicitación dinámica y sollicitación estática. Una sollicitación estática tiene lugar si el movimiento relativo entre los aros de los rodamientos es nulo o muy lento ($n < 10 \text{ min}^{-1}$). En estos casos se examinará la seguridad contra deformaciones plásticas demasiado elevadas en los caminos de rodadura y en los cuerpos rodantes.

La mayoría de los rodamientos se solicitan dinámicamente. Sus aros giran relativamente entre sí. Con el cálculo de dimensionado se examina la seguridad contra la fatiga prematura del material de los caminos de rodadura y de los cuerpos rodantes. El acreditado método de cálculo FAG para la vida alcanzable considera las influencias del servicio y del ambiente en el cálculo.

a) DIMENSIONAMIENTO

• RODAMIENTOS SOLICITADOS ESTÁTICAMENTE

Bajo una sollicitación a carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos, para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

Siendo:

$$f_s = \frac{c_0}{P_0} \quad \text{Ec.1.3}$$

f_s = Factor de esfuerzos estáticos.

C_0 = Capacidad de carga estática [kN].

P_0 = Carga estática equivalente [kN].

El factor de esfuerzos estáticos f_s se toma como valor de seguridad contra deformaciones demasiado elevadas en los puntos de contacto de los cuerpos rodantes. Para rodamientos que deban girar con gran suavidad y facilidad, habrá que elegir un factor de esfuerzos estáticos mayor. Si las exigencias de suavidad de giro son más reducidas, bastan valores más pequeños. En general se pretende conseguir los siguientes valores:

- $f_s = 1,5 \dots 2,5$ para exigencias elevadas.
- $f_s = 1,0 \dots 1,5$ para exigencias normales.
- $f_s = 0,7 \dots 1,0$ para exigencias reducidas.

La capacidad de carga estática (C_0) [kN] según DIN ISO 76 – 1988, está indicada en las tablas para cada rodamiento. Esta carga (en rodamientos radiales una carga radial y en rodamientos axiales una carga axial y centrada) en el centro del área de contacto más cargada entre los cuerpos rodantes y el camino de rodadura produciría una presión superficial teórica (P_0) de:

- 4600 N/mm² para rodamientos oscilantes de bolas
- 4200 N/mm² para todos los demás rodamientos de bolas
- 4000 N/mm² para todos los rodamientos de rodillos

Bajo una sollicitación C_0 (correspondiente a $f_s = 1$) se origina una deformación plástica total del elemento rodante y el camino de rodadura de aprox. 1/10,000 del diámetro del elemento rodante en el área de contacto más cargada.

La carga estática equivalente (P_0) [kN] es un valor teórico. Es una carga radial en rodamientos radiales y una carga axial y centrada en los rodamientos axiales. (P_0) Origina la misma sollicitación en el punto de contacto más cargado entre cuerpos rodantes y camino de rodadura que la carga combinada real.

- **RODAMIENTOS SOLICITADOS DINÁMICAMENTE.**

En el método de cálculo normalizado (DIN/ISO 281) para rodamientos solicitados dinámicamente, se parte de la fatiga del material como causa del deterioro del rodamiento.

La fórmula de vida es:

$$L_{10} = L = \left(\frac{C}{P}\right)^p [10^6 \text{revoluciones}] \quad \text{Ec.-1.4}$$

Siendo:

L_{10} = Vida nominal [10⁶revoluciones].

C = Capacidad de carga dinámica [KN].

P = Carga dinámica equivalente [KN].

p = Exponente de vida.

(L_{10}), Es la vida nominal en millones de revoluciones alcanzada o rebasada por lo menos de un 90% de un gran lote de rodamientos iguales.

La capacidad de carga dinámica [KN] según DIN ISO281 - 1993 se indica en las tablas para cada rodamiento. Con esta carga se alcanza una vida L_{10} de 10⁶ revoluciones.”

1.4.7. MOTORES ELÉCTRICOS

(MOTT, 1995)Un motor eléctrico es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía eléctrica en energía mecánica. El motor eléctrico se utiliza mucho para proporcionar la energía motriz principal a maquinaria industrial, productos de consumo y equipo de oficina.

- **MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.**

(MOTT, 1995) Las dos partes activas de un motor de corriente alterna son el estator o elemento fijo y el rotor o elemento giratorio. El rotor está colocado dentro del estator e instalado en el eje. Esta a su vez, es soportada por cojinetes a los costados de la carcasa como se indica en el gráfico N° 1.8

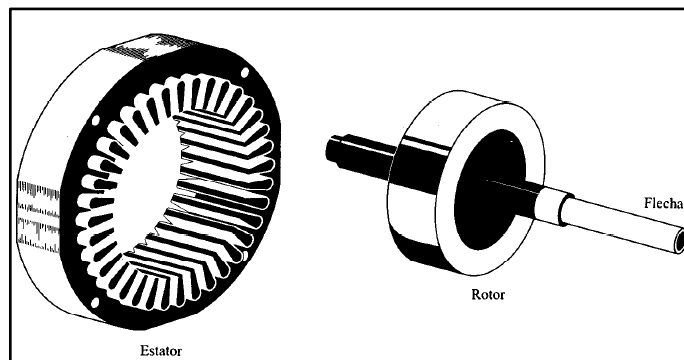


Gráfico N° 1.8: Partes de un motor de CA

Fuente: Diseño de elementos de máquinas - Robert L. Mott - 2Ed pág. 682

Según Robert Mott, los motores de corriente alterna se clasifican en:

- ***Motores Síncronos***

Este motor opera precisamente a la velocidad síncrona sin que se presente deslizamiento. Este motor tiene que arrancarse y acelerarse mediante un mecanismo independiente de los propios componentes del motor síncrono porque a velocidad cero proporcionan muy poco torque. Por lo general este mecanismo es un devanado tipo jaula de ardilla independiente dentro del rotor que al principio acelera la flecha del motor, cuando la velocidad del rotor es de porcentaje mínimo de la velocidad síncrona, se excitan los polos del motor y el rotor entra en sincronía.

- ***Motor inducción***

Este motor solo tiene un bobinado, el principal o de funcionamiento. La reacción de encendido es generada por la presencia de una banda de

cobre alrededor de un lado de cada polo. La banda de baja resistencia induce al polo para que genere un campo magnético giratorio para arrancar el motor. Este tipo de motor es sencillo y económico, no obstante, su eficiencia es baja al igual que su torque de arranque.

- **Motores jaula de ardilla**

El motor jaula de ardilla en la industria es el más común y de mayor uso puesto que para su funcionamiento requiere de corriente alterna, recibe el nombre ya que tiene la forma de una jaula de ardilla de aluminio fundido.

1.4.7.1.FACTORES DE SELECCIÓN DE MOTORES

(MOTT, 1995) Como mínimo, para los motores es necesario especificar los siguientes aspectos:

- Tipo de motor
- Especificaciones de potencia y velocidad
- Voltaje y frecuencia de operación
- Tipo de carcasa
- Tamaño del armazón
- Detalles relativos al montaje

Además, es probable que existan necesidades especiales que deben ser comunicadas al vendedor

- Torque de operación, velocidad de operación y especificación de potencia. Observe que estos se relacionen mediante la ecuación $\text{potencia} = \text{torque} \times \text{velocidad}$.
- Torque de arranque
- Variaciones de carga que se esperan y variaciones de velocidad correspondientes que pueden tolerarse
- Limitaciones de la corriente durante las fases de arranque y funcionamiento
- Ciclo de trabajo: que tan a menudo hay que apagar y encender el motor

- Factores ambientales: temperatura, presencia de atmósferas corrosivas o explosivas, exposición al clima o a líquidos, disponibilidad de aire para enfriar y demás.
- Variaciones de voltaje que se esperan.

1.4.8. MOTORREDUCTORES

(MOTT, 1995) En todo tipo de industria siempre se requiere de equipos, cuya función es variar las r.p.m. de entrada, que por lo general son mayores de 1200, entregando a la salida un menor número de r.p.m., sin sacrificar de manera notoria la potencia. Esto se logra por medio de los reductores y motoredutores de velocidad.

a) SELECCIÓN

Para una selección adecuada de una unidad de reducción debe tenerse en cuenta aspectos como:

Características de operación

- Potencia (tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (de entrada como de salida)
- Torque
- Relación de reducción.

Características del trabajo a realizar

- Tipo de máquina matriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina matriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

Condiciones del ambiente

- Humedad

- Temperatura

1.5. AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Según (URL Guatemala) la automatización de procesos consiste en el uso de sistemas o elementos computarizados para máquinas y procesos industriales sustituyendo a operadores humanos. En el gráfico N° 1.9 se observa una pirámide con los niveles de automatización y los elementos que intervienen en cada uno de ellos.

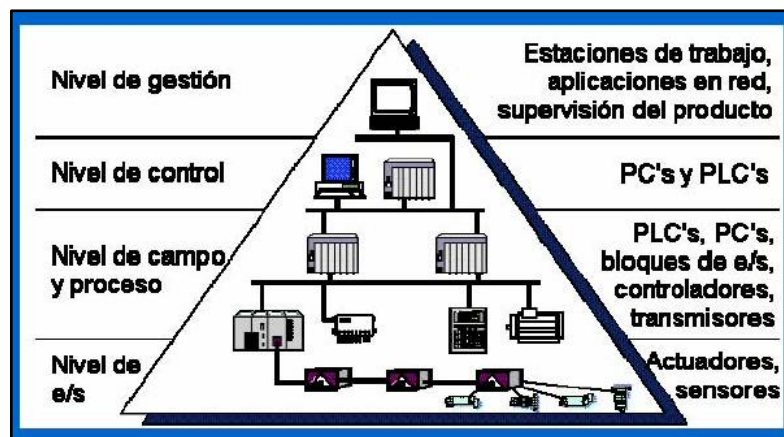


Gráfico N° 1.9: Pirámide de la automatización

Fuente: www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf

1.5.1. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

(URL Guatemala) Los objetivos de la automatización son los siguientes:

- Reducir la mano de obra
- Simplificar el trabajo
- Mayor eficiencia
- Disminución de piezas defectuosas
- Mayor calidad
- Incremento de la competitividad y de la productividad

1.5.2. ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

(URL Guatemala) Dentro de los elementos para la automatización se pueden distinguir:

- **SENSORES Y TRANSDUCTORES**

Elemento que convierte magnitudes físicas en magnitudes eléctricas que luego son transferidas a la parte de mando, para así conocer el estado del sistema

Tipos: inductivos, capacitivos, ópticos, magnéticos, ultrasónicos.

Aplicaciones: presencia, nivel, presión, temperatura, flujo, pH.

- **CONTROLADORES**

La tecnología de Control Industrial es una de las partes fundamentales para llevar a cabo lo que se llama Automatización Industrial. Los elementos más utilizados en los procesos de automatización son:

- *Sensores (electrónica)*
- *Actuadores (hidráulicos o neumáticos)*
- *PLC (controladores lógicos programables)*

- **VARIADORES DE VELOCIDAD**

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean: Dominio de par y la velocidad, cambios de dirección de giro, regulación sin golpes mecánicos, movimientos complejos y mecánica delicada. Para seleccionar un variador de frecuencia se debe tomar en cuenta algunos factores como son: Condiciones ambientales de trabajo, tensión de la red, frecuencia de la red, potencia del motor, corriente del motor y frecuencia nominal del motor.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS

2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

El presente proyecto se enfoca en el diseño e implementación de una estación para el empaquetado y despacho de manera automática de varilla corrugada que se produce en el tren de laminación 1 de la empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso. Actualmente el empaquetado de la varilla se lo realiza con zunchadoras de mano semiautomáticas y zunchos metálicos que los obreros colocan manualmente para formar los paquetes de varillas de una tonelada.

Con el nuevo sistema, se implementará dos módulos de caminos de rodillos, que llevarán y sacarán los paquetes de varillas a una máquina atadora automática, estos paquetes van a ser trasladados por medio de un transferidor de cadenas a una cuna de almacenamiento que tendrá la capacidad de acumular cuatro paquetes.

2.1.1. REQUERIMIENTOS FÍSICOS

El diseño de la estación de empaquetado y despacho de varilla se basa en varios parámetros como: masa, longitud y número de varillas por paquetes, así como en la capacidad de producción en toneladas hora del tren de laminación y la capacidad del módulo de conteo que esta previo a la estación de empaquetado.

2.1.2. CAPACIDAD MÁXIMA

El conjunto de varillas que pasará por la estación para ser empaquetadas, tiene una masa total de una tonelada, para el diseño de ésta estación se usará como mínimo

un factor de seguridad de 3 por las condiciones de trabajo y el mal uso que se le puede dar a la estación.

La estación de empaquetado estará diseñada para una longitud de varilla de doce metros (12 m) y un diámetro promedio de paquetes de 16 cm, la mesa para despacho constará de cuatro módulos de transferidores de cadena, cada uno con la capacidad de soportar y trasladar un paquete de varillas.

2.2. DISEÑO MECÁNICO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

2.2.1. SELECCIÓN DE LA MÁQUINA ATADORA

En este punto del proyecto, es necesario tener definidos algunos factores importantes para la selección de la máquina atadora, tales como son el número de amarres que se realizará por paquete, las dimensiones del paquete de varillas y la velocidad de amarre o ciclo de trabajo que la máquina debería tener.

Actualmente se realiza seis amarres por paquete con la distribución mostrada en el gráfico N° 2.1 para que el paquete pueda estar firme y evitar que se cuelgue la varilla. La máquina empaquetadora deberá realizar la misma cantidad de amarres en un tiempo de noventa segundos (90Seg) para estar dentro del tiempo de producción del tren de laminación, entonces:

$$\frac{90seg}{6amarres} = 15^{seg}/amarre$$

Para lo que necesitamos una máquina con un ciclo de trabajo de 15 segundos o menos, considerando ciclo de trabajo al tiempo en que la máquina carga el material de amarre, compacta el paquete de varillas y realiza un atado.

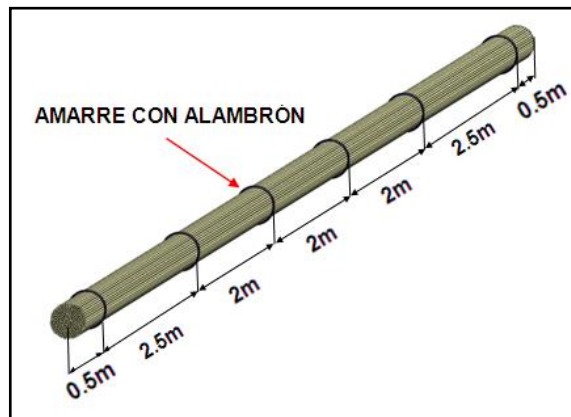


Gráfico N° 2.1: Número y distribución de amarres por paquete

Elaborado por: Investigador.

Respecto a las dimensiones del paquete, la máquina deberá realizar ataduras con un diámetro mínimo de 16cm que es la medida promedio de los paquetes de distintos diámetros de varillas mostrado en el gráfico N° 2.2.

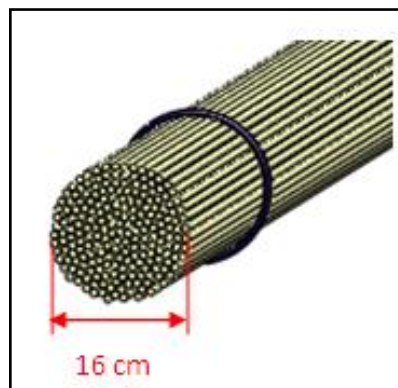


Gráfico N° 2.2: Dimensión promedio del paquete de varillas

Elaborado por: Investigador.

Actualmente en la empresa NOVACERO S.A. cuentan con dos flejadoras manuales las cuales permite colocar zunchos metálicos en los extremos de los paquetes los tres zunchos restantes se los coloca manualmente.

Ya que el proyecto está destinado al empaque de varillas lo más usual y conveniente es utilizar maquinas con flejes metálicos o con alambón ya que las

varillas son corrugadas y se encuentran a temperaturas considerables por lo que un fleje plástico no cumpliría con los requerimientos básicos para este proceso. Con estos datos definidos, se realiza la adquisición de la máquina atadora con las características que se muestra en la tabla N° 2.1

Tabla N° 2.1: Características de la máquina atadora

MÁQUINA ATADORA CON ALAMBRON MARCA DEM			
Ciclo de trabajo (segundos)	Dimensiones del paquete (mm)	Material de amarre	Peso de la bobina de alambón (TON)
13-15	Ø 150 - Ø 400	Alambón Ø 7 ± 0,2 mm	Max 2

Fuente: Empresa de fabricación de máquinas DEM.

2.2.2. DISEÑO DEL CAMINO DE RODILLOS

2.2.2.1. DISEÑO DEL EJE

Se debe diseñar un eje que transmite una velocidad de giro máxima de 150 rpm, los componentes estarán ubicados y distribuidos de la siguiente manera: dos chumaceras en los puntos A y B, en medio de estos se ubicara un rodillo, el eje se conecta a un motor que transmite potencia por medio de un acople flexible convencional. En el gráfico N° 2.3 se muestra un esquema de cómo quedaría el conjunto ensamblado.

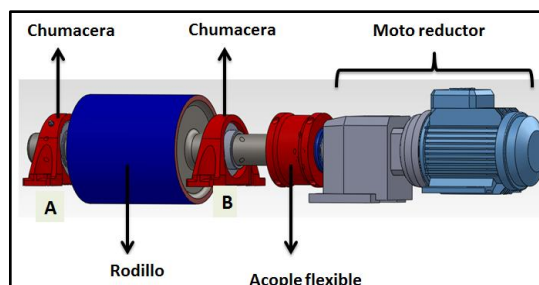


Gráfico N° 2.3: Distribución de componentes en el eje

Elaborado por: Investigador.

a) ANÁLISIS DE FUERZA QUE ACTÚAN SOBRE EL EJE

Recordando que en el camino de rodillos pasaran paquetes de varillas de una tonelada, es decir 1000 Kg, y como en la primera etapa se cuenta con 12 rodillos, el peso del paquete se distribuirá uniformemente sobre estos, por lo tanto

$$\frac{1000\text{Kg}}{12 \text{ rodillos}} = 83.3 \text{ Kg/rodillo}$$

En la siguiente tabla N° 2.2 se detalla las masas de los componentes que irán sobre el eje:

Tabla N° 2.2: Masa de componentes que irán sobre el eje

COMPONENTES	Masa Kg
Masa del cilindro hueco	13.3
Masa de las dos tapas	5.4
Masa de varillas	83.3

Elaborado por: Investigador.

Partiendo de la descripción anterior se puede calcular todas las reacciones ejercidas por los componentes en el eje.

a.1) ANÁLISIS EN EL EJE Y

Para calcular la fuerza neta aplicada en la mitad del cilindro, se determina por $F = m \cdot g$ considerando la masa del rodillo y de las tapas, entonces:

$$\sum m = m_{varillas} + m_{rodillo} + m_{tapas}$$

$$\sum m = 83.3 + 13.3 + 5.4$$

$$\sum m = 102 \text{ kg}$$

Y ya que el punto de aplicación de la fuerza se encuentra en el centro de simetría entre los rodamientos y la carga, se calcula:

$$F = (102 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s})$$

$$F = 1000 \text{ N}$$

Por lo que el rodillo se encuentra soldado al eje por medio de las tapas esta fuerza se transmite al eje en forma puntual a través de ellas. Ya habiendo obtenido esta fuerza se prosigue a la determinación de las reacciones producidas por los rodamientos. Para esto se deben analizar dichas reacciones en dos planos X y Y, y realizar los diagramas de cuerpo libre (Gráfico N° 2.4), fuerzas cortantes y momentos (Gráfico N° 2.5).

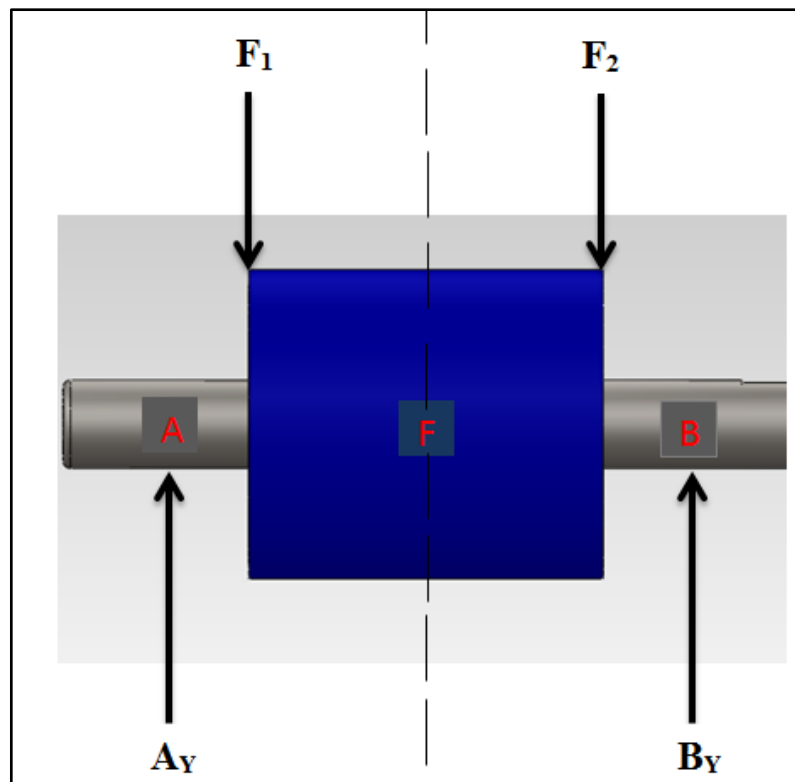


Gráfico N° 2.4: Diagrama de cuerpo libre eje Y

Elaborado por: Investigador.

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y - F_1 - F_2 + B_y = 0$$

$$A_y - 500 - 500 + B_y = 0$$

$$A_y + B_y = 1000$$

$$B_y = 500N$$

$$A_y = 500N$$

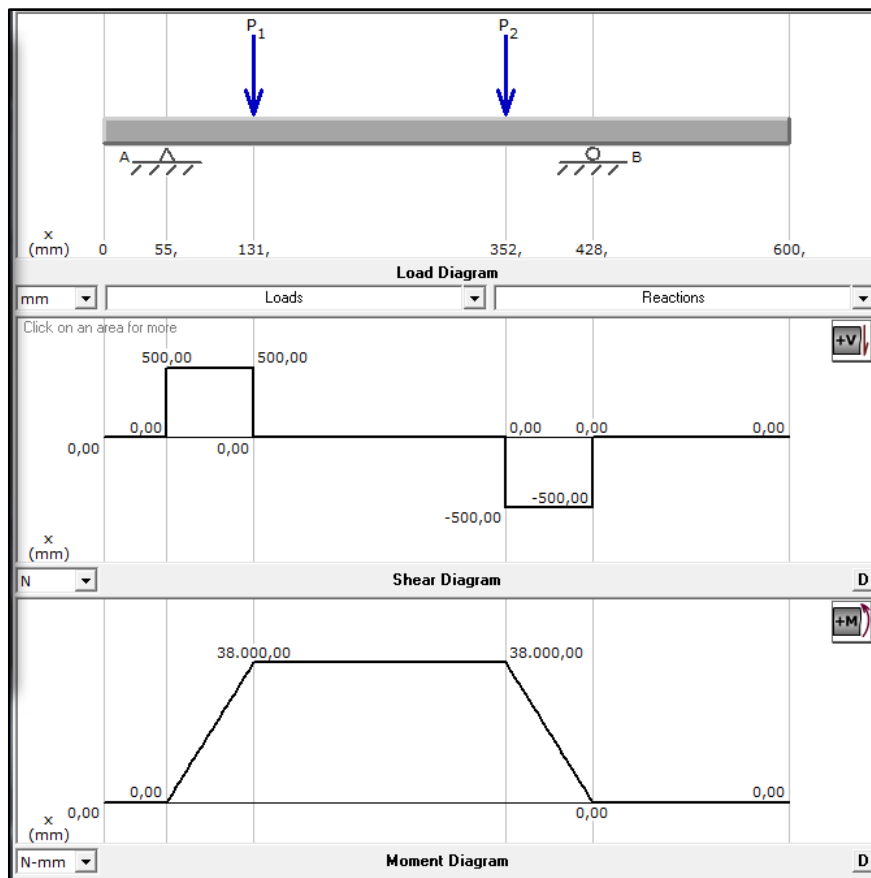


Gráfico N° 2.5: Diagrama de esfuerzos y momentos cortantes eje Y

Elaborado por: Investigador.

a.2) ANALISIS EN EL EJE X

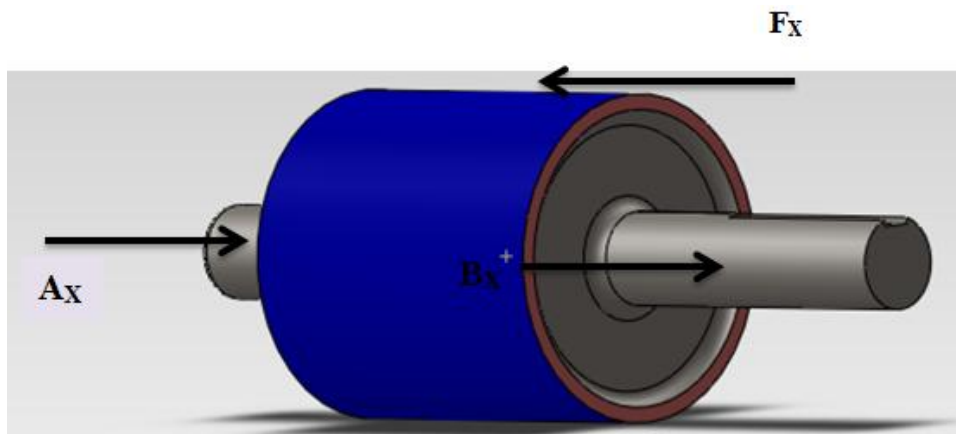


Gráfico N° 2.6: Diagrama de cuerpo libre eje X

Elaborado por: Investigador.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$A_x + B_x = F_x$$

La fuerza de fricción se determina multiplicando la fuerza vertical aplicada en ese punto por el coeficiente de fricción entre acero y acero de 0.18

$$F_x = F_{friccion} = F_y \cdot \mu$$

$$F_x = (1000)(0.18)$$

$$F_x = 180N$$

$$B_x = 90N$$

$$A_x = 90N$$

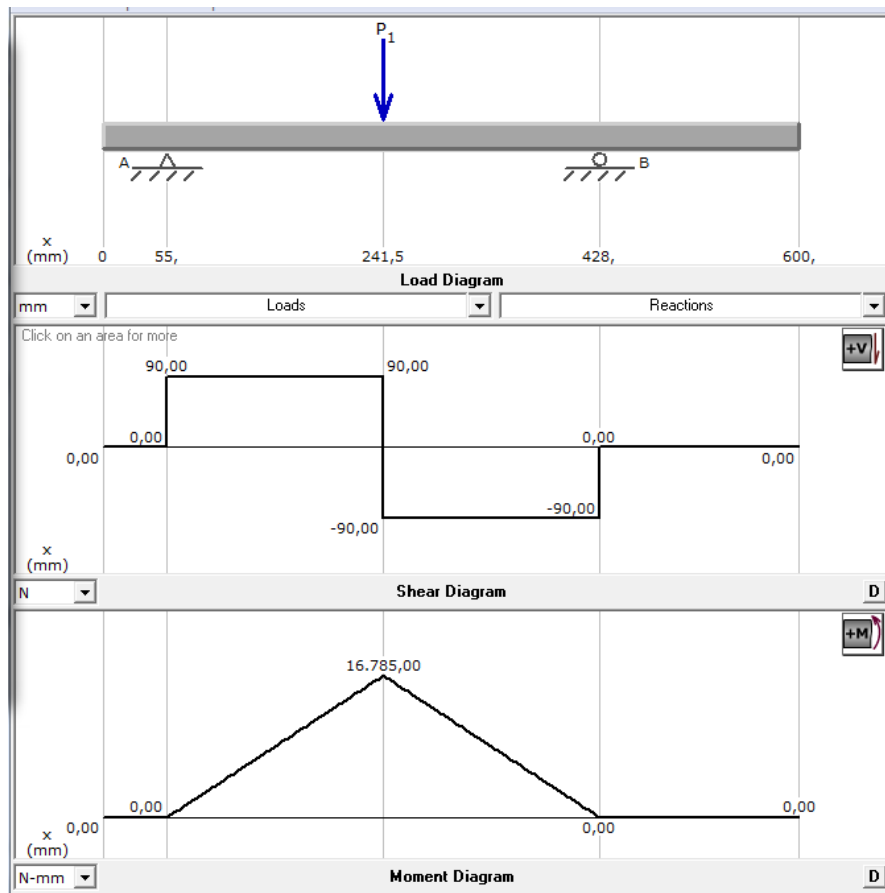


Gráfico N° 2.7: Diagrama de esfuerzos y momentos cortantes eje X

Elaborado por: Investigador.

a.3) MAGNITUD DE FUERZAS CORTANTES

Se calcula mediante la fórmula para obtener la magnitud total de fuerzas cortantes:

$$V_T = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad \text{Ec: 2.1}$$

Dónde:

V_T = Fuerza cortante total (N)

V_x = fuerza cortante producida en el eje X (N)

V_x = fuerza cortante producida en el eje Y (N)

Se calcula las fuerzas cortantes resultantes en los puntos A y B donde se encuentran ubicadas las chumaceras.

Fuerza resultante en el punto A:

$$V_A = \sqrt{V_{Ax}^2 + V_{Ay}^2}$$

$$V_A = \sqrt{(90)^2 + (500)^2}$$

$$V_A = 508.03 \text{ N}$$

Fuerza resultante en el punto B:

$$V_B = \sqrt{V_{Bx}^2 + V_{By}^2}$$

$$V_B = \sqrt{(90)^2 + (500)^2}$$

$$V_B = 508.03 \text{ N}$$

Se calcula la fuerza cortante producida por las varillas (punto F), este se considera el punto más crítico.

$$V_F = \sqrt{V_{Fx}^2 + V_{Fy}^2}$$

$$V_F = \sqrt{(180)^2 + (1000)^2}$$

$$V_F = 1016.07 \text{ N}$$

a.4) MAGNITUD TOTAL DE MOMENTOS

Se calcula mediante la fórmula para obtener la magnitud total del momento de flexión:

$$M_T = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2} \quad \text{Ec: 2.2}$$

Donde

M_T = momento cortante total (N)

V_x = momento cortante producido en el eje X (N)

V_y = momento cortante producido en el eje Y (N)

Se calcula el momento flexionante resultante en los puntos A, B y F, como se observa en los gráficos N° 2.4 y N° 2.6 en los puntos A y B la magnitud del momento es cero.

Momento en el punto A:

$$M_A = \sqrt{(M_{Ax})^2 + (M_{Ay})^2}$$

$$M_A = 0 \text{ N.m}$$

Momento en el punto B

$$M_B = \sqrt{(M_{Bx})^2 + (M_{By})^2}$$

$$M_B = 0 \text{ N.m}$$

Se calcula el momento flector producido en el punto F.

$$M_F = \sqrt{(M_{Fx})^2 + (M_{Fy})^2}$$

$$M_F = \sqrt{(16.785)^2 + (38)^2}$$

$$M_F = 41.5 \text{ N.m}$$

Obtenidos estos datos se calcula el diámetro mínimo permisible para el eje, en el punto más crítico (punto F). Se analiza los diferentes tipos de carga en dicho punto.

b) CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO ACEPTABLE EN EL PUNTO MÁS CRÍTICO DEL EJE

Para el cálculo del diámetro mínimo aceptable utiliza la fórmula:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y}\right)^2}} \quad \text{Ec: 2.3}$$

Donde:

D = Diámetro (m).

N = factor de seguridad.

Kt = coeficiente de concentración de esfuerzos.

S'_n = resistencia por durabilidad modificada (MPa).

T = torque (Nm).

s_y = Resistencia de cedencia (MPa).

Las condiciones en este, son $M_F = 42 N.m$ y el torque esta definido por la fuerza ejercida en el plano X y el radio del rodillo donde se aplica la fuerza.

b.1) TORQUE

Para conocer el valor del torque se aplica la formula:

$$T = F * r \quad \text{Ec: 2.4}$$

Donde:

F = Fuerza debido al rozamiento de las varillas sobre los rodillos (N)

r = Radio del rodillo (m)

b.2) FUERZA DE ROZAMIENTO

La fuerza de rozamiento se calcula con la formula:

$$F_r = N \cdot \mu \quad \text{Ec: 2.5}$$

Donde:

F_r = fuerza de rozamiento (N)

N = normal (N)

μ = coeficiente de rozamiento

La normal (N) es la fuerza debido al peso de las varillas, es decir (mg), $N = mg = 816N$ y el coeficiente de rozamiento (μ) entre acero y acero que es de 0.18 entonces:

$$F_r = (816)(0.18)$$

$$F_r = 146.88N$$

Con los datos obtenidos se prosigue a la determinación del torque:

$$T = F_r \cdot r$$

$$T = (147)(0.1095)$$

$$T = 16.09Nm$$

b.3) DESIGNACIÓN DEL MATERIAL

El material a utilizarse en este caso es SAE 1018 por sus aplicaciones para ejes y sus propiedades que se muestran en la tabla N° 2.3.

Tabla N° 2.3: Propiedades mecánicas del AISI 1018

S_U	51-71Mpa
S_Y	min 310Mpa

Elaborado por: Investigador.

b.4) CÁLCULO DE RESISTENCIA POR DURABILIDAD MODIFICADA

Utilizamos la gráfico N° 2.8 para estimar la resistencia por durabilidad modificada empezando por el valor de tensión por tracción en el eje horizontal para después proyectarlo en la curva adecuada que representa la condición superficial que se espera, luego se proyecta hacia el eje vertical para leer la resistencia por durabilidad. Para este caso se utilizara los ejes superior derecho para obtener el valor en unidades SI.

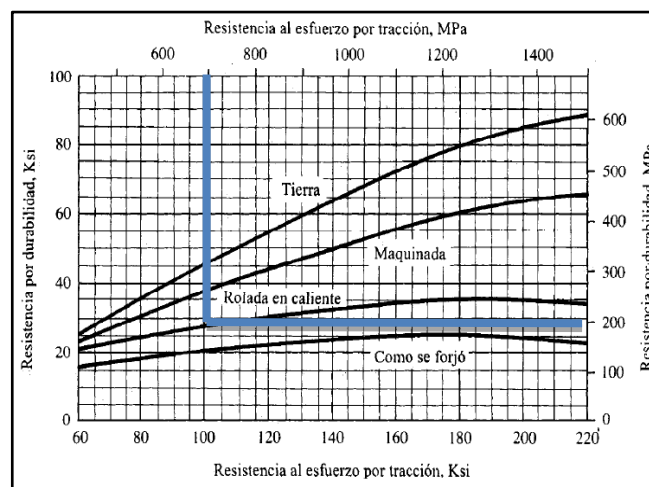


Gráfico N° 2.8: Tensión por durabilidad contra resistencia al esfuerzo por tracción para acero forjado para varias condiciones superficiales

Fuente: Diseño de elementos de máquinas R. Mott. Pág. 145

Como el acero AISI 1018 presenta un esfuerzo por tracción desde 510 MPa hasta 710 MPa y es rolado en caliente tenemos:

$$S_n = 200MPa$$

b.5) FACTOR DE CONFIABILIDAD C_r

Se obtiene el factor de confiabilidad C_r basándose en la tabla N° 2.4.

Tabla N° 2.4: Factor de Confiabilidad

Confiabilidad que se desea	Factor de confiabilidad, C_R
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Fuente: Diseño de elementos de máquinas R. Mott. Pág. 298.

Como se desea una confiabilidad al 0.99 entonces:

$$C_r = 0.81$$

b.6) FACTOR DE TAMAÑO C_s

Como el eje se estima que será mayor de 50mm se utiliza un factor de tamaño de:

$$C_s = < 0.9 \text{ Si es mayor de } 2'' \quad (50\text{mm}) \quad \text{Ec: 2.6}$$

Aplicamos un factor de tamaño C_s para considerar el gradiente de tensión dentro del material y la probabilidad de que una sección particular presente una oclusión específica que puede ser el lugar donde se inicie una fractura por fatiga entonces:

$$C_s = 0.84$$

b.7) RESISTENCIA POR DURABILIDAD REAL S'_n

Para estimar la resistencia por durabilidad real que se espera tenga el material designado para el eje cuando esté en servicio, considerando la resistencia por durabilidad básica o fundamental, modificado por los factores antes calculados tenemos:

$$S'_n = S_n C_s C_r \quad \text{Ec: 2.7}$$

$$S'_n = (200)(0.84)(0.81)$$

$$S'_n = 136$$

b.8) CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_t

No se aplica concentración de esfuerzos ya que todo el largo del eje tiene el mismo diámetro por lo que:

$$K_t = 1$$

Como el sistema se encuentra bajo condiciones de impacto empleamos

$$N = 4$$

b.9) CÁLCULO DEL DIÁMETRO D

Con los datos obtenidos anteriormente se puede ya calcular el diámetro del eje mínimo aceptable en el punto más crítico aplicando la ecuación 2.3:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 (4)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{(1)(42)}{(136)}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{(16.09)}{(310)}\right)^2}}$$

$$D = 0.024m$$

$$D = 24mm$$

2.2.2.2. CÁLCULO DE POTENCIA Y SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR PARA EL RODILLO

Para determinar la potencia requerida por el motor es necesario conocer los siguientes parámetros:

- Inercia de las masas en movimiento
- Aceleración angular inicial hasta la velocidad angular de trabajo

Con los parámetros anteriores se determina el torque necesario para mover los ejes y a partir de este determinar la potencia requerida.

a) INERCIA DE LAS MASAS EN MOVIMIENTO

La mayoría de los elementos giratorios de la máquina tienen una forma que puede ser cilindro o hueco y cilindro macizo

a.1) LA INERCIA DE UN CILINDRO HUECO

La inercia de un cilindro hueco está dada por la ecuación

$$I = \frac{m}{8} (d_{ext}^2 + d_{int}^2) \quad \text{Ec: 2.8}$$

Donde:

I = inercia del cuerpo ($Kg\ mm^2$)

m = masa del cuerpo (Kg)

d_{ext} = Diámetro externo del cilindro (m)

d_{int} = diámetro interno del cilindro (m)

a.2) INERCIA DE UN CILINDRO MACIZO

La inercia de un cilindro macizo es igual a:

$$I = \frac{md^2}{8} \quad \text{Ec: 2.9}$$

Donde

I = inercia del cuerpo ($Kg\ mm^2$)

m = masa del cuerpo (Kg)

d = Diámetro del cilindro (m)

b) VELOCIDAD Y ACELERACIÓN ANGULAR

La ecuación para la velocidad angular es la siguiente

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec: 2.10}$$

Dónde:

ω = velocidad angular (rad/s)

V = velocidad lineal (m/s)

r = Radio (m)

La aceleración angular está definida por:

$$\omega = \omega_o + \alpha \cdot t$$

Dónde:

ω = velocidad angular (rad/s)

ω_o = velocidad angular inicial (rad/s)

α = aceleración angular (rad/s^2)

t = Tiempo (s)

Ya que el sistema parte del reposo $\omega_o = 0$ entonces la aceleración angular es igual:

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \qquad \text{Ec: 2.11}$$

Los elementos considerados móviles de cada sistema son acelerados desde el instante que se encuentra en reposo, es decir la velocidad angular inicial (ω_o) es igual a cero, hasta que alcance la velocidad angular de funcionamiento (ω) de cada uno de ellos.

c) TORQUE PARA CÁLCULO DE POTENCIA DE MOTOR

La ecuación para el cálculo del torque es la siguiente:

$$T = I \cdot \alpha \qquad \text{Ec: 2.12}$$

Dónde:

T = torque (Nm)

I = inercia del cuerpo ($Kg\ mm^2$)

α = aceleración angular (rad/s^2)

d) POTENCIA

La expresión para determinar la potencia necesaria para poner en rotación los elementos móviles del sistema es:

$$P = T * \omega \qquad \text{Ec: 2.13}$$

Dónde:

P = potencia (KW)

T = torque (Nm)

ω = velocidad angular (rad/s)

Tabla N° 2.5: Datos requeridos para el cálculo potencia del motor

DATOS	
Masa del cilindro hueco (rodillo)	13.4 Kg
Masa del eje	18.94 Kg
Masa de las dos tapas del rodillo	5.4 Kg
Velocidad lineal = velocidad de ciclo de la máquina	1.5 m/s
Tiempo de arranque de las varillas	0.5 s
Diámetro del cilindro (rodillo)	ext. 0.219 m int 0.198 m

Elaborado por: Investigador.

e) DIMENSIONAMIENTO

e.1) POTENCIA NECESARIA PARA VENCER LA INERCIA DEL RODILLO

Se calcula la inercia cilindro hueco:

$$I = \frac{m}{8}(d_{ext}^2 + d_{int}^2)$$

$$I = \frac{13.4}{8}(0.219^2 + 0.198^2)$$

$$I = 0.146 \text{ Kg mm}^2$$

Se calcula la velocidad angular del cilindro hueco.

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \frac{1.5}{0.11}$$

$$\omega = 13.69 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Se calcula la aceleración angular del cilindro hueco:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{13.69}{0.5}$$

$$\alpha = 27.68 \text{ rad/seg}^2$$

Se calcula el torque necesario para vencer la inercia del cilindro hueco:

$$T = I \cdot \alpha$$

$$T = (0.146)(27.38)$$

$$T = 3.99 \text{ Nm}$$

Se calcula la potencia requerida:

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{(3.99)(130)}{9550}$$

$$P = 0.054KW \cong 54.31W$$

$$P = 0.072HP$$

e.2) CÁLCULO PARA VENCER LA INERCIA DEL EJE

Se calcula la inercia del eje macizo:

$$I = \frac{md^2}{8}$$

$$I = \frac{(18.94)(0.060)^2}{8}$$

$$I = 0.0085 \text{ Kg } mm^2$$

Se calcula la velocidad angular:

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \frac{1.5}{0.030}$$

$$\omega = 50 \frac{rad}{seg}$$

Se calcula la aceleración angular:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{50}{0.5}$$

$$\alpha = 100 \text{ rad}/\text{seg}^2$$

Se calcula el torque necesario para vencer la inercia del eje:

$$T = I \cdot \alpha$$

$$T = (0.0085)(100)$$

$$T = 0.85Nm$$

Se calcula la potencia requerida:

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{(0.85)(477)}{9550}$$

$$P = 0.042KW \cong 42.45W$$

$$P = 0.056HP$$

e.3) CÁLCULO PARA VENCER LA INERCIA DE LAS TAPAS

Se calcula la inercia de las tapas:

$$I = \frac{m}{8} (d_{ext}^2 + d_{int}^2)$$

$$I = \frac{m}{8} (0.198^2 + 0.060^2)$$

$$I = 0.028 Kg mm^2$$

Se calcula la velocidad angular de las tapas:

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \frac{1.5}{0.099}$$

$$\omega = 15.15 \frac{rad}{seg}$$

Se calcula la aceleración angular de las tapas:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{15.15}{0.5}$$

$$\alpha = 30.3 \text{ rad}/\text{seg}^2$$

Se calcula el torque necesario para vencer la inercia de las tapas:

$$T = I \cdot \alpha$$

$$T = (0.028)(30.3)$$

$$T = 0.84Nm$$

Se calcula la potencia requerida:

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{0.84 \cdot (144.68)}{9550}$$

$$P = 0.0127KW \cong 12.7W$$

$$P = 0.017HP$$

e.4) CÁLCULO PARA VENCER EL PESO DE LAS VARILLAS

Se realiza el cálculo del torque necesario para vencer el peso de las varillas:

Con los datos de la fuerza aplicada al rodillo $F = F_r = N \cdot \mu$ la cual es 147N y el radio del rodillo 0.1095m realizamos el cálculo del torque necesario para vencer el peso de las varillas.

$$T = F \cdot r$$

$$T = (147)(0.1095)$$

$$T = 16.09Nm$$

Se realiza el cálculo de la potencia requerida:

Con el torque obtenido y las rpm a las que el rodillo va girar encontramos la potencia.

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{(16.09)(150)}{9550}$$

$$P = 0.25KW \cong 252.8W$$

$$P = 0.33HP$$

e.5) POTENCIA TOTAL REQUERIDA

La potencia necesaria para mover todos los elementos móviles del camino de rodillo se obtiene de sumar los valores de las potencias que actúan en cada sistema.

$$P_{requerida} = P_{RODILLO} + P_{EJE} + P_{TAPAS} + P_{VARILLAS}$$

$$P_{requerida} = 0.072 + 0.056 + 0.017 + 0.33$$

$$P_{requerida} = 0.469 \cong 0.5[HP]$$

$$P_{requerida} = 0.5[Hp]$$

El cual lo multiplicamos por un factor de seguridad de 1.25 para garantizar un buen funcionamiento:

$$P_{requerida} = 0.5[Hp] * 1.25$$

$$P_{requerida} = 0.063[Hp]$$

e.6) POTENCIA QUE DEBE SUMINISTRAR EL MOTOR

El motor a seleccionar debe cubrir la potencia requerida $P_{requerida}$ para accionar los elementos móviles de la máquina, además vencer las fuerzas de fricción de los mismos, considerando situaciones de sistemas mecánicos en malas condiciones, como mal anclaje del motor y vibraciones excesivas, además de prolongadas horas de operación, numerosos arranques, y malas instalaciones eléctricas, se busca un factor de servicio

$$P_{motor} = P_{requerida} * f_s \quad \text{Ec: 2.14}$$

Donde

P_{motor} = Potencia que debe suministrar el motor (Hp)

$P_{requerida}$ = Potencia requerida (Hp)

f_s = factor de servicio

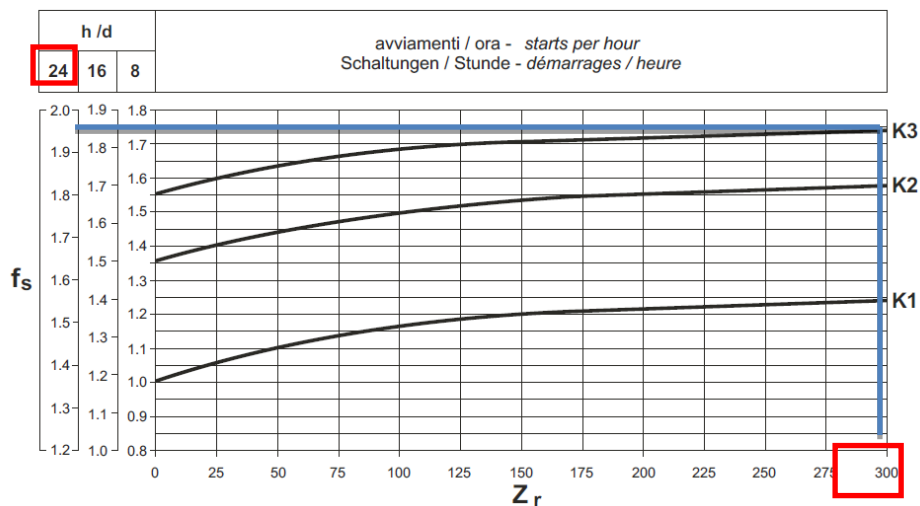


Gráfico N° 2.9: Factor de servicio de motores ABB

Fuente: Catalogo de motores ABB.

Observando el gráfico N° 2.9, tomando en cuenta las condiciones más críticas, y como en la empresa se produce varilla tanto en el día como en la noche, se considera el trabajo diario de los motores a 24 horas. Después de la selección apropiada de trabajo diario hora de la columna superior izquierda, el factor de servicio está dado por la intersección número de arranques por hora y una de las curvas K1, K2 o K3.

Las curvas K están relacionadas con la naturaleza del servicio (bajo, medio y pesado). Se selecciona un servicio pesado y 300 arranques por día lo que nos da un factor de servicio de 2; entonces:

$$P_{motor} = P_{requerida} * F_s$$

$$P_{motor} = 0.63[HP] * 2$$

$$P_{motor} = 1.26 \cong 1.5[HP]$$

f) SELECCIÓN DEL MOTOR

Según el catalogo de ABB de motores eléctricos trifásicos a 60 Hz, mostrado en la tabla N° 2.6.

Tabla N° 2.6: Motores de aplicación general en hierro fundido

Output			Eficiencia [%]			Factor de potencia			Corriente			Torque					
[kW]	[HP]	Tipo	r/min	% de la potencia nominal			%			In	I _s	Ivacio	Tn	I _s	T _{max}		
				50	75	100	50	75	100	FS	[A]	In	[A]	[Nm]	Tn	Tn	
4-poles = 1800 r/min																	
440 V 60 Hz																	
0,25	0,33	M2QA	71 M4A	1679	60,1	66,3	66,9	0,48	0,63	0,72	1,15	0,68	5,1	0,55	1,42	2,2	2,7
0,37	0,5	M2QA	71 M4B	1679	63,1	69,3	69,9	0,51	0,66	0,75	1,15	0,93	3,4	0,64	2,1	2,2	2,7
0,55	0,75	M2QA	80 M4A	1694	68,5	73,9	74,3	0,51	0,66	0,75	1,15	1,3	3,4	1,0	3,2	2,4	2,6
0,75	1	M2QA	80 M4B	1687	69,2	74,8	75,4	0,53	0,67	0,77	1,15	1,7	4,2	1,3	4,2	2,5	2,5
1,1	1,5	M2QA	90 S4A	1685	73,3	77,6	77,8	0,55	0,69	0,77	1,15	2,4	4,1	1,4	6,3	2,3	2,3
1,5	2	M2QA	90 L4A	1678	75,1	79,2	79,3	0,56	0,69	0,78	1,15	3,2	4,2	1,7	8,5	2,4	2,5
2,2	3	M2QA	100 L4A	1724	80,0	82,7	82,1	0,63	0,74	0,80	1,15	4,4	4,9	2,6	12,2	2,3	2,6
3	4	M2QA	100 L4B	1706	81,1	83,6	83,1	0,72	0,81	0,87	1,15	5,5	5,1	2,8	16,8	2,3	2,6
3,75	5	M2QA	112 M4A	1730	82,6	85,4	85,4	0,61	0,73	0,80	1,15	7,2	4,9	4,4	20,4	2,6	3,0
4,5	6	M2QA	112 M4A	1715	84,3	85,5	84,6	0,67	0,77	0,84	1,15	8,3	4,9	4,4	25,1	2,1	2,4
5,5	7,5	M2QA	112 L4A*	1723	83,0	85,1	84,6	0,69	0,79	0,84	1	10,4	6,4	5,2	31	2,2	2,3
7,5	10	M2QA	132 M4A	1734	86,2	87,9	88,1	0,70	0,79	0,85	1,15	13,2	6,1	5,4	41	2,4	2,6
9,2	12,5	M2QA	132 M4B*	1724	82,9	85,1	84,6	0,71	0,80	0,86	1	16,8	6,4	6,8	52	2,3	2,3

Fuente: Catálogo de motores ABB.

Tomando en cuenta que en el cálculo anterior seleccionamos un motor ABB que proporciona una potencia de 1.5 Hp M2QA, 220/440V y con una velocidad de giro de 1800 rpm.

g) SELECCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

Como se requiere que el paquete se mueva a una velocidad de 1.5 m/s es decir aproximadamente 150 rpm se necesita de un reductor que proporcione esta velocidad para esto es necesario encontrar la relación de transmisión que será:

$$i = \frac{n_{entrada}}{n_{salida}} \quad \text{Ec: 2.15}$$

Donde:

i = relación de transmisión

$n_{entrada}$ = velocidad del motor en (rpm)

n_{salida} = velocidad de salida del reductor (rpm)

De los cálculos anteriores se selecciono un motor con una velocidad de giro de 1800 rpm y la velocidad que se requiere en la salida es de 150 rpm entonces:

$$i = \frac{1800[rpm]}{150[rpm]}$$

$$i = 12$$

Para un motor de 1.1KW, donde se requiere que los rodillos giren 150 rpm se selecciona de la tabla N° 2.7 de catalogos ABB el reductor:

Tabla N° 2.7: Reductores de velocidad

1.1 kW										
n_2 min ⁻¹	M_2 Nm	S	i	R_{n2} N						
78	129	1.4	18.0	3020	C212_ 18.0 S2 M2SB4	114	C212_ 18.0 P90 BN90S4	115		
82	122	3.1	17.1	5420	C352_ 17.1 S2 M2SB4	110	C352_ 17.1 P90 BN90S4	121		
88	113	1.6	15.8	2970	C212_ 15.8 S2 M2SB4	114	C212_ 15.8 P90 BN90S4	115		
90	111	2.4	15.6	4630	C312_ 15.6 S2 M2SB4	117	C312_ 15.6 P90 BN90S4	118		
98	102	1.7	14.3	2910	C212_ 14.3 S2 M2SB4	114	C212_ 14.3 P90 BN90S4	115		
100	100	2.6	14.0	4500	C312_ 14.0 S2 M2SB4	117	C312_ 14.0 P90 BN90S4	118		
113	88	1.8	12.4	2840	C212_ 12.4 S2 M2SB4	114	C212_ 12.4 P90 BN90S4	115		
114	88	2.8	12.3	4350	C312_ 12.3 S2 M2SB4	117	C312_ 12.3 P90 BN90S4	118		
125	80	1.9	11.2	2770	C212_ 11.2 S2 M2SB4	114	C212_ 11.2 P90 BN90S4	115		
126	79	3.0	11.1	4230	C312_ 11.1 S2 M2SB4	117	C312_ 11.1 P90 BN90S4	118		
139	72	0.9	10.1	1400	C112_ 10.1 S2 M2SB4	111	C112_ 10.1 P90 BN90S4	112		
145	69	2.1	9.6	2700	C212_ 9.6 S2 M2SB4	114	C212_ 9.6 P90 BN90S4	115		
151	66	3.3	9.3	4030	C312_ 9.3 S2 M2SB4	117	C312_ 9.3 P90 BN90S4	118		
154	65	0.9	9.1	1480	C112_ 9.1 S2 M2SB4	111	C112_ 9.1 P90 BN90S4	112		
161	62	2.3	8.7	2630	C212_ 8.7 S2 M2SB4	114	C212_ 8.7 P90 BN90S4	115		
184	54	1.0	7.6	1550	C112_ 7.6 S2 M2SB4	111	C112_ 7.6 P90 BN90S4	112		
198	50	2.6	7.1	2510	C212_ 7.1 S2 M2SB4	114	C212_ 7.1 P90 BN90S4	115		
204	49	1.1	6.9	1510	C112_ 6.9 S2 M2SB4	111	C112_ 6.9 P90 BN90S4	112		
220	45	2.7	6.4	2440	C212_ 6.4 S2 M2SB4	114	C212_ 6.4 P90 BN90S4	115		
223	45	3.5	6.3	3560	C312_ 6.3 S2 M2SB4	117	C312_ 6.3 P90 BN90S4	118		

Fuente: Catálogo de motores ABB.

Tomando en cuenta los datos calculados anteriormente se selecciona un reductor lineal C312 P9.3 S2 con una velocidad de salida de 151 rpm, relación de transmisión 9.3 con un factor de servicio real de 3.3.

h) DISEÑO DE LA CUÑA

h.1) DIMENSIONES

Como se puede observar en el gráfico N° 2.10, el extremo del eje lleva una cuña debido a que éste es el lugar donde se ensambla un acople flexible que une el eje con el moto reductor.

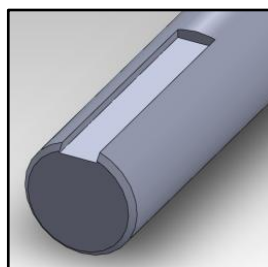


Gráfico N° 2.10: Cuña a diseñar

Elaborado por: Investigador

Se determina las dimensiones de la sección de la cuña utilizando el diámetro del eje en ese punto; $D = 60 \text{ mm} = 2.36 \text{ plg}$; y se halla el intervalo que se muestra en la tabla N° 2.8 donde se obtiene el ancho y la altura de la cuña.

Tabla N° 2.8: Dimensiones de cuñas en base al diámetro del eje.

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incluso)	Espesor, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
$\frac{3}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{8}$
$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{3}{4}$
$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$
$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	1

Fuente: Diseño de elementos de máquinas R. Mott. Pág. 145

Se selecciona una cuña rectangular y sus dimensiones se detallan en la tabla N°2.9.

Tabla N° 2.9: Dimensiones de la cuña

\varnothing más de <i>plg.</i>	Hasta incluso <i>plg.</i>	Espesor W	Altura H
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$

Elaborado por: Investigador

$$H = \frac{5}{8} \cong 15.87 \text{ mm}$$

$$W = \frac{7}{16} \cong 11.11 \text{ mm}$$

Se especifica el material con el que se construirá la cuña: Se utilizara acero AISI 1018 cuyas características se detallaron anteriormente en la tabla N° 2.3.

h.2) TENSIÓN POR ESFUERZO DE CORTE DE LA CUÑA

La tensión por esfuerzo de corte se calcula con la fórmula:

$$\tau_d = 0.5 \frac{s_y}{N} \quad \text{Ec: 2.16}$$

Donde:

τ_d = Tensión de diseño de corte (MPa)

s_y = resistencia a la cedencia (MPa)

N = Factor de seguridad

$$\tau_d = 0.5 \frac{310}{4}$$

$$\tau_d = 38.75$$

h.3) LONGITUD DE LA CUÑA CON BASE A LA TENSIÓN DE APOYO

La longitud de la cuña se calcula mediante la ecuación, entonces:

$$L = \left(\frac{4T}{\tau_d DH} \right)$$

Para el cálculo se considera el torque entregado por el motor de $1.5\text{Hp} \cong 1.11\text{KW}$, que basados en la ecuación 2.16 se obtiene un valor de torque de:

$$T = \frac{(P) * (9550)}{n}$$

$$T = \frac{(1.11)(9550)}{130.21}$$

$$T = 81.4\text{Nm}$$

Entonces:

$$L = \left(\frac{(4)(81.4)}{(38.75)(0.060)(0.011)} \right)$$

$$L = 0.0127m$$

$$L = 13mm$$

h.4) LONGITUD DE LA CUÑA CON BASE AL ESFUERZO DE CORTE

La longitud de la cuña en base al esfuerzo de corte se calcula mediante la ecuación 1.2, entonces:

$$L = \left(\frac{4TN}{DWS_y} \right)$$

$$L = \left(\frac{(4)(81.4)(4)}{(0.025)(0.005)(310)} \right)$$

$$L = 0.0336m$$

$$L = 33.6 \text{ mm}$$

Como la longitud mayor se debe considerar en el diseño, entonces, se deberá fabricar una cuña con una altura de 15.87 mm con 11.11 mm de espesor y una longitud mínima de 33.6 mm.

2.2.2.3. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

a) DIMENSIONAMIENTO

En el gráfico N° 2.11 se observa la posición de los rodamientos en el conjunto, y la fuerza de reacción que estos ejercen para soportar el mismo.

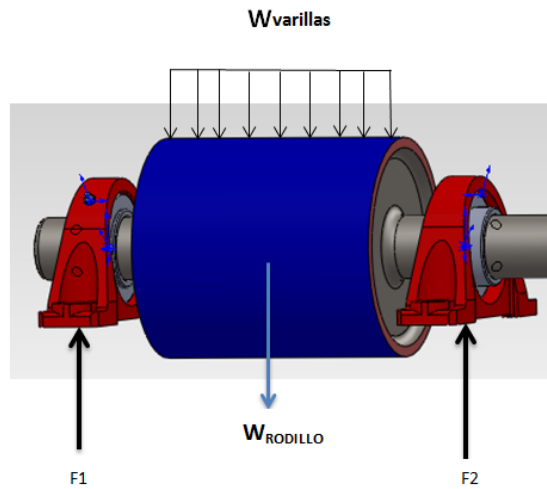


Gráfico N° 2.11: Cargas que soportaran los rodamientos de las chumaceras

Elaborado por: Investigador

La selección de un rodamiento se basa en la carga a la que va a estar sometido, por tal razón se considera los siguientes elementos:

- Masa de las varillas: 83.3 Kg
- Masa del total del rodillo: 18.7Kg

La sumatoria de las masas es la siguiente:

$$\sum m = 83.3 + 18.7$$

$$\sum m = 102.03kg$$

Multiplicado por la gravedad tenemos el peso total:

$$W_{TOTAL} = (102.03[Kg])(9.8[m/s^2])$$

$$W_{TOTAL} = 1000[N]$$

Se hace la sumatoria de fuerzas para calcular las reacciones producidas por el peso de las varillas y los componentes del rodillo.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_1 + F_2 - W_{TOTAL} = 0$$

Como las fuerzas en los apoyos son iguales entonces:

$$2F_1 - W_{TOTAL} = 0$$

$$2F_1 = 1000[N]$$

$$F_1 = 500[N]$$

Las chumaceras son apoyos que soportan carga entonces:

$$P = 500[N]$$

a.1) CÁLCULO CARGA DINAMICA

La expresión matemática para calcular la vida útil, permite la obtención de la carga dinámica (C).

Como el factor de vida p es diferente para rodamientos de bolas y rodillos:

$p = 3$ Para rodamientos de bolas.

$$C = \sqrt[3]{L_{10} * P}$$

Donde:

C =Carga dinámica.

L_{10} =1000000 (Vida estimada en millones de revoluciones).

P = Carga equivalente sobre el rodamiento.

$$C = \sqrt[3]{1000000 * 500[N]}$$

$$C = 50000[N]$$

$$C = 50KN$$

a.2) CÁLCULO CARGA ESTÁTICA.

Para determinar la carga estática (C_o) que es parte del análisis de selección de rodamiento, es necesario citar la siguiente expresión matemática ya simplificada:

$$C_o = S_o * P$$

Donde:

C_o = Capacidad de carga estática.

S_o = Factor de seguridad estático.

P = Carga estática equivalente sobre el rodamiento

De acuerdo con los valores orientados para el factor de seguridad estático S_o , el valor de 1 es recomendable para rodamientos de bolas en condiciones normales como indica la tabla N° 2.10.

Tabla N° 2.10: Valores mínimos del factor de seguridad estático S_o

Condiciones de operación	Rodtos. de bolas	Rotos. de rodillos
Requerimiento de alta precisión rotacional	2	3
Requerimiento de precisión rotacional normal (Aplicación universal)	1	1.5
Permite ligero deterioro de la precisión rotacional (Baja velocidad, altas cagas, etc.)	0.5	1

Fuente: Catálogo de rodamientos de bolas y rodillos NTN.

Entonces:

$$C_o = 2 * 500[N]$$

$$C_o = 1000[N]$$

$$C_o = 1KN$$

b) ANÁLISIS

La siguiente tabla muestra el análisis de los datos calculados y los datos técnicos del rodamiento N° 6212 seleccionado en el catalogo de la FAG.

Tabla N° 2.11: Características rodamientos calculados y existentes en el mercado

Características de rodamientos calculados		Características técnicas rodamiento 6212	
Diámetro interior	60mm	Diámetro interior	60mm
Diámetro exterior	-	Diámetro exterior	110mm
Carga estática	1 KN	Carga estática	36KN
Carga dinámica	50 KN	Carga dinámica	52KN

Elaborado por: Investigador

Como se observa en la tabla N° 2.11 los parámetros obtenidos mediante cálculos no superan los establecidos en el manual de características técnicas de la FAG, esto quiere decir que los rodamientos seleccionados cumplen con las exigencias del diseño.

2.2.2.4. SELECCIÓN DE CHUMACERAS

En esta aplicación se selecciona una chumacera que posea un rodamiento que cumpla con los requerimientos de diámetro, carga estática, y carga dinámica mencionados.

Además al seleccionar la chumacera es importante tomar en cuenta el material de la misma, las condiciones físicas del lugar en donde va a ser montado y el tipo de ajuste entre rodamiento y eje.

Con estos datos se seleccionó la chumacera de piso que se muestra a continuación, cuyas características se pueden observar en el Anexo A.

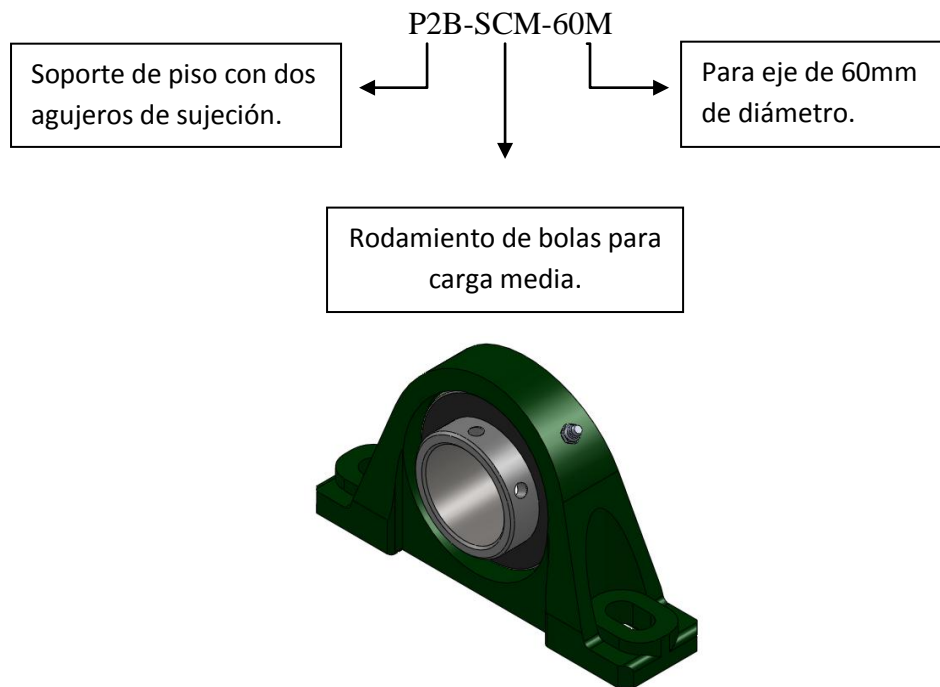


Gráfico N° 2.12: Chumacera P2B-SCM-60M

Fuente: Catálogo rodamientos y chumaceras marca Dodge

2.2.2.5. SELECCIÓN DE ACOPLÉ

Se necesita un acople que trabaje bajo condiciones de choque y que garantice un buen funcionamiento ya que en el ingreso de las varillas al camino de rodillos existe impacto que puede generar vibraciones y desalineamiento entre el eje motriz y el eje conducido.

Se selecciona un acople Falk (tipo grilla) el cual puede trabajar bajo condiciones de impacto y con una tolerancia de desalineación axial y torsional.

Para la selección del acople tipo grilla se considera los diámetros de los ejes motriz y conducido, motriz que es el eje de salida del reductor de velocidad con un diámetro de 25 mm y el conducido que es el eje del rodillo con un diámetro de 60 mm, entonces de la tabla N° 2.12 se seleccionó un acople tipo grilla completo 1070 T con capacidad de desalineación paralelo, axial, angular y permite un acople entre ejes de diámetro mínimo de 19.1mm y máximo de 68mm los cuales cumplen con los parámetros antes mencionados.

Tabla N° 2.12: Características de acoples tipo grilla

Tipo	Par Nominal	Vel. Máx. (rpm)	Eje (mm)		Dimensiones (mm)								GAP (Hueco mm)			Peso (kg)	Lubric. wt(kg)
			Max	Min	A	A'	B	C	D	E	E'	Min.	Normal	Max.			
1020	48	4.500	30	12.7	101.6	111.1	98.0	47.5	39.7	66.5	24.2	1.5	3	4.5	1.9	0.03	
1030	138	4.500	36	12.7	111.0	120.7	98.0	47.5	49.2	68.3	25.0	1.5	3	4.5	2.6	0.03	
1040	230	4.500	44	12.7	117.5	128.5	104.6	50.8	57.1	70.0	25.7	1.5	3	4.5	3.4	0.05	
1050	403	4.500	50	12.7	138.0	147.6	123.6	60.3	66.7	79.5	31.2	1.5	3	4.5	5.4	0.05	
1060	633	4.350	57	19.1	150.5	162.0	130.0	63.5	76.2	92.0	32.2	1.5	3	4.5	7.3	0.09	
1070	921	4.125	68	19.1	161.9	173.0	155.4	76.2	87.3	95.0	33.7	1.5	3	4.5	10	0.11	
1080	1901	3.600	82	27.0	194.0	200.0	180.8	88.9	104.8	116.0	44.2	1.5	3	6	18	0.17	
1090	3456	3.600	95	27.0	213.0	232.8	199.8	98.4	123.8	122.0	47.7	1.5	3	6	25	0.25	
1100	5818	2.440	107	41.3	250.0	266.7	245.7	120.6	142.0	155.5	60.0	1.5	4.5	9.5	42	0.43	
1110	8641	2.250	117	41.3	270.0	285.8	258.5	127.0	160.3	161.5	64.2	1.5	4.5	9.5	54	0.51	
1120	12673	2.025	136	60.3	308.0	319.0	304.4	149.2	179.4	191.5	73.4	1.5	6	12.5	81	0.73	
1130	18434	1.800	165	66.7	346.0	377.8	329.8	161.9	217.5	195.0	75.1	1.5	6	12.5	121	0.91	
1140	26599	1.650	184	66.7	384.0	416.0	371.6	182.8	254.0	201.0	78.2	1.5	6	12.5	178	1.13	

Fuente: Catálogo de acoples marca Dodge.

2.2.3. CUNAS FORMADORAS DE PAQUETES

Como se sabe en la empresa el empaquetado de las varillas se realiza manualmente por lo que se requiere la intervención de al menos 4 personas para realizar el atado de los paquetes, la adquisición de la máquina amarradora facilita todo este proceso siendo los puntos más importantes a considerar la entrada de las varillas a la máquina y la salida de los paquetes ya amarrados. Uno de los requerimientos principales de la amarradora es que para la entrada de las varillas a la máquina, de esta manera, se necesita que éstas no lleguen sueltas sino más bien que lleguen compactas.

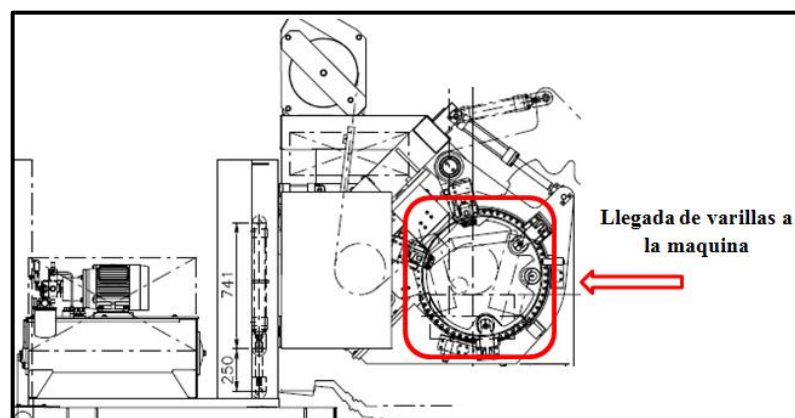


Gráfico N° 2.13: Llegada de varillas a la máquina Amarradora

Fuente: Empresa de fabricación de maquinas DEM.

Para este caso se necesita una estructura que ira sobre el camino de rodillos de entrada el cual permita la distribución de las varillas en una forma tal que estas vayan adquiriendo la forma del paquete y facilite a la máquina su compactación y posterior amarre. Dicha estructuras serán construidas mediante un diseño previo, basado en los movimientos y distancias que presenta la amarradora.

2.2.3.1. DISEÑO DE CAMINO DE RODILLOS DE ENTRADA

a) Llegada de varillas a máquina amarradora

Como las varillas deben llegar compactas a la máquina amarradora, se diseñará un camino de rodillos con paredes inclinadas y una base, las cuales toman la forma de una cuna por donde se desplazaran las varillas hasta la máquina. La modelación de las estructuras secundarias también se lo realizó con la ayuda del software SolidWorks, el mismo que facilita la visualización del modelo diseñado.

Las paredes inclinadas y la base se soldaran sobre dos cajones todo construido con plancha de acero ASTM A36 de $\frac{1}{2}$ pulg de espesor diseñadas para que el rodillo pueda girar libremente y el espacio suficiente para el ensamblaje del motor.

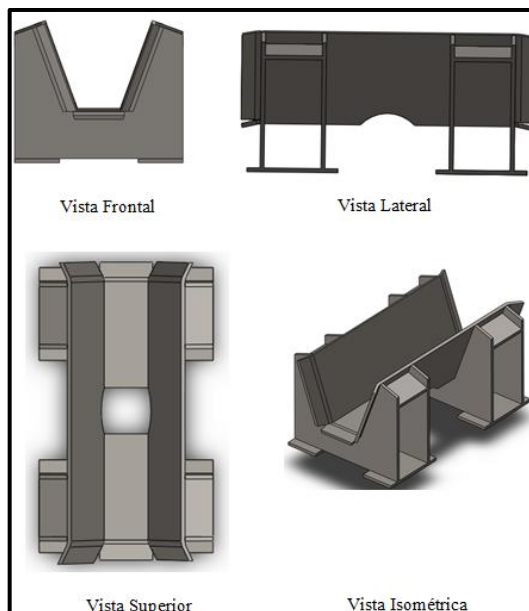


Gráfico N° 2.14: Cajón tipo cuna

Elaborado por: Investigador

b) ENSAMBLAJE DEL CAMINO DE RODILLOS TIPO CUNA

Los componentes utilizados para el camino de rodillos tipo cuna son:

- Motor ABB de 1.5 Hp, 220/440V y 1685rpm.
- Reductor lineal C312 P9.3 S2 con una velocidad de salida de 151rpm, relación de transmisión 9.3, un factor de servicio real de 3.3.
- Acople 1070T
- Chumaceras Dodge \varnothing 60mm
- Eje de 60mm
- Rodillo
- Cuna
- Bases de cuna
- Perno de $\frac{5}{8}$ x 2"

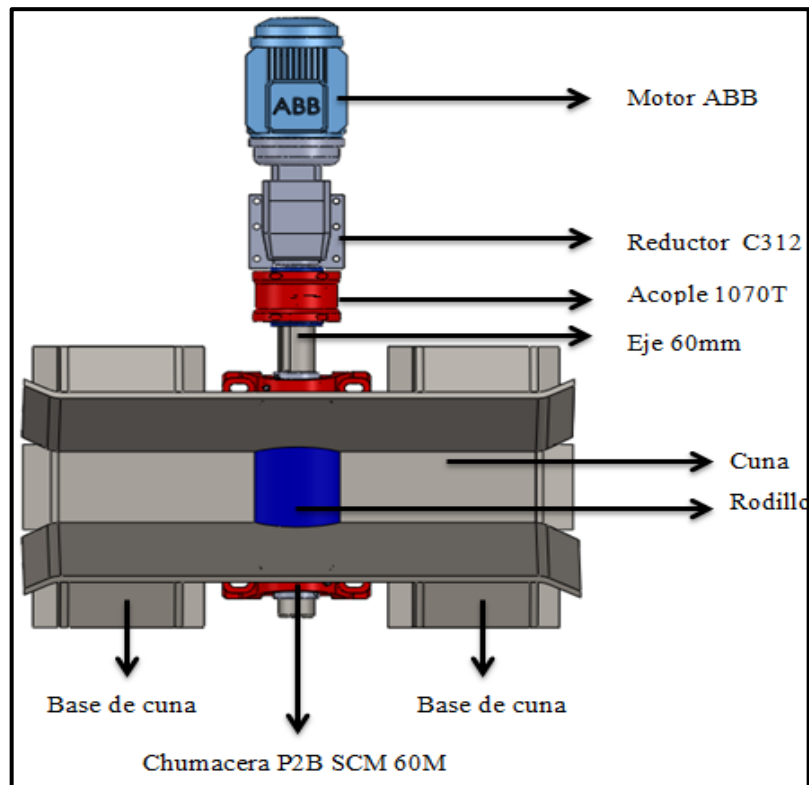


Gráfico N° 2.15: Ensamble total de cunas

Elaborado por: Investigador

2.2.3.2. SALIDA DE PAQUETES DE MÁQUINA AMARRADORA

a) CONSIDERACIONES

Para la salida del paquete de varillas de la máquina se utilizó los mismos materiales que el camino de entrada, los cuales previos estudios nos garantizan el correcto desplazamiento del paquete a lo largo del camino de rodillos.

Este camino no se lo diseñó con paredes ya que las varillas no están sueltas, solo se utilizó un cajón como protección de los rodillos.

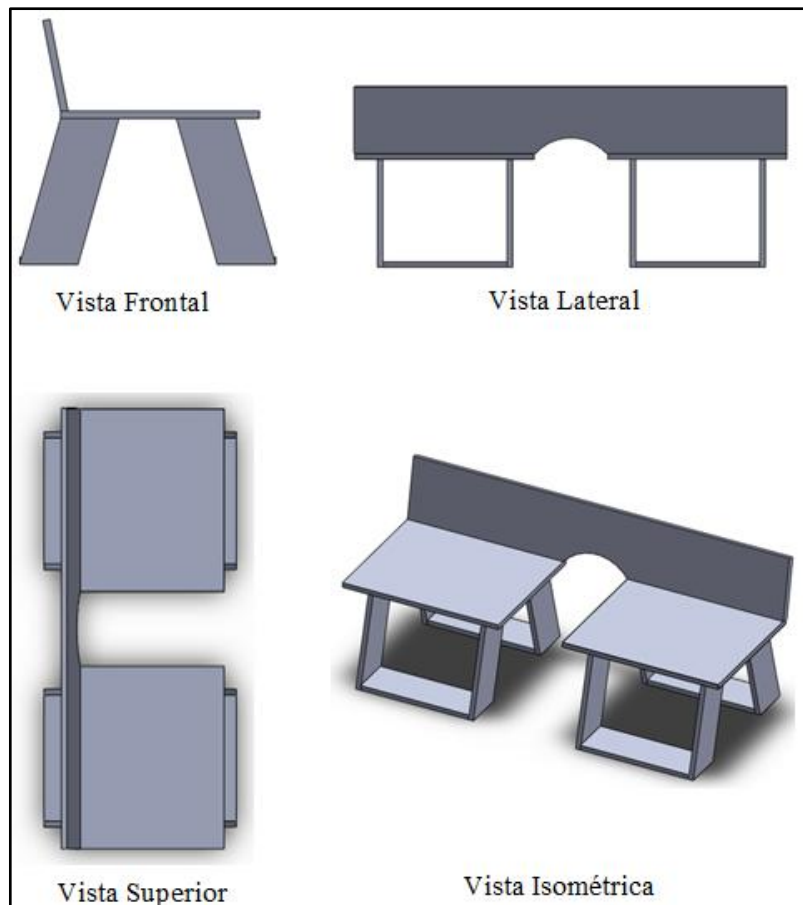


Gráfico N° 2.16: Cajones para camino de salida

Elaborado por: Investigador

b) ENSAMBLAJE DEL CAMINO DE SALIDA

Los componentes utilizados para el camino de rodillos de salida son:

- Motor ABB de 1.5 Hp, 220/440V y 1685rpm.
- Reductor lineal C312 P9.3 S2 con una velocidad de salida de 151rpm, relación de transmisión 9.3, un factor de servicio real de 3.3.
- Acople 1070T
- Chumaceras Dodge Ø 60mm
- Eje de 60mm
- Rodillo
- Cajón
- Perno de $\frac{5}{8}$ x 2"

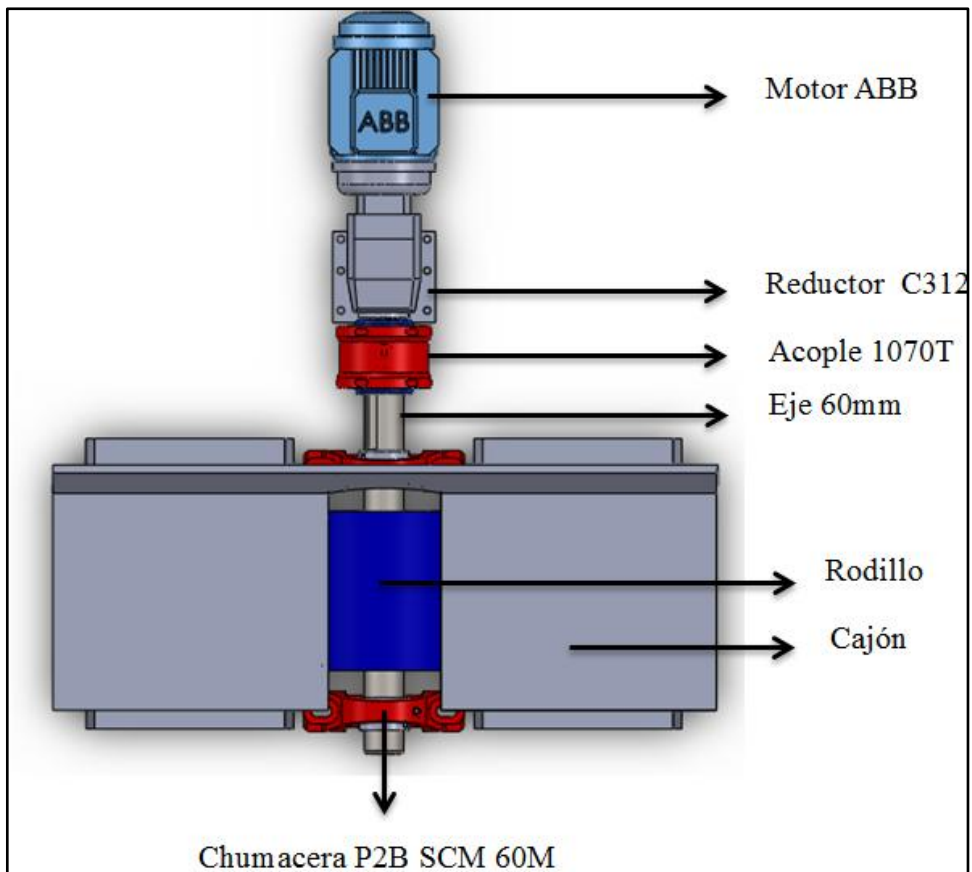


Gráfico N° 2.17: Ensamble total para camino de salida

Elaborado por: Investigador

2.2.4. DISEÑO DE LA MESA PARA DESPACHO DE PAQUETES

2.2.4.1. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA MESA

La mesa de despacho de paquetes está constituida por dos bastidores principales, cuatro secciones de transferidores de cadena con 10 brazos cada una, cuatro ejes donde se montaran elementos secundarios y una cuna para el almacenamiento de los paquetes que se encuentra al final del transferidor como se muestra en el gráfico N° 2.18.

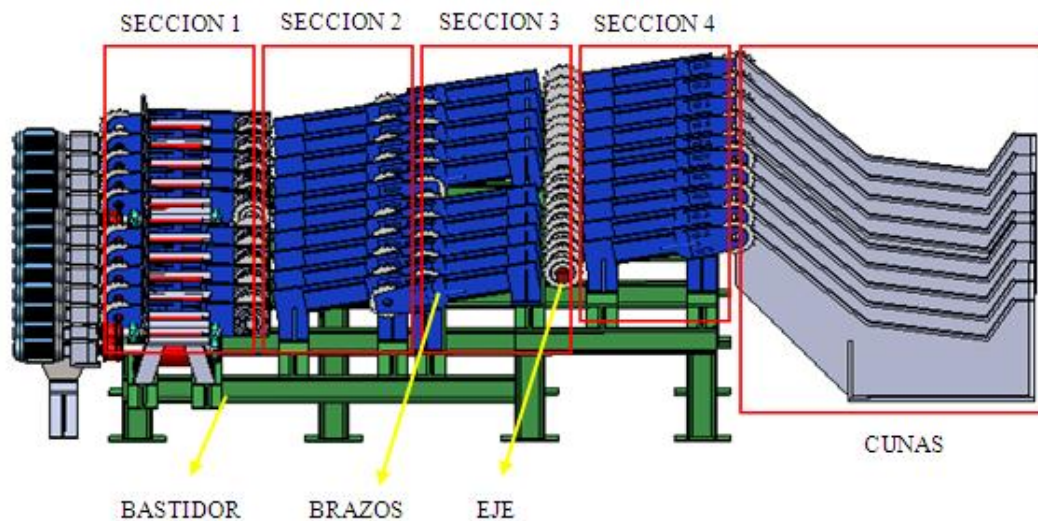


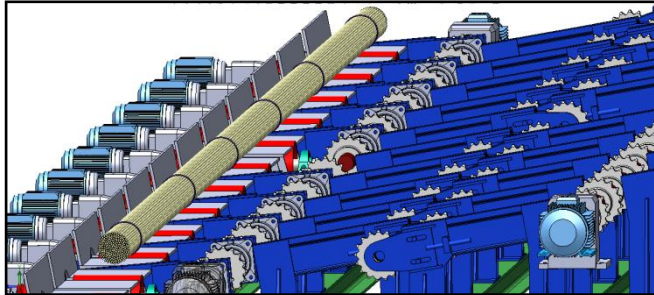
Gráfico N° 2.18: Mesa para despacho de paquetes

Elaborado por: Investigador

Al terminar de amarrar los paquetes, éstos son llevados mediante el camino de rodillos de salida a la mesa de despacho donde los diez brazos basculantes de la sección uno se levantan alzando el paquete y trasladándolo a la segunda sección fuera del camino de rodillos dejando éste libre para el siguiente paquete, este proceso se repite por tres ocasiones, mientras el paquete va avanzando una sección otro va tomando su lugar. Al completar las cuatro secciones todos los paquetes sobre éstas se trasladan simultáneamente a la cuna dejando el transferidor libre para repetir el proceso y dando el tiempo necesario para cargar los paquetes de la cuna y ponerlos sobre la plataforma que los llevará a la bodega de producto

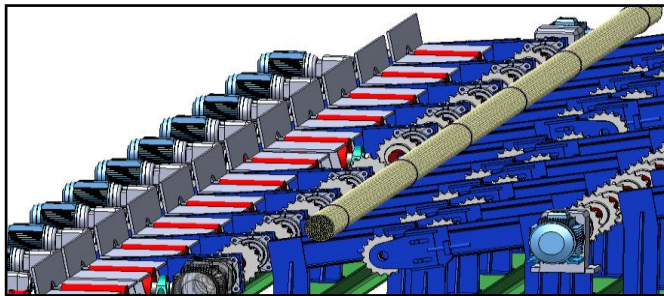
terminado. A continuación se detalla gráficamente el proceso que se realiza en la mesa de despacho.

Paso 1



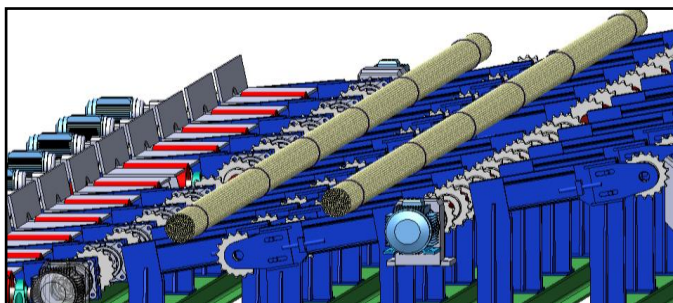
El paquete llega en el camino de rodillos, y se ubica en la sección uno del transferidor donde inmediatamente será levantado y sacado por los brazos basculantes.

Paso 2



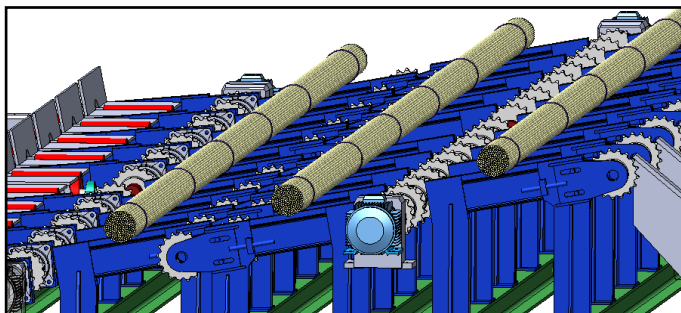
El paquete se ubica en la sección dos del transferidor dejando libre el camino de rodillos y espera el siguiente paquete para desplazarse.

Paso 3



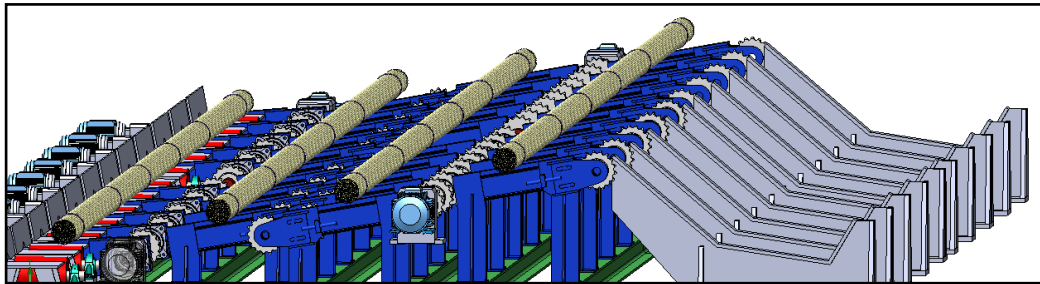
Llega el siguiente paquete y es sacado por los brazos basculantes, éste toma el lugar del primer paquete, y el primer paquete avanza una sección

Paso 4



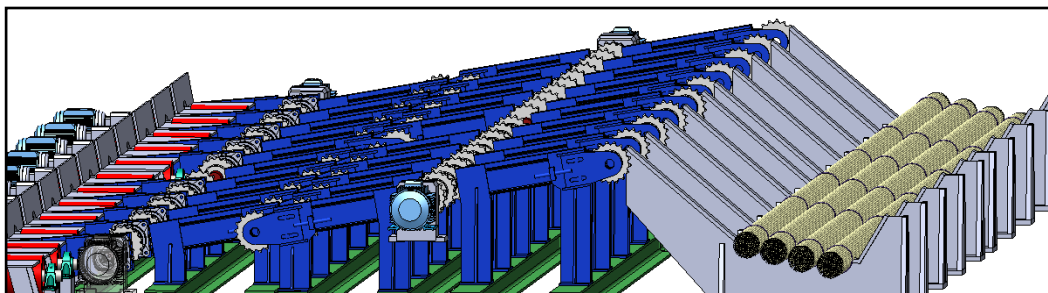
Llega un nuevo paquete y se repite el paso 3, todos avanzan una sección y se espera el siguiente paquete

Paso 5



Llega el cuarto paquete y al no existir más secciones vacías, todos los paquetes se trasladan a la cuna, dejando el transferidor libre para iniciar nuevamente el proceso.

Paso 6



Los paquetes de la cuna se llevan a la plataforma de carga y mientras esto sucede, los pasos anteriores ya se están ejecutando.

2.2.4.2. DISEÑO DE LOS BRAZOS DEL TRANSFERIDOR.

a) COMPONENTES DEL BRAZO

Para el diseño de los brazos del transferidor, se realizara el estudio de un brazo ya que el resto de brazos serán iguales en todas las secciones.

Se realiza el análisis de un brazo basculante mismo que se apoyará sobre un eje mediante chumaceras en uno de sus extremos y de un cilindro neumático en el otro extremo como se muestra en la gráfico N° 2.19.

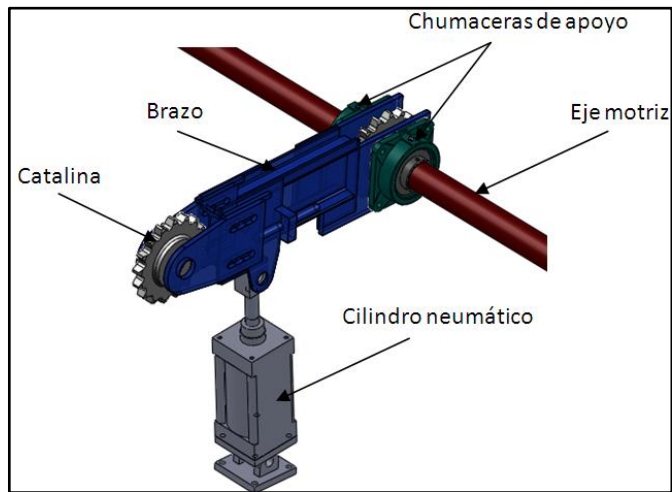


Gráfico N° 2.19: Brazo basculante del transferidor

Elaborado por: Investigador

Para el diseño del brazo se ha puesto de base un perfil laminado IPN 140 de acero ASTM A36 presente en el Anexo B, que servirá para soportar el peso de las varillas y los elementos que conforman el brazo.

b) ANÁLISIS DE FUERZA QUE ACTÚAN SOBRE EL BRAZO

En el gráfico N° 2.20 se presenta el diagrama de las fuerzas que actúan sobre el perfil laminado.

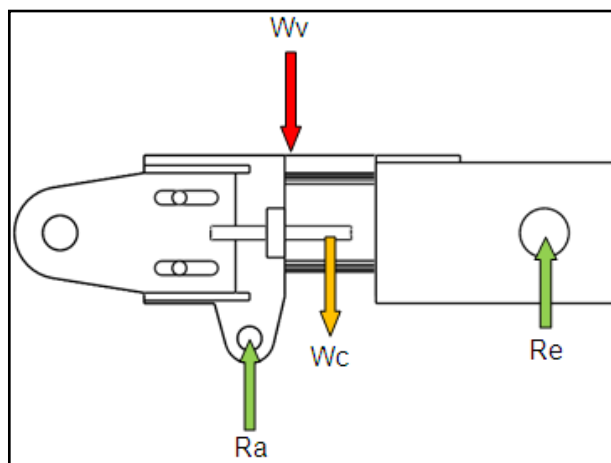


Gráfico N° 2.20: Fuerzas que actúan sobre el perfil laminado del brazo

Elaborado por: Investigador

Donde:

W_v = peso de las varillas sobre el brazo.

W_c = peso del conjunto (peso del perfil + peso de partes del brazo).

R_a = reacción en el apoyo del actuador.

R_e = reacción en el apoyo del eje.

Como sobre cada sección del transferidor se transportará únicamente un paquete de varillas es decir 1000Kg, y como en cada etapa del transferidor se cuenta con 10 brazos, el peso del paquete se distribuirá uniformemente sobre estos, por lo tanto

$$\frac{1000\text{Kg}}{10 \text{ brazos}} = 100 \text{ Kg/brazo}$$

Para calcular la fuerza neta aplicada por el peso de las varillas en el brazo, se determina por:

$$W_v = m \cdot g$$

$$W_v = (100)(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_v = 980 \text{ N}$$

Con la ayuda del software de diseño SolidWorks se puede obtener el peso que tendría todo el conjunto y en qué punto está su centro de masa que servirá para ubicar la fuerza debido al peso.



Gráfico N° 2.21: Propiedades físicas del brazo

Elaborado por: Investigador

Para hacer un cálculo más detallado se considera el peso de componentes que irán sobre el brazo.

$$\sum m = m_{brazo} + 2m_{catalina} + m_{cadena}$$

$$\sum m = 39.8 + 14.64 + 4.2$$

$$\sum m = 58.64 \text{ Kg}$$

Que multiplicado por la gravedad se obtiene el peso total de los componentes en el brazo.

$$W_c = m \cdot g$$

$$W_c = (58.64)(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_c = 574.67 \text{ N}$$

Con estos datos se realiza el diagrama de cuerpo libre del perfil laminado que conforma el brazo, las fuerzas $W_v = P_1$ y $W_c = P_2$ se ubican como se muestra en el gráfico No. 2.22.

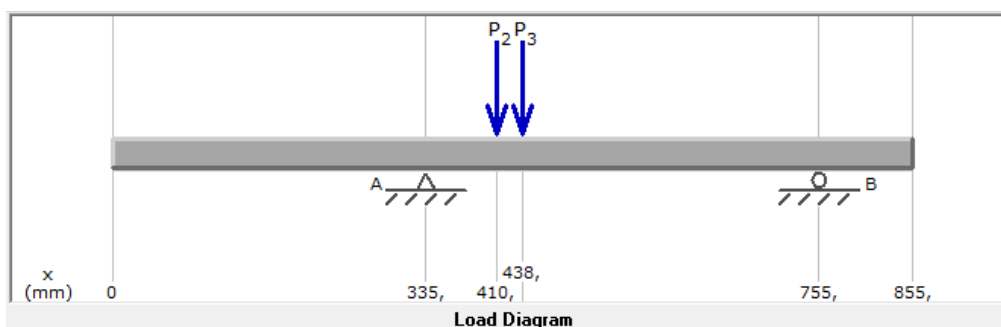


Gráfico N° 2.22: Diagrama de cuerpo libre del brazo basculante

Elaborado por: Investigador

Con la ayuda del software MDSolids se calcula los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores que actúan sobre éste perfil como se muestra en el gráfico N° 2.23 y 2.24.

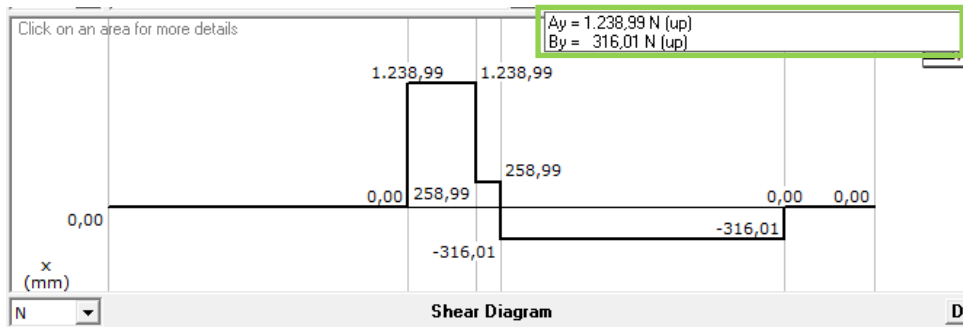


Gráfico N° 2.23: Diagrama de fuerzas cortantes en el brazo basculante

Elaborado por: Investigador

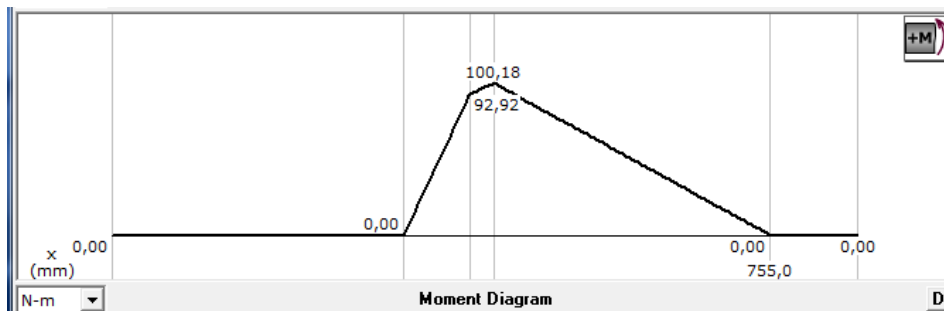


Gráfico N° 2.24: Diagrama de momento flector en el brazo basculante

Elaborado por: Investigador

A continuación se realiza los cálculos correspondientes para verificar que el perfil laminado IPN140 sea el adecuado para el diseño.

b.1) TENSIÓN DE FLEXIÓN PERMISIBLE:

La tensión de flexión permisible se calcula mediante la ecuación:

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{N} \qquad \text{Ec: 2.27}$$

Donde:

σ_{perm} = tensión de flexión admisible.

S_y = límite de fluencia del material. (Acero ASTM A36 = 250 MPa)

N = coeficiente de seguridad que según las condiciones a las que está expuesto el brazo se utiliza un coeficiente de seguridad igual a (3)

$$\sigma_{perm} = \frac{250}{3} = 83.3 \text{ MPa}$$

b.2) TENSIÓN DE CORTE PERMISIBLE

La tensión de corte permisible se calcula mediante la ecuación:

$$\tau_{perm} = \frac{\sigma_{perm}}{\sqrt{3}} \quad \text{Ec: 2.28}$$

Donde:

τ_{perm} = tensión de corte

σ_{perm} = tensión de flexión admisible.

$$\tau_{perm} = \frac{83.3}{\sqrt{3}} = 48.11 \text{ MPa}$$

c) CÁLCULO DE SOLICITACIONES

Con los datos obtenidos de fuerzas cortantes y momentos máximos se tiene que:

$$M_{max} = 80,54 \text{ Nm.}$$

$$Q_{max} = 1238,9 \text{ N.}$$

c.1) TENSIÓN DE FLEXIÓN DE LA VIGA:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \quad \text{Ec: 2.29}$$

Donde:

σ_{max} = tensión de flexión máxima (Pa)

M_{max} = momento flector máximo (Nm)

W_x = modulo resistente de la sección del perfil IPN respecto a X (ver Anexo B).

$$\sigma_{max} = \frac{80.54}{0.0819} = 983.39 \text{ Pa} = 0.00098 \text{ MPa}$$

c.2) CORTE POR FLEXIÓN:

$$\tau_{max} = \frac{Q_x S_x}{I_x e} \quad \text{Ec: 2.30}$$

Donde:

τ_{max} = corte por flexión máximo (MPa)

Q_x = carga máxima (N)

S_x = momento estático de media sección respecto a X del perfil laminado (cm³)

I_x = momento de inercia de la sección respecto a X del perfil laminado (cm⁴)

e = espesor del alma del perfil laminado (mm)

$$\tau_{max} = \frac{1238.9 \times 0.0000477}{0.0000573 \times 0.057} = 0.018 \text{ MPa}$$

c.3) ANÁLISIS

Como $\sigma_{max} < \sigma_{perm}$ y $\tau_{max} < \tau_{perm}$ se deduce que el perfil laminado si es adecuado para usarlo en el diseño del brazo del transferidor.

2.2.4.3. SELECCIÓN DE LA CADENA PARA EL TRANSFERIDOR

Los paquetes de varilla se desplazarán a lo largo de los brazos del transferidor sobre cadenas motrices que estarán apoyadas en un riel de acero en la parte superior del brazo y suspendidas libremente en su retorno.

En este punto es necesario conocer qué cadena es la requerida para soportar el peso de los paquetes de varilla así como la tensión que estos generaran al ser trasladados.

Para realizar una adecuada selección de la cadena es necesario conocer todos los detalles para la aplicación como son los siguientes:

- Distancia de centros del transportador y ángulo de inclinación respecto a la horizontal.
- Número de hileras de cadenas y velocidad de la cadena.
- Los detalles de los accesorios, por ejemplo, peso de los eslabones, cubos, pasadores etc.
- Descripción de material transportado, es decir, peso, tamaño y cantidad.

a) CÁLCULO DE TENSION EN LA CADENA

Observando el gráfico N° 2.25, teóricamente la mayor tensión en la cadena está en el punto D y la mínima tensión en el punto A tomando en cuenta la dirección del movimiento.

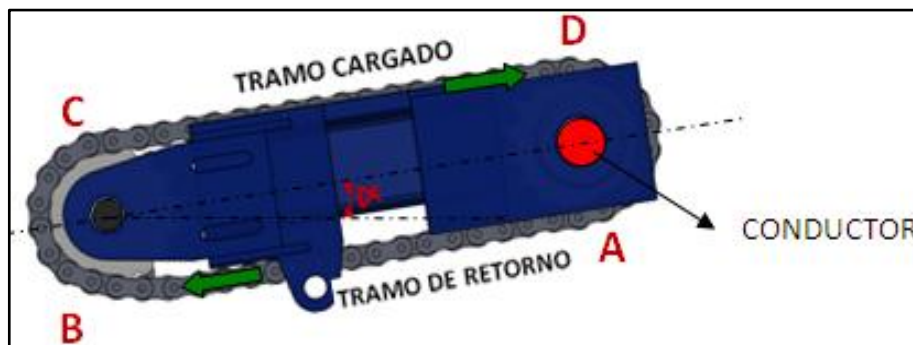


Gráfico N° 2.25: Brazo basculante con cadena

Elaborado por: Investigador

Es por esta razón se realiza el cálculo de tensión en el lado cargado del transferidor.

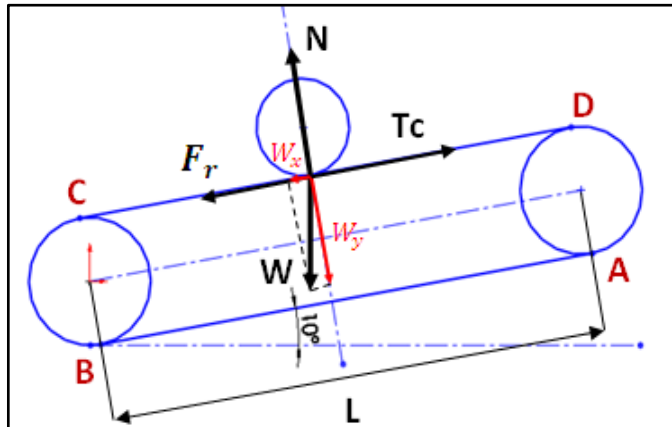


Gráfico N° 2.26: Diagrama de cuerpo libre cadena

Elaborado por: Investigador

a.1) ANÁLISIS EN EL EJE Y

Para el cálculo de la fuerza ejercida por el peso de los componentes que actúan sobre el brazo se considera al peso de las varillas y el peso de la cadena.

$$W_T = W_V + W_c$$

Donde:

W_T = peso total (N)

W_V = peso de las varillas (N)

W_c = peso del tramo de carga de la cadena (N)

El peso ejercido por las varillas se conoce que es 980 N, y los fabricantes proporcionan el dato de la masa de la cadena el cual es de 2.8 Kg por metro, se realiza el cálculo en el tramo de carga.

$$W_c = L * m_c * g$$

Donde:

W_c = peso del tramo de carga de la cadena (N)

L = longitud de la cadena (m)

m_c = masa por metro de cadena (kg)

g = gravedad (m/s^2)

$$W_c = 0.7 * 2.8 * 9.81$$

$$W_c = 19.22 \text{ N}$$

Ya habiendo obtenido esta fuerza se prosigue a la determinación de las reacciones producidas por los componentes en el eje Y.

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N = W_y$$

$$N = W_T * \cos 10^\circ$$

a.2) ANÁLISIS EN EL EJE X

Para calcular la fuerza rozamiento, se determina por $F_r = \mu N$ considerando que μ es el coeficiente de fricción por rodadura para cadena de transferidor estándar que tiene un valor 0.13 deslizando o rodando.

$$F_r = (0.13)(W_T * \cos 10^\circ)$$

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$-W_x - F_r + T_c = 0$$

$$T_c = W_x + F_r$$

Remplazando valores:

$$T_c = \sin 10^\circ W_T + (0.13)(W_T * \cos 10^\circ)$$

$$T_c = \sin 10^\circ 999.22 + 0.13(999.22 * \cos 10^\circ)$$

$$T_c = 301.4 \text{ N}$$

a.3) MÁXIMA CARGA DE RUPTURA REQUERIDA.

Para el cálculo de la carga máxima requerida, se debe tomar en cuenta un factor de seguridad para la cadena el cual lo proporciona el fabricante y se muestra en la tabla N° 2.13 que está dado por las condiciones del lugar de trabajo de la cadena.

Tabla N° 2.13: Factor de seguridad por condiciones del lugar de trabajo.

CLEANLINESS/LUBRICATION				TEMPERATURE/LUBRICATION				
Lubrication	Clean	Moderately Clean	Dirty	Abrasive	Lubrication	-30 / +150°C	150 - 200°C	200 - 300°C
Regular	8	10	12	14	Regular	8	10	12
Occasional	10	12	14	16	Occasional	10	12	14
None	12	14	16	18	None	12	14	16

Fuente: Catálogo de cadenas marca Renold

De estos dos valores, para el cálculo escogemos el mayor; entonces se calcula la carga máxima de ruptura para la cadena utilizando la ecuación:

$$Q_{max} = T_C * F_s \quad \text{Ec: 2.31}$$

Donde:

Q_{max} = Carga máxima de ruptura requerida en la cadena. (N)

T_C = Tensión en la cadena. (N)

F_s =Factor de seguridad.

$$Q_{max} = 344 * 14$$

$$Q_{max} = 4214 \text{ N}$$

b) SELECCIÓN DE CADENA

Con el dato de Q_{max} se selecciona en la tabla N° 2.13 del catálogo una cadena que cumpla con el requerimiento, específicamente por la tensión admisible de la cadena.

Tabla N° 2.14: Especificaciones de cadenas de rodillos

Renold Chain No.	ANSI Ref.	Pitch (inch)	Pitch (mm)	Inside Width	Roller Diam.	Plate Height	Plate Width Inner	Plate Width Outer	Pin Diam.	Pin Length	Conn. Link Extension	Transverse Pitch	ISO606 Tensile Strength (Newtons)
				MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	NOM
ANSI Standard - Simplex													
		A	A	B	C	D	E	F	G	H1	J	K	
25A1 ^o	25-1	0.250	6.350	3.10	3.30	5.90	0.76	0.76	2.30	7.9	1.2	-	3500
35A1 ^o	35-1	0.375	9.525	4.68	5.08	8.60	1.29	1.29	3.59	12.0	1.7	-	7900
40A1	40-1	0.500	12.700	7.85	7.92	11.20	1.55	1.55	3.97	16.4	2.1	-	13900
41A1	41-1	0.500	12.700	6.35	7.77	9.91	1.30	1.30	3.59	14.5	2.1	-	6700
50A1	50-1	0.625	15.875	9.40	10.16	14.60	2.04	2.04	5.08	20.4	2.7	-	21800
60A1	60-1	0.750	19.050	12.57	11.91	17.50	2.45	2.45	5.94	25.3	2.6	-	31300
80A1	80-1	1.000	25.400	15.75	15.88	24.13	3.25	3.25	7.94	32.7	3.0	-	55600
100A1	100-1	1.250	31.750	18.90	19.05	30.17	4.06	4.06	9.54	39.7	4.2	-	87000
120A1	120-1	1.500	38.100	25.23	22.23	36.20	4.80	4.80	11.11	49.3	5.3	-	125000
140A1	140-1	1.750	44.450	25.23	25.40	42.23	5.61	5.61	12.71	52.9	5.2	-	170000
160A1	160-1	2.000	50.800	31.55	28.58	48.26	6.35	6.35	14.29	63.1	6.5	-	223000
180A1	180-1	2.250	57.150	35.48	35.71	54.30	7.11	7.11	17.46	70.6	7.9	-	281000
200A1	200-1	2.500	63.500	37.85	39.67	60.33	8.13	8.13	19.85	76.9	9.0	-	347000
240A1	240-1	3.000	76.200	47.35	47.62	72.39	9.80	9.80	23.80	94.4	10.5	-	500000

Fuente: Catálogo marca Renold de cadenas de rodillos

Como se observa en la tabla N° 2.14, para los requerimientos del transferidor es suficiente una cadena 35 A1 que tiene una tensión admisible de 7900 N el cual es mayor que la carga máxima de ruptura calculada, sin embargo, por cuestiones de estandarización en la empresa NOVACERO S.A., se utilizará la cadena 120 A1 misma que posee una tensión admisible de 125000 N la cual es utilizada en otros transferidores de cadena existentes en la empresa, esto debido a la facilidad en la obtención de repuestos y mantenimiento.

2.2.4.4. SELECCIÓN DE CATALINAS

Para realizar la selección de las catalinas es necesario tener muy en cuenta los siguientes parámetros:

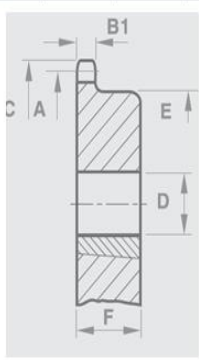
- Diámetro del eje donde irán montadas las catalinas.
D = 70 mm
- Numero de hilera de la cadena
n = 1

- El paso de la cadena.
 $p = 1.5$ pulg.
- Altura de la viga utilizada para los brazos.
 $H = 140$ mm

Se deberá seleccionar una catalina que permita su montaje en un eje de diámetro no menor de 70 mm, con un paso de 1.5 pulg entre dientes y con diámetro exterior mayor a los 140 mm el cual permita un correcto desplazamiento de la cadena.

Tabla N° 2.15: Datos técnicos de catalinas

Technical Details (mm)			Simplex					Duplex		
No. of Teeth	PCD	Top Diam.	Part No.	Bore	Bore	Boss Diam.	Dist. Thro.	Part No.	Bore	Bore
				MIN	MAX				MIN	MAX
1.25" Plain Bore - steel										
	A	C		D	D	E	F		D	D
17	172.80	190.75	2081/17T	25.0	85.0	120.0	50.0	2082/17T	30.0	85.0
19	192.89	210.26	2081/19T	25.0	85.0	120.0	50.0	2082/19T	30.0	85.0
21	213.03	232.41	2081/21T	30.0	100.0	140.0	55.0	2082/21T	30.0	100.0
23	233.17	252.22	2081/23T	30.0	100.0	140.0	55.0	2082/23T	30.0	100.0
25	253.31	272.03	2081/25T	30.0	100.0	140.0	55.0	2082/25T	30.0	100.0
1.25" Plain Bore - heavy duty cast iron										
	A	C		D	D	E	F		D	D
38	384.48	402.08	2081/38T	30.0	105.0	150.0	55.0	2082/38T	30.0	105.0
57	576.35	593.34	2081/57T	48.0	95.0	170.0	81.0	2082/57T	65.0	110.0
76	768.30	784.86	2081/76T	55.0	100.0	178.0	89.0	2082/76T	70.0	125.0
1.5" Plain Bore - steel										
	A	C		D	D	E	F		D	D
17	207.34	225.55	2481/17T	25.0	95.0	136.0	55.0	2482/17T	30.0	95.0
19	231.47	246.07	2481/19T	25.0	95.0	136.0	55.0	2482/19T	30.0	95.0
21	255.63	276.61	2481/21T	30.0	105.0	150.0	60.0	2482/21T	30.0	114.0
23	279.81	300.23	2481/23T	30.0	105.0	150.0	60.0	2482/23T	30.0	114.0
25	303.99	324.10	2481/25T	30.0	105.0	150.0	60.0	2482/25T	30.0	114.0
1.5" Plain Bore - heavy duty cast iron										
	A	C		D	D	E	F		D	D
38	461.37	479.81	2481/38T	30.0	105.0	150.0	60.0	2482/38T	40.0	114.0
57	691.62	708.91	2481/57T	60.0	110.0	196.0	122.0	2482/57T	80.0	140.0
76	921.97	938.78	2481/76T	65.0	125.0	216.0	135.0	2482/76T	85.0	150.0



Fuente: Catálogo marca Renold de catalinas y cadenas.

Se seleccionó una catalina 24B1/17T de una hilera, con un paso de 1.5 pulg con un diámetro mínimo del eje de 25 mm para su montaje y un diámetro máximo de la catalina de 255 mm.

Como se observa en la tabla N° 2.15 los parámetros de diseño no superan los establecidos en el manual de características técnicas proporcionados por la empresa, esto quiere decir que las catalinas seleccionadas cumplen con las exigencias del diseño.

2.2.4.5. CÁLCULO DE POTENCIA DE MOTOR DEL TRANSFERIDOR

a) CÁLCULO PARA VENCER LA INERCIA DEL EJE

Para el transferidor se necesita cuatro ejes de 6 metros de longitud cada uno, en este punto del proyecto aún no se define su diámetro por lo que para el cálculo se tomó en cuenta ejes de transferidores de varillas ya existentes en la empresa NOVACERO S.A. para este caso se selecciono un eje de 70 mm de diámetro.

A continuación se calcula la inercia de un eje de 6m de longitud con un diámetro de 70mm para llegar a saber la potencia aproximada que se necesita para vencerla.

$$I = \frac{md^2}{8}$$

$$I = \frac{(182)(0.07)^2}{8}$$

$$I = 0.111 \text{ Kg mm}^2$$

Se calcula la velocidad angular del eje:

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \frac{0.5}{0.035}$$

$$\omega = 14.28 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Se calcula la aceleración angular del eje:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{14.28}{0.5}$$

$$\alpha = 28.57 \text{ rad/seg}^2$$

Se calcula el torque necesario para vencer la inercia del eje:

$$T = I \cdot \alpha$$

$$T = (0.111)(28.75)$$

$$T = 3.17 \text{ Nm}$$

Se calcula la potencia requerida:

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{(3.17)(137)}{9550}$$

$$P = 0.045 \text{ KW} \cong 45 \text{ W}$$

$$P = 0.061 \text{ HP}$$

b) CÁLCULO PARA VENCER LA INERCIA DE LAS CATALINAS

Se calcula la inercia de las catalinas que se consideran como un cilindro hueco:

$$I = \frac{m}{8} (d_{ext}^2 + d_{int}^2)$$

$$I = \frac{146}{8} (0.112^2 + 0.070^2)$$

$$I = 0.318 \text{ Kg mm}^2$$

Se calcula la velocidad angular de las catalinas.

$$\omega = \frac{V}{r}$$

$$\omega = \frac{0.5}{0.056}$$

$$\omega = 8.92 \frac{rad}{seg}$$

Se calcula la aceleración angular de las catalinas:

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{8.92}{0.5}$$

$$\alpha = 17.85 \frac{rad}{seg^2}$$

Se calcula el torque necesario para vencer la inercia de las catalinas:

$$T = I \cdot \alpha$$

$$T = (0.318)(17.85)$$

$$T = 5.67 Nm$$

Se calcula la potencia requerida:

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{5.67(170.5)}{9550}$$

$$P = 0.101 KW \cong 101.2 W$$

$$P = 0.14 HP$$

c) CÁLCULO PARA VENCER EL PESO DE LA CADENA

Los datos del fabricante nos indican que la cadena tiene un peso de 2.8 Kg por metro, en el eje se montaran 10 brazos y en cada brazo se necesitan 1.5 metros de cadena entonces:

$$w_{cadena} = (2.8)Kg * (1.5) * (10)$$

$$w_{cadena} = 42Kg$$

La fuerza aplicada será igual al peso de las cadenas multiplicado por la gravedad.

$$F = (42)Kg * 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 411.6 N$$

Con los datos de la fuerza aplicada y el radio de la catalina se realiza el cálculo del torque necesario para vencer el peso de la cadena.

$$T = F \cdot r$$

$$T = (411.6)(0.113)$$

$$T = 46.5 Nm$$

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{(46.5)(50)}{9550}$$

$$P = 0.243KW \cong 243.45W$$

$$P = 0.32HP$$

d) CÁLCULO PARA VENCER EL PESO DE LAS VARILLAS

Con los datos de la fuerza producida por el peso de las varillas y el radio de la catalina se realiza el cálculo del torque necesario para vencer el peso de las varillas. Como cada eje soporta una carga de 1 Ton es decir 1000 kg, multiplicado

por la gravedad obtenemos el peso de las varillas que es igual al de la Normal y recordando que el coeficiente de fricción entre acero y acero es 0.18 entonces:

$$F = F_r = N \cdot \mu$$

$$F = (9800) \cdot (0.18)$$

$$F = 1764 \text{ N}$$

Como las catalinas tienen un diámetro de 0.226m entonces:

$$T = F \cdot r$$

$$T = (1764)(0.113)$$

$$T = 197.3 \text{ Nm}$$

Con el torque obtenido y las rpm a las que el eje va girar encontramos la potencia.

$$P = \frac{T \cdot n}{9550}$$

$$P = \frac{(195.5)(50)}{9550}$$

$$P = 1.03 \text{ KW} \cong 1034 \text{ W}$$

$$P = 1.4 \text{ HP}$$

e) POTENCIA REQUERIDA

La potencia necesaria para mover todos los elementos móviles del transferidor se obtiene de sumar los valores de las potencias que actúan en cada sistema.

$$P_{requerida} = P_{EJE} + P_{CATALINAS} + P_{CADENA} + P_{VARILLAS}$$

$$P_{requerida} = 0.061 + 0.14 + 0.32 + 1.4$$

$$P_{requerida} = 1.92 \cong 2[HP]$$

$$P_{requerida} = 2[Hp]$$

El cual lo multiplicamos por un factor de seguridad de 1.25 nos da una potencia requerida de:

$$P_{requerida} = 2[Hp] * 1.25$$

$$P_{requerida} = 2.5[Hp]$$

f) POTENCIA QUE DEBE SUMINISTRAR EL MOTOR

Para el cálculo de la de la potencia que debe suministrar el motor se emplea la ecuación 2.24, se toma en cuenta: horas de operación, numerosos arranques, malas instalaciones eléctricas etc.

$$P_{motor} = P_{requerida} * f_s$$

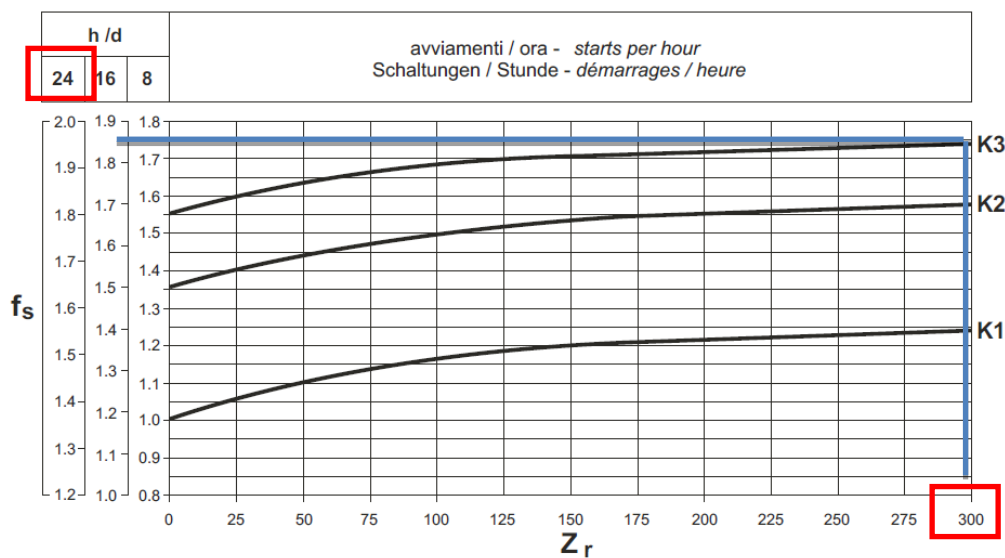


Gráfico N° 2.27: Curva de factor de servicio de motores ABB

Fuente: Catálogo de motorreductores ABB.

Tomando en cuenta las condiciones más críticas, se considera el trabajo diario de los motores a 24 horas, un servicio pesado y 300 arranques por día eso da un $f_s=2$ según el gráfico N°. 2.27.

$$P_{motor} = P_{requerida} * F_s$$

$$P_{motor} = 2.5[Hp] * 2$$

$$P_{motor} = 5[Hp]$$

g) SELECCIÓN DEL MOTOR

Según la tabla N° 2.16 del catálogo de ABB de motores eléctricos trifásicos a 60 Hz.

Tabla N° 2.16: Motores de aplicación general en hierro fundido

Output						Eficiencia [%]			Factor de potencia			Corriente			Torque		
[kW]	[HP]	Tipo	r/min	% de la potencia nominal			% de la potencia nominal			FS	In [A]	Is [A]	Ivacio [A]	Tn [Nm]	Ts [Nm]	Tmax [Nm]	
4-poles = 1800 r/min																	
440 V 60 Hz																	
0,25	0,33	M2QA	71 M4A	1679	60,1	66,3	66,9	0,48	0,63	0,72	1,15	0,68	5,1	0,55	1,42	2,2	2,7
0,37	0,5	M2QA	71 M4B	1679	63,1	69,3	69,9	0,51	0,66	0,75	1,15	0,93	3,4	0,64	2,1	2,2	2,7
0,55	0,75	M2QA	80 M4A	1694	68,5	73,9	74,3	0,51	0,66	0,75	1,15	1,3	3,4	1,0	3,2	2,4	2,6
0,75	1	M2QA	80 M4B	1687	69,2	74,8	75,4	0,53	0,67	0,77	1,15	1,7	4,2	1,3	4,2	2,5	2,5
1,1	1,5	M2QA	90 S4A	1685	73,3	77,6	77,8	0,55	0,69	0,77	1,15	2,4	4,1	1,4	6,3	2,3	2,3
1,5	2	M2QA	90 L4A	1678	75,1	79,2	79,3	0,56	0,69	0,78	1,15	3,2	4,2	1,7	8,5	2,4	2,5
2,2	3	M2QA	100 L4A	1724	80,0	82,7	82,1	0,63	0,74	0,80	1,15	4,4	4,9	2,6	12,2	2,3	2,6
3	4	M2QA	100 L4B	1706	81,1	83,6	83,1	0,72	0,81	0,87	1,15	5,5	5,1	2,8	16,8	2,3	2,6
3,75	5	M2QA	112 M4A	1730	82,6	85,4	85,4	0,61	0,73	0,80	1,15	7,2	4,9	4,4	20,4	2,6	3,0
4,5	6	M2QA	112 M4A	1715	84,3	85,5	84,6	0,67	0,77	0,84	1,15	8,3	4,9	4,4	25,1	2,1	2,4
5,5	7,5	M2QA	112 L4A*	1723	83,0	85,1	84,6	0,69	0,79	0,84	1	10,4	6,4	5,2	31	2,2	2,3
7,5	10	M2QA	132 M4A	1734	86,2	87,9	88,1	0,70	0,79	0,85	1,15	13,2	6,1	5,4	41	2,4	2,6
9,2	12,5	M2QA	132 M4B*	1724	82,9	85,1	84,6	0,71	0,80	0,86	1	16,8	6,4	6,8	2,3	2,3	2,3

Fuente: Catálogo de motorreductores ABB.

Tomando en cuenta el cálculo anterior seleccionamos un motor ABB que proporciona una potencia de 5 Hp, 220/440V y con una velocidad de giro de 1730 rpm.

h) SELECCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

Como se requiere que el paquete se mueva a una velocidad de $0.5m/s$ es decir aproximadamente 50 rpm se necesita de un reductor que proporcione esta velocidad, entonces se debe encontrar la relación utilizando la ecuación 2.15:

$$i = \frac{n_{entrada}}{n_{salida}}$$

De los cálculos anteriores se seleccionó un motor con una velocidad de giro de 1730 rpm y la velocidad que se requiere en la salida es de 50 rpm entonces:

$$i = \frac{1730 [rpm]}{50 [rpm]}$$

$$i = 34.6$$

Para un motor de 3.75 KW, donde se requiere que las catalinas giren a 50 rpm se selecciona de la tabla N°. 2.17 de catalogos ABB el reductores:

Tabla N° 2.17: Reductores de velocidad

										4 kW			
2.8	12569	1.0	502.6	85000	C1004_502.6	S3	M3LC4	141	C1004_502.6	P112 BN112M4	142		
3.4	10249	1.2	409.8	85000	C1004_409.8	S3	M3LC4	141	C1004_409.8	P112 BN112M4	142		
4.3	8093	1.5	323.6	85000	C1004_323.6	S3	M3LC4	141	C1004_323.6	P112 BN112M4	142		
4.7	7325	1.0	292.9	60000	C904_292.9	S3	M3LC4	138	C904_292.9	P112 BN112M4	139		
5.2	6715	1.1	268.5	60000	C904_268.5	S3	M3LC4	138	C904_268.5	P112 BN112M4	139		
5.7	6107	2.0	244.2	85000	C1004_244.2	S3	M3LC4	141	C1004_244.2	P112 BN112M4	142		
6.0	5795	1.2	231.7	60000	C904_231.7	S3	M3LC4	138	C904_231.7	P112 BN112M4	139		
7.5	4637	2.6	185.4	85000	C1004_185.4	S3	M3LC4	141	C1004_185.4	P112 BN112M4	142		
8.1	4399	1.6	172.1	60000	C903_172.1	S3	M3LC4	138	C903_172.1	P112 BN112M4	139		
8.2	4319	0.9	169.0	35000	C803_169.0	S3	M3LC4	135	C803_169.0	P112 BN112M4	136		
10.2	3493	1.1	136.7	35000	C803_136.7	S3	M3LC4	135	C803_136.7	P112 BN112M4	136		
10.4	3428	2.1	134.1	60000	C903_134.1	S3	M3LC4	138	C903_134.1	P112 BN112M4	139		
11.9	2983	2.4	116.7	60000	C903_116.7	S3	M3LC4	138	C903_116.7	P112 BN112M4	139		
12.7	2799	1.4	109.5	35000	C803_109.5	S3	M3LC4	135	C803_109.5	P112 BN112M4	136		
14.3	2489	1.6	97.4	35000	C803_97.4	S3	M3LC4	135	C803_97.4	P112 BN112M4	136		
14.4	2460	2.9	96.2	60000	C903_96.2	S3	M3LC4	138	C903_96.2	P112 BN112M4	139		
15.6	2282	1.8	89.3	35000	C803_89.3	S3	M3LC4	135	C803_89.3	P112 BN112M4	136		
15.8	2254	1.0	88.2	25000	C703_88.2	S3	M3LC4	132	C703_88.2	P112 BN112M4	133		
17.1	2081	1.1	81.4	25000	C703_81.4	S3	M3LC4	132	C703_81.4	P112 BN112M4	133		
19.5	1823	1.3	71.3	25000	C703_71.3	S3	M3LC4	132	C703_71.3	P112 BN112M4	133		
19.7	1802	2.2	70.5	35000	C803_70.5	S3	M3LC4	135	C803_70.5	P112 BN112M4	136		
20.5	1730	0.9	67.7	16000	C613_67.7	S3	M3LC4	129	C613_67.7	P112 BN112M4	130		
23.7	1498	1.1	58.6	16000	C613_58.6	S3	M3LC4	129	C613_58.6	P112 BN112M4	130		
24.3	1464	2.7	57.3	35000	C803_57.3	S3	M3LC4	135	C803_57.3	P112 BN112M4	136		
24.6	1444	1.6	56.5	25000	C703_56.5	S3	M3LC4	132	C703_56.5	P112 BN112M4	133		
26.0	1366	1.2	53.5	16000	C613_53.5	S3	M3LC4	129	C613_53.5	P112 BN112M4	130		
26.6	1333	1.7	52.2	25000	C703_52.2	S3	M3LC4	132	C703_52.2	P112 BN112M4	133		
29.2	1217	1.3	47.6	16000	C613_47.6	S3	M3LC4	129	C613_47.6	P112 BN112M4	130		
29.3	1213	3.1	47.4	35000	C803_47.4	S3	M3LC4	135	C803_47.4	P112 BN112M4	136		
31	1142	2.0	44.7	25000	C703_44.7	S3	M3LC4	132	C703_44.7	P112 BN112M4	133		
32	1112	3.4	43.5	35000	C803_43.5	S3	M3LC4	135	C803_43.5	P112 BN112M4	136		
32	1110	1.4	43.4	16000	C613_43.4	S3	M3LC4	129	C613_43.4	P112 BN112M4	130		
34	1055	2.2	41.3	25000	C703_41.3	S3	M3LC4	132	C703_41.3	P112 BN112M4	133		
34	1035	1.0	40.5	10000	C513_40.5	S3	M3LC4	126	C513_40.5	P112 BN112M4	127		
37	992	1.4	38.0	16000	C612_38.0	S3	M3LC4	129	C612_38.0	P112 BN112M4	130		
38	945	1.1	37.0	10000	C513_37.0	S3	M3LC4	126	C513_37.0	P112 BN112M4	127		
40	907	2.3	34.7	23400	C702_34.7	S3	M3LC4	132	C702_34.7	P112 BN112M4	133		
41	893	1.4	34.2	15700	C612_34.2	S3	M3LC4	129	C612_34.2	P112 BN112M4	130		
42	862	0.9	33.0	10000	C512_33.0	S3	M3LC4	126	C512_33.0	P112 BN112M4	127		
46	795	1.7	30.4	15300	C612_30.4	S3	M3LC4	129	C612_30.4	P112 BN112M4	130		
47	777	1.0	29.8	10000	C512_29.8	S3	M3LC4	126	C512_29.8	P112 BN112M4	127		
49	734	2.0	27.9	10000	C612_27.9	S3	M3LC4	129	C612_27.9	P112 BN112M4	130		
51	716	1.9	27.4	14900	C612_27.4	S3	M3LC4	129	C612_27.4	P112 BN112M4	130		
54	676	1.2	25.9	10000	C512_25.9	S3	M3LC4	126	C512_25.9	P112 BN112M4	127		

Fuente: Catálogo de motorreductores ABB.

Tomando en cuenta los datos calculados anteriormente se selecciona un reductor lineal C612 P27.4 S3 con una velocidad de salida de 51 rpm, relación de transmisión 27.4 con un factor de servicio real de 1.9.

2.2.4.6. CÁLCULO DEL EJE PARA TRANSFERIDOR

Para el transferidor se requiere un eje que transmita una velocidad de giro de 50 rpm, los componentes estarán ubicados y distribuidos como se indica en el gráfico No. 2.28:

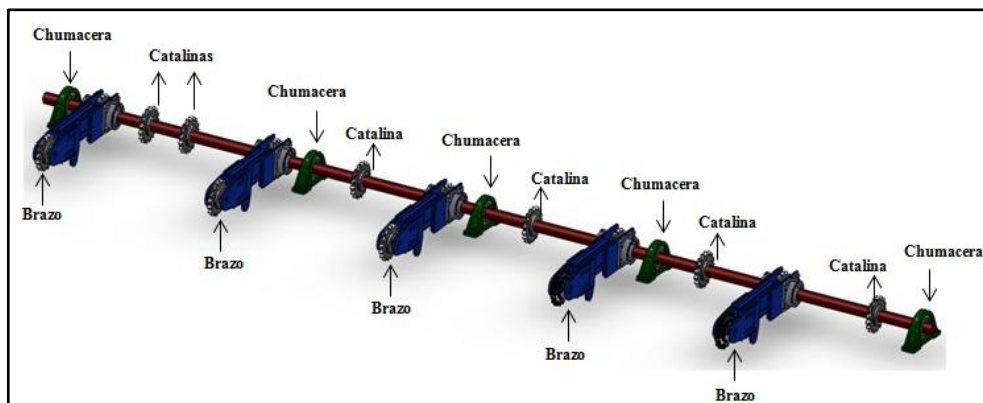


Gráfico N° 2.28: Distribución de componentes en el eje

Elaborado por: Investigador.

a) ANÁLISIS DE FUERZA QUE ACTÚAN SOBRE EL EJE

En la primera etapa del transferidor encontramos 2 ejes los cuales tendrán que mover dos toneladas entonces:

$$\frac{2000\text{Kg}}{2 \text{ ejes}} = 1000 \text{ Kg/eje}$$

En la siguiente tabla se detalla los pesos de los componentes que irán sobre el eje:

Tabla N° 2.18: Peso de componentes que irán sobre el eje

COMPONENTES	Masa Kg
Masa de las catalinas	6.94
Masa de los brazos	39.8

Elaborado por: Investigador.

Partiendo de la descripción anterior se puede calcular todas las reacciones ejercidas por los componentes en el eje.

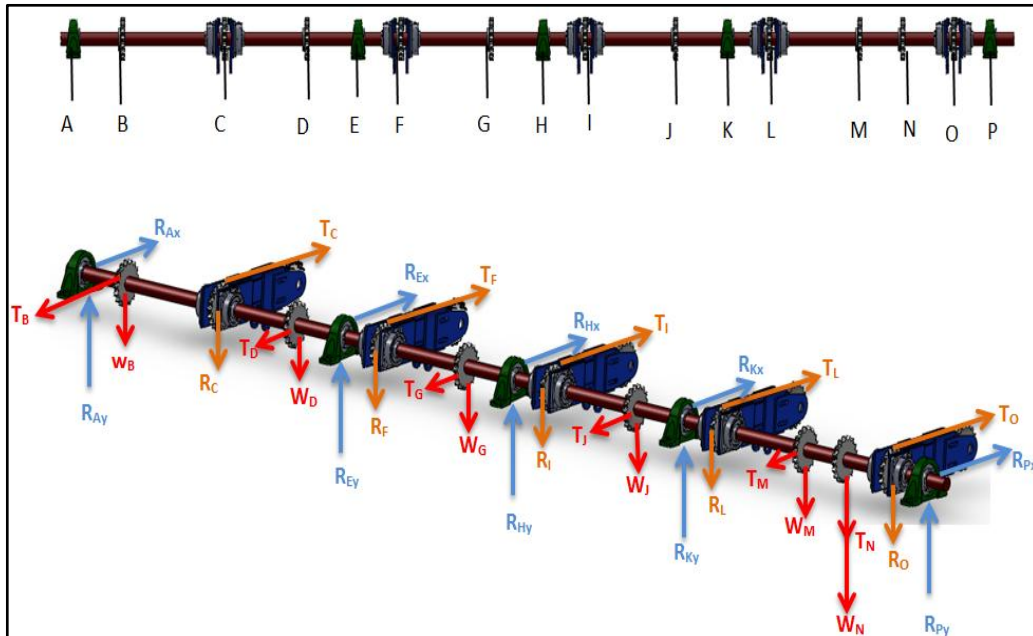


Gráfico N° 2.29: Diagrama De Cuerpo Libre eje del transferidor

Elaborado por: Investigador.

a.1) ANÁLISIS EN EL EJE Y

Para calcular la fuerza neta aplicada por las catalinas, se determina por $W_{catalinas} = m \cdot g$, entonces:

$$W_{catalinas} = (6.94kg)(9.8m/s)$$

$$W_{catalinas} = 68.01N$$

Al realizar el análisis del eje se considera la fuerza aplicada por el peso de las varillas que soportaran los 5 brazos que irán montados en el eje, este dato se lo obtuvo en el diseño de brazos basculantes y cuyo valor lo podemos obtener del gráfico N° 2.23, dicha reacción se la denominó como R_e en el gráfico N° 2.20.

$$R_e = 316.01 N$$

Ya habiendo obtenido esta fuerza se prosigue a la determinación de las reacciones producidas por los rodamientos. Para esto se deben analizar dichas reacciones en dos planos X y Y, y realizar los diagramas de cuerpo libre, fuerzas cortantes y de momentos como se lo realizo en el cálculo de ejes para el camino de rodillos.

- ANÁLISIS EN EL EJE Y

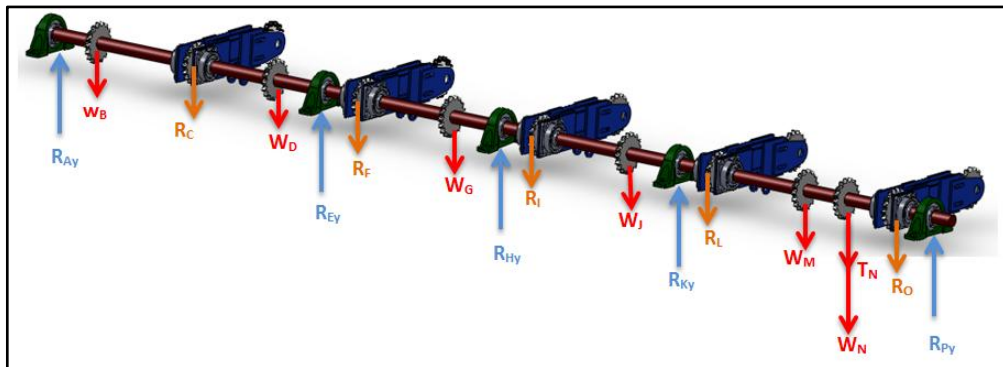


Gráfico N° 2.30: Diagrama de cuerpo libre eje Y

Elaborado por: Investigador.

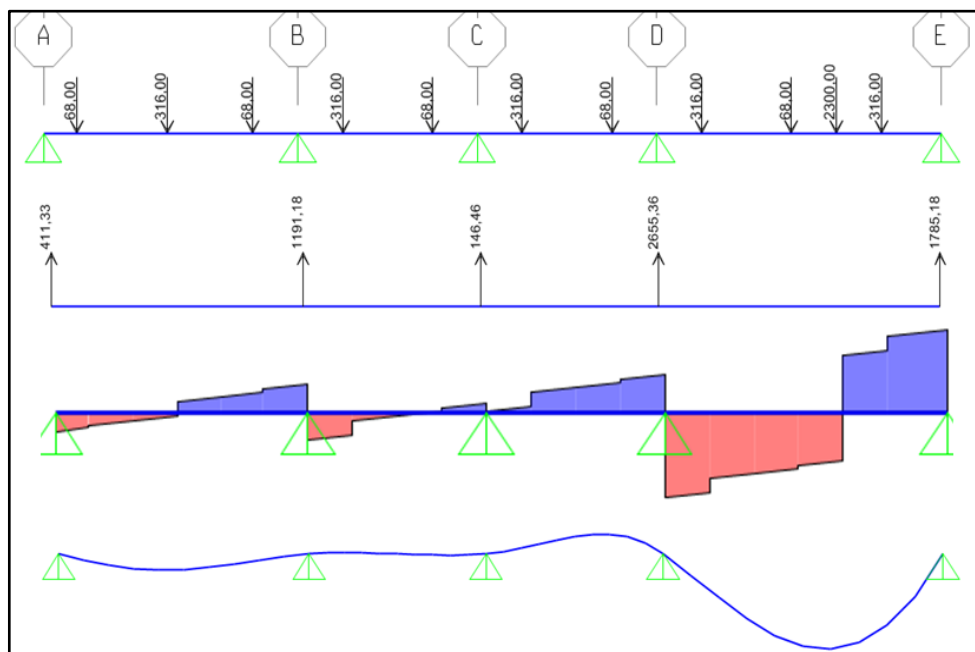


Gráfico N° 2.31: Fuerzas y momentos cortantes en el eje del transferidor, eje Y

Elaborado por: Investigador.

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay} - W_B - R_C - W_D + R_{Ey} - R_F - W_G + R_{Hy} - R_I - W_J + R_{Ky} \\ - R_L - W_M - W_N - T_N - R_O + R_{Py} = 0$$

Del gráfico N° 2.32 se puede deducir que en el tramo D-E se encuentra el punto más crítico (punto N) debido a las fuerzas cortantes que actúan en ese punto, se considera necesario el análisis de cada tramo para obtener el valor de estas fuerzas y momentos cortantes.

TRAMO AB



Gráfico N° 2.32: Fuerzas y momentos cortantes sección AB, eje Y

Elaborado por: Investigador.

TRAMO BC

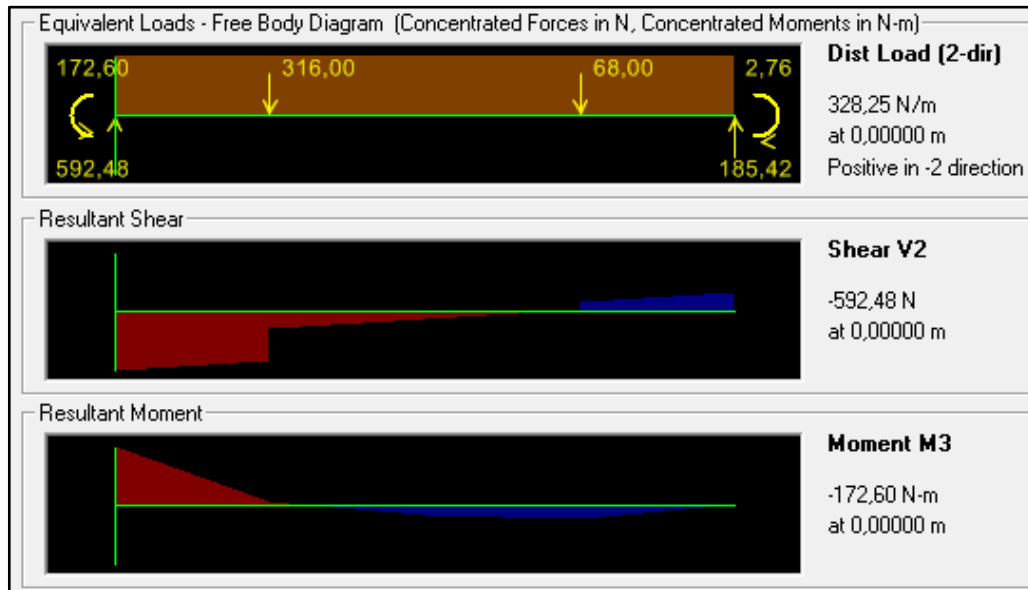


Gráfico N° 2.33: Fuerzas y momentos cortantes sección BC, eje Y

Elaborado por: Investigador.

TRAMO CD

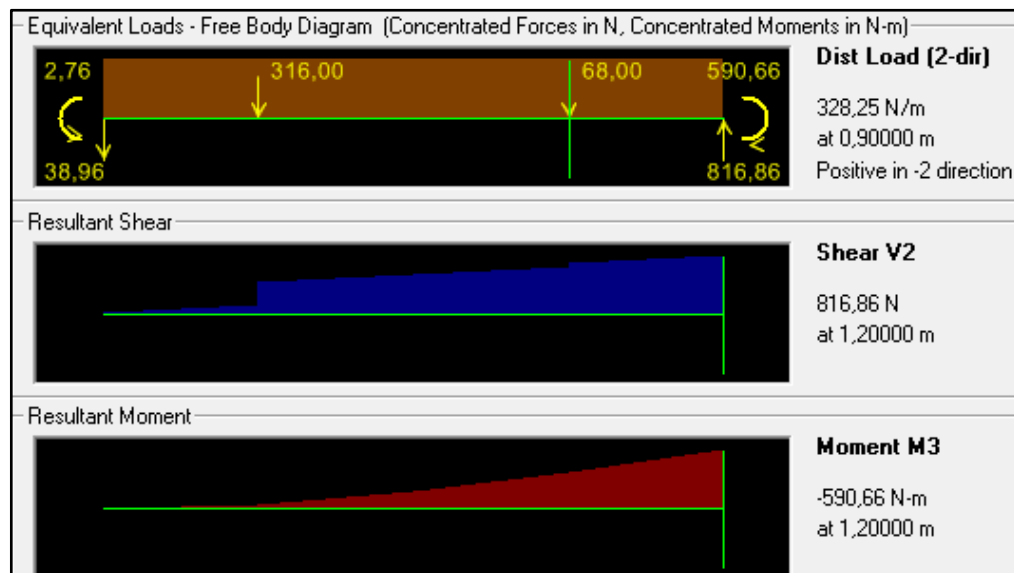


Gráfico N° 2.34: Fuerzas y momentos cortantes sección CD, eje Y

Elaborado por: Investigador.

TRAMO DE

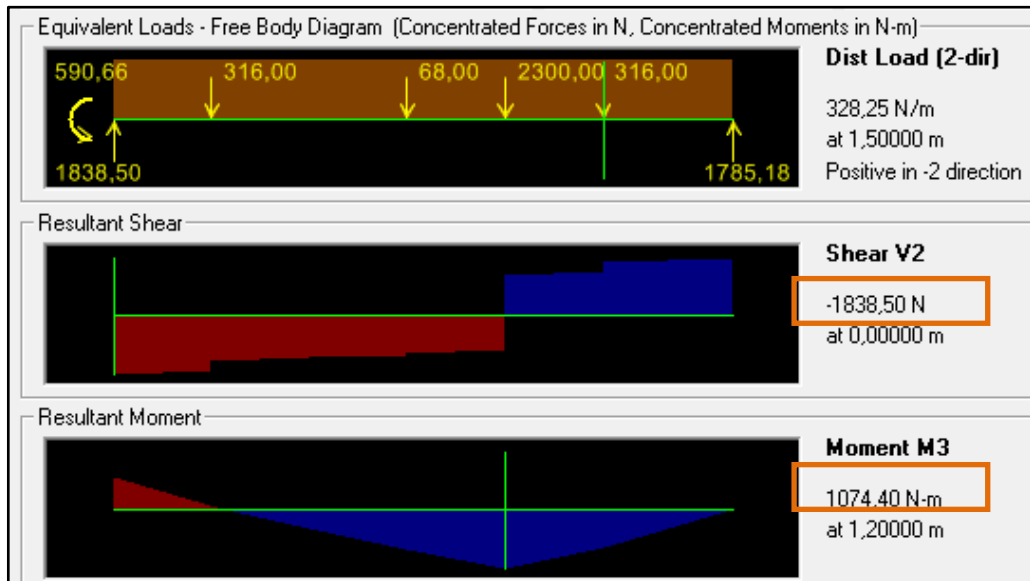


Gráfico N° 2.35: Fuerzas y momentos cortantes sección DE, eje Y

Elaborado por: Investigador.

a.2) ANALISIS EN EL EJE X

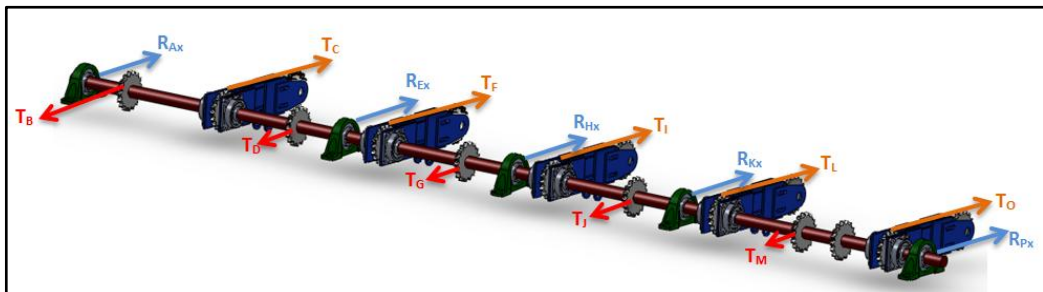


Gráfico N° 2.36: Diagrama de cuerpo libre eje X

Elaborado por: Investigador.

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{AX} - W_B - R_C - W_D + R_{EX} - R_F - W_G + R_{HX} - R_I - W_J + R_{KX} - R_L - W_M \\ - W_N - R_O + R_{PX} = 0$$

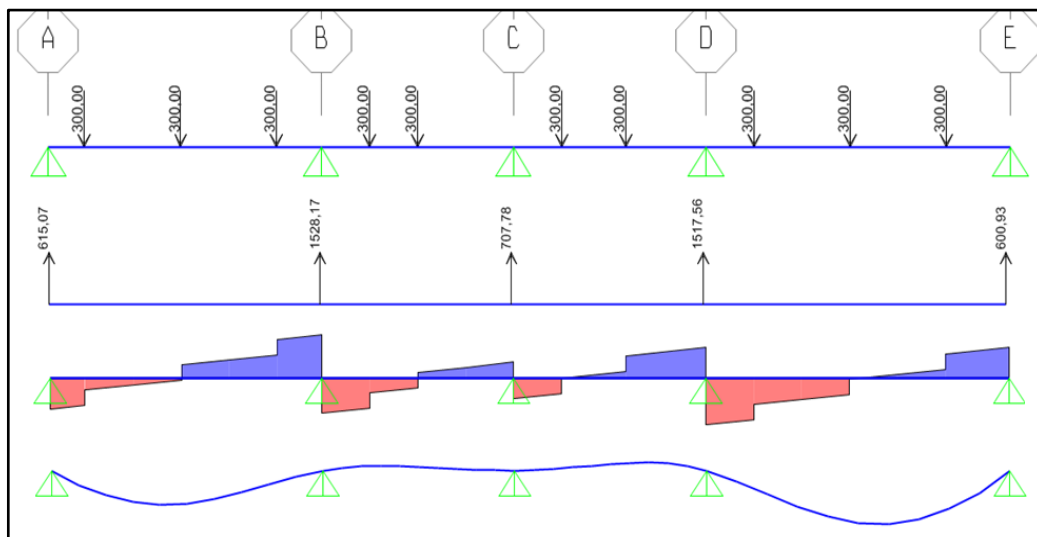


Gráfico N° 2.37: Fuerzas y momentos cortantes en el eje del transferidor, eje X

Elaborado por: Investigador.

TRAMO AB

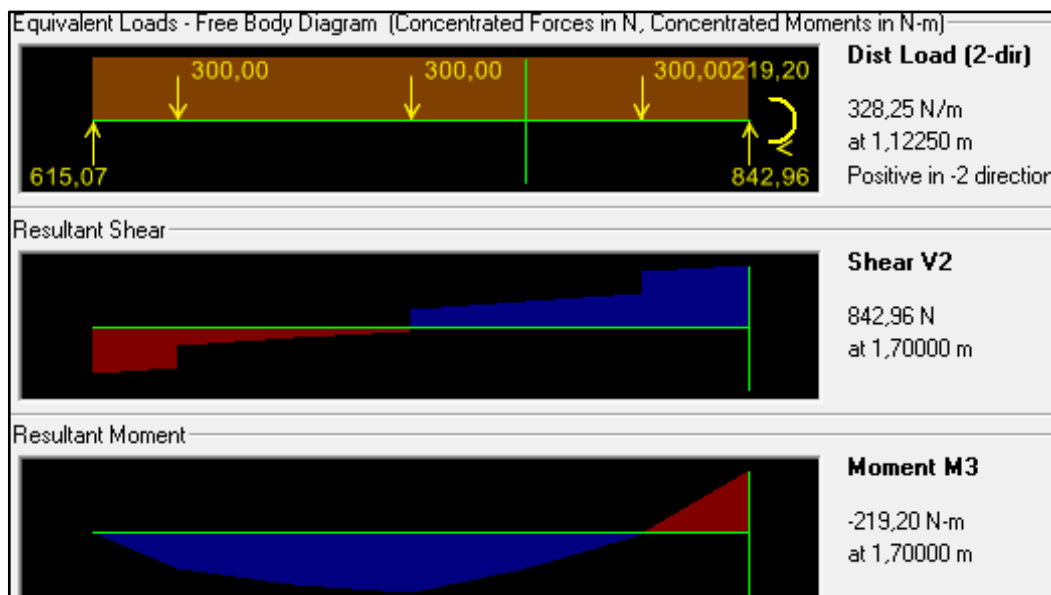


Gráfico N° 2.38: Fuerzas y momentos cortantes sección AB, eje X

Elaborado por: Investigador.

TRAMO BC

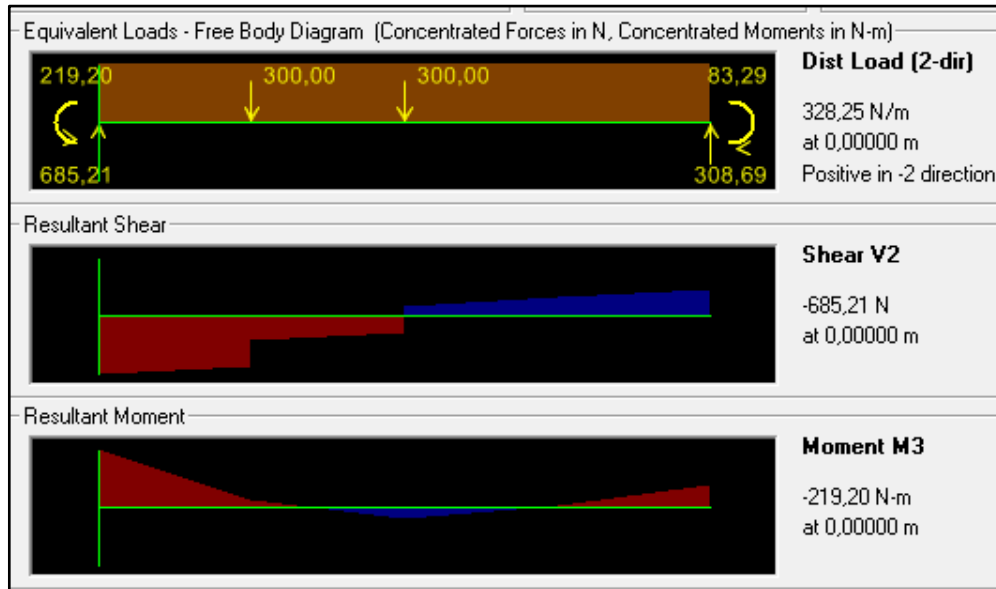


Gráfico N° 2.39: Fuerzas y momentos cortantes sección BC, eje X

Elaborado por: Investigador.

TRAMO CD

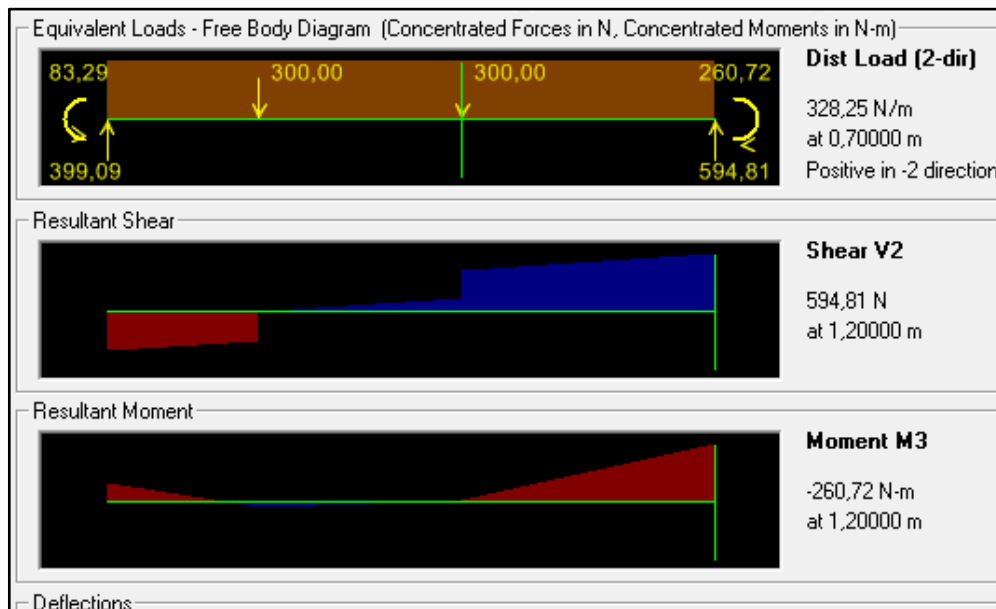


Gráfico N° 2.40: Fuerzas y momentos cortantes sección CD (eje X)

Elaborado por: Investigador.

TRAMO DE

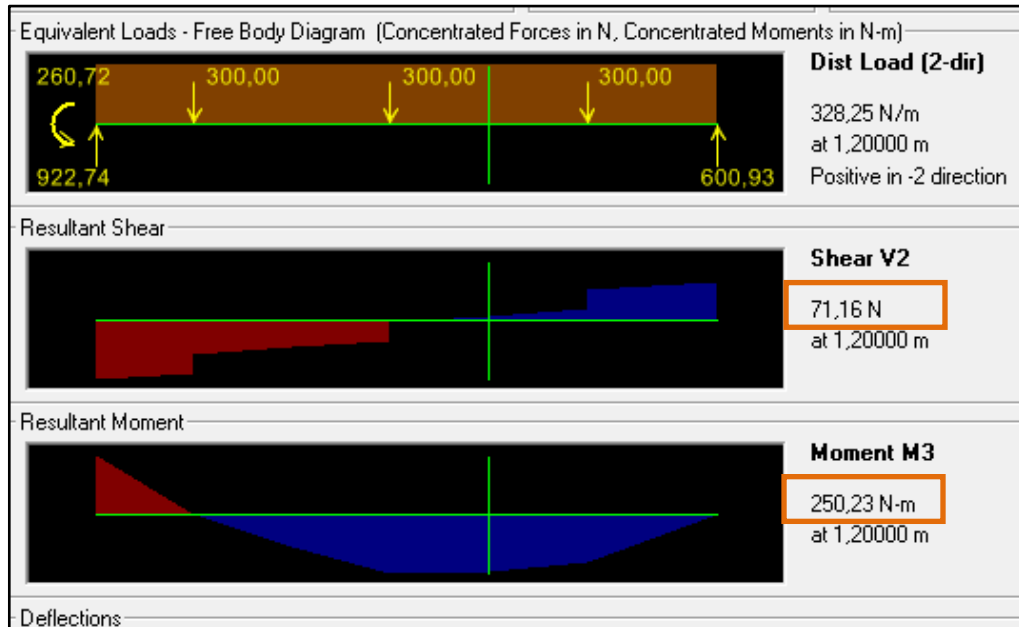


Gráfico N° 2.41: Fuerzas y momentos cortantes sección DE (eje X)

Elaborado por: Investigador.

a.3) MAGNITUD DE FUERZAS CORTANTES.

Para obtener la magnitud total de fuerzas cortantes se utiliza la ecuación 2.1:

$$V_T = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

Fuerza cortante resultante en el punto N:

Se calcula la fuerza cortante producida por la cadena en el punto N ubicado en la sección DE del eje, este se considera el punto más crítico.

$$V_N = \sqrt{V_{Nx}^2 + V_{Ny}^2}$$

$$V_N = \sqrt{(71,6)^2 + (1838)^2}$$

$$V_N = 1839.39 \text{ N}$$

a.4) MAGNITUD TOTAL DE LOS MOMENTOS

Para obtener la magnitud total del momento de flexión se utiliza la ecuación 2.2:

$$M_T = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$$

Se calcula el momento flexionante producido por la cadena en el punto N.

$$M_N = \sqrt{(M_{Nx})^2 + (M_{Ny})^2}$$

$$M_N = \sqrt{(250,5)^2 + (1074)^2}$$

$$M_N = 1102 \text{ N.m}$$

Con los datos obtenidos se calcula el valor del diámetro para el eje del transferidor en el punto más crítico detallado anteriormente (punto N). Se realiza los diferentes tipos de carga en dicho punto

b) CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO ACEPTABLE EN EL PUNTO MÁS CRÍTICO DEL EJE

Para el cálculo se toma en cuenta el par de torsión sobre el eje que se determina a partir de la ecuación 2.25 es decir $P = T * \omega$.

Entonces:

$$P = 5 \text{ Hp} \left(\frac{746 \text{ Watts}}{1 \text{ Hp}} \right)$$

$$P = 3730 \text{ [Watts]}$$

Se conoce que el paquete se deberá mover a una velocidad de 50 rpm

$$\omega = 50 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right)$$

$$\omega = 5.2 \text{ [rad/s]}$$

Por lo tanto:

$$3730 [Watts] = T * 5.2 [rad/s]$$

$$T = 717.3 Nm$$

Para el cálculo del diámetro del eje para el transferidor se utiliza la ecuación 2.32:

$$\frac{T}{\tau_{perm}} = \frac{J}{r} = \frac{\pi r^4}{2r} \quad \text{Ec: 2.32}$$

$$r = \left(\frac{2T}{\pi \tau_{perm}} \right)^{1/3}$$

$$r = \left(\frac{2(717.3)}{\pi \tau_{perm}} \right)^{1/3}$$

Para la obtención de τ_{perm} partimos de la ecuación 2.27 y como se utilizara acero SAE 1018 entonces:

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{N} = \frac{310}{2} = 155 MPa$$

Y con la ecuación 2.28 tenemos que:

$$\tau_{perm} = \frac{\sigma_{perm}}{\sqrt{3}} = \frac{155}{\sqrt{3}} = 89.49$$

Entonces:

$$r = \left(\frac{2(717.3)}{\pi(89.49)} \right)^{1/3}$$

$$r = 0.017m \cong 17mm$$

Como se observa en los cálculos para los requerimientos del transferidor se necesita de un eje de 35 mm de diámetro, sin embargo, por cuestiones de estandarización en la empresa NOVACERO S.A. se utilizará un eje de 70 mm de diámetro el cual se utiliza en otros transferidores de varillas existentes en la empresa, esto debido a la facilidad en la obtención de repuestos y mantenimiento.

2.2.4.7. SELECCIÓN DE CHUMACERAS PARA EJES DEL TRANSFERIDOR

a) ANÁLISIS DE CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE LAS CHUMACERAS

En el transferidor se cuenta con cuatro ejes, cada uno ira apoyado sobre 5 chumaceras de piso, las cuales serán seleccionadas en función a la carga que soportan, RPM de giro y diámetro del eje. Los componentes que soportaran las chumaceras tienen un peso en Newton, para este cálculo realizamos la sumatoria de las masas de los componentes sobre las chumaceras:

$$\sum m = m_{eje} + m_{catalinas}$$

$$\sum m = 182.4 + 73.2$$

$$\sum m = 255.6 \text{ Kg}$$

Para obtener el dato en Newton se multiplica por la gravedad:

$$W_{COMPONENTES} = (255.6 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)$$

$$W_{COMPONENTES} = 2504.88 \text{ N}$$

A este se le suma la fuerza aplicada por el peso de las varillas denominada R_e .

$$W_{TOTAL} = 2504.88 \text{ N} + 316.01 \text{ N}$$

$$W_{TOTAL} = 2820.89 \text{ N}$$

Recordando que cada eje ira montado sobre 5 chumaceras de piso la carga total la distribuimos uniformemente para las 5 chumaceras

$$\frac{2820.89 \text{ N}}{5 \text{ chumaceras}} = 564.17 \text{ N/chumacera}$$

b) SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS DE PISO PARA EJES DE TRANSFERIDOR

Parámetros:

- Diámetro del eje donde se montaran las chumaceras.
D = 70 mm
- Carga que soportan
564.17 N/chumacera
- Rpm a las que va a girar
50 rpm

Se deberá seleccionar una chumacera que permita su montaje en un eje de diámetro de 70 mm, que gire a 50 rpm y soporte más de 564.17 N de carga.

Como se observa en la tabla N°. 2.19, los parámetros de diseño no superan los establecidos en el manual de características técnicas proporcionado por la empresa, esto quiere decir que la chumacera seleccionada cumple con las exigencias del diseño.

Se seleccionó una chumacera serie 215 para un eje de 70 mm que soporta una carga de hasta 9897 N.

Tabla N° 2.19: Datos técnicos de chumaceras

SCM / GTM

Serie Series Série Serie	Shaft Welle Eje Albero Ø	dyn. dyn.	stat. stat.	Hours Std. Horas Ore	Allowable equivalent radial load rating [N] at various revolutions per minute [min ⁻¹] Zulässige äquivalente Radialbelastung [N] bei verschiedenen Geschwindigkeiten* [min ⁻¹] Carga radial equivalente [N] a des vitesses de rotation variables [min ⁻¹] Carga radial equivalente tolerable [N] con diferentes revoluciones por minuto [min ⁻¹] Carga radial equivalente [N] a var. giri al minuto [min ⁻¹]																
					50	150	250	500	750	1000	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6500
	C	C0	L _m																		
210	45 mm 1-11/16" 1-3/4"	35115	19803	20000	8985	6227	5249	4159	3647	3314	2891	2736	2624	2446	2291	2180	2091	2002			
					30000	7851	5449	4581	3647	3180	2891	2535	2402	2291	2135	2002	1913	1824	1757		
					40000	7117	4937	4159	3314	2891	2624	2291	2180	2091	1935	1824	1735	1646	1601		
					60000	6227	4315	3647	2891	2535	2291	2002	1913	1824	1690	1601	1512	1446	1379		
211	50 mm 1-15/16" 2"	44389	25054	20000	11342	7873	6628	5271	4604	4181	3647	3469	3314	3091	2891	2758	2647				
					30000	9919	6872	5805	4604	4025	3647	3203	3025	2891	2691	2535	2402	2313			
					40000	9007	6249	5271	4181	3647	3314	2891	2758	2647	2446	2313	2180	2091			
					60000	7873	5449	4604	3647	2303	2891	2535	2402	2213	2135	2002	1913	1824			
212	55 mm 2-3/16" 2-1/4"	52470	30950	20000	13411	9296	7851	6227	5449	4937	4315	4114	3914	3647	3425	3247					
					30000	11720	8118	6850	5449	4759	4315	3914	3581	3425	3180	3002	2847				
					40000	10653	7384	6227	4937	4315	3914	3425	3247	3114	2891	2713	2580				
					60000	9296	6450	5449	4315	3781	3425	3002	2847	2713	2535	2380	2268				
214	65 mm 2-1/2"	62278	37425	20000	15924	11031	9319	7384	6450	5871	5137	4871	4648	4315	4070						
					30000	13900	9672	8140	6450	5649	5137	4470	4248	4070	3781	3558					
					40000	12632	8763	7384	5871	5137	4648	4070	3870	3692	3425	3225					
					60000	11031	7651	6450	5137	4470	4070	3558	3380	3225	3002	2824					
215	70 mm 2-11/16"	66180	41185	20000	16925	11743	9897	7851	6872	6227	5449	5182	4960	4604	4337						
					30000	14790	10253	8651	6872	6005	5449	4759	4515	4337	4025	3781					
					40000	13433	9319	7851	6227	5449	4960	4337	4114	3936	3647	3425					
					60000	11743	8140	6872	5449	4759	4337	3781	3581	3425	3180	3002					
				100000	9897	6872	5782	4604	4025	3647	3180	3025	2891	2691	2535						

Fuente: Catálogo de rodamientos montados DODGE. Pág. B1-30

En la tabla N°. 2.20 se indica la designación con la cual se puede encontrar en el mercado una chumacera serie 215 y diámetro 70 mm.

Tabla N° 2.20: Descripción de chumaceras

Série Serie Serie	Arbre Eje Albero	Réf. pièce Núm. pieza Codice	Désignation Descripción Descrizione	Réf. pièce Núm. pieza Codice	Désignation Descripción Descrizione	palier/roulement # Soporte/Rodamien. # sopporto/cuscinetti #	Désignation Descripción Descrizione
209	40 mm 1-1/2	125928	P2B-SCM-40M	136260	P2B-GTM-40M	129426	P2B-GT-09 (209 SERIES)
		126811	P2B-SCM-108	129220	P2B-GTM-108	129426	
210	45 mm 1-11/16 1-3/4	125929	P2B-SCM-45M	136261	P2B-GTM-45M	129427	P2B-GT-10 (210 SERIES)
		126812	P2B-SCM-111	129221	P2B-GTM-111	129427	
211	50 mm 1-15/16 2	125930	P2B-SCM-50M	136262	P2B-GTM-50M	129428	P2B-GT-11 (211 SERIES)
		126814	P2B-SCM-115	129223	P2B-GTM-115	129428	
212	55 mm 2-3/16 2-1/4	125931	P2B-SCM-55M	136263	P2B-GTM-55M	129429	P2B-GT-12 (212 SERIES)
		126816	P2B-SCM-203	129225	P2B-GTM-203	129429	
214	60mm 65 mm 2-7/16 2-1/2	125932	P2B-SCM-65M	136264	P2B-GTM-65M	129430	P2B-GT-14 (214 SERIES)
		126618	P2B-SCM-207	129227	P2B-GTM-207	129430	
215	70 mm 2-11/16	125933	P2B-SCM-70M	136265	P2B-GTM-70M	129431	P2B-GT-15 (215 SERIES)
		126820	P2B-SCM-211	129229	P2B-GTM-211	129431	
216	75 mm 2-15/16 3	125934	P2B-SCM-75M	136266	P2B-GTM-75M	129453	P2B-GT-16 (216 SERIES)
		126821	P2B-SCM-215	129230	P2B-GTM-215	129453	
		126822	P2B-SCM-300	129231	P2B-GTM-300	129453	

Fuente: Catálogo de rodamientos montados DODGE. Pág. B1-31

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE MANDO CONTROL Y PROTECCIÓN PARA LA ESTACIÓN DE EMPAQUETADO Y DESPACHO

3.1. INTRODUCCIÓN

Una de las partes más importantes del presente proyecto es la automatización del proceso que servirá para optimizar tiempos y mano de obra en el empaque de las varillas, ya que toda la estación podrá ser controlada por elementos automáticos (PLC, sensores) y supervisada por una sola persona especializada para dicho proceso.

La selección de componentes para el control automático se basará en factores tales como condiciones del lugar de trabajo, prestaciones técnicas, marca y precios de los componentes.

En el presente capítulo se realizara los circuitos de potencia y control para la estación de empaquetado y despacho, y la selección de componentes eléctricos y electrónicos necesarios para ésta aplicación.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el gráfico No. 3.1 y No. 3.2 se puede ver cómo están distribuidos los motores eléctricos dentro de la estación. En base a ésta distribución se seleccionara variadores de frecuencia y se realizará los circuitos de control y fuerza.

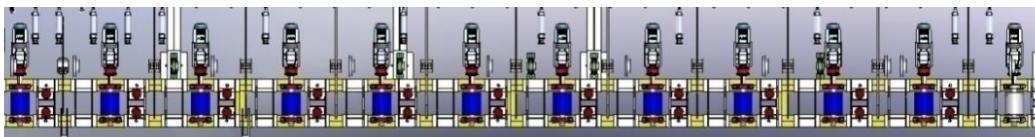


Gráfico N° 3.1: Motores en el camino de rodillos # 1

Elaborado por: Investigador

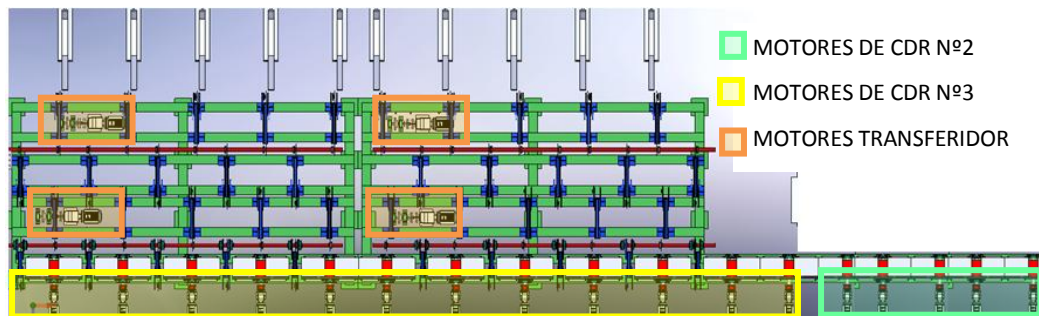


Gráfico N° 3.2: Motores en camino de rodillos # 2, # 3 y transferidor

Elaborado por: Investigador

3.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL

3.3.1. SELECCIÓN DE UN PLC

Para el control automático de la estación de empaquetado y despacho es necesario el uso de un equipo controlador que satisfaga las necesidades de la estación de empaquetado y que sus características técnicas estén acordes con el lugar de trabajo.

El PLC estará instalado en un gabinete de control donde estará expuesto a vibraciones, temperaturas medias, polvo; estos factores influyen en su selección.

La gama de PLC'S SIMATIC S7 300 de siemens tienen las prestaciones que se requiere y específicamente la CPU313C-2DP es la que se seleccionó para el control de la estación, cuyos datos técnicos se muestran en el Anexo C.

3.3.2. SELECCIÓN DE SENSORES

Otro elemento importante en el proceso de automatización es el sensor, dicho elemento será el encargado de detectar la ubicación del paquete de varillas dentro de la estación y enviar una señal al PLC, con la cual éste controlará el avance y parada de los caminos de rodillos y brazos del transferidor de cadena.

Para una selección correcta del sensor es necesario considerar los siguientes puntos:

1. Distancia de censado requerida: Ésta distancia es medida desde la punta del sensor hasta el objeto a ser detectado, en sensores de proximidad ésta distancia varía desde 18mm hasta los 30mm.
2. Espacio disponible para montar el sensor: dependiendo del lugar donde se monte el sensor, se debe escoger la medida del mismo tanto en largo como en diámetro.
3. Condiciones ambientales del lugar de aplicación: si el sensor va a ser ubicado en lugares con temperaturas elevadas, sumergido en líquidos, exceso de polvo, salpicaduras con aceite, etc. Es necesario seleccionar un sensor que se adapte a dichas condiciones y estos parámetros lo dicta la norma IEC-IP65, IP-67, IP68.
4. Tipo de salida del sensor: si la salida del sensor es analógica o digital.

Tomando en cuenta estos cuatro pasos, se ha seleccionado un sensor inductivo At1/ap-1h cuyos datos se muestran en el Anexo D

3.4. SELECCIÓN DE APARATOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN

3.4.1. ELEMENTOS DE MANIOBRA

a) Variadores de velocidad.

En el presente proyecto se usara un variador de frecuencia para realizar el control a varios motores simultáneamente, por lo que es necesario saber el número de motores que se va a controlar en cada camino de rodillos y secciones del transferidor, de aquí saldrán los datos de potencia total y corriente total con los cuales se realiza la selección del equipo, dichos datos se muestran a continuación.

Tabla N° 3.1: Potencia y corriente de los motores en la estación.

Parte del sistema	N° de motores	Potencia de cada motor (HP)	Corriente de cada motor a 440V (A)	Potencia total (HP)	Corriente total (A)
Camino N° 1	12	1.5	2.4	18	28.8
Camino N° 2	7	1.5	2.4	10.5	16.8
Camino N° 3	10	1.5	2.4	15	24
Transferidor tramo 1	2	5	7.2	10	14.4
Transferidor tramo 2	2	5	7.2	10	14.4

Elaborado por: Investigador

Con los datos de potencia total y corriente total obtenidos, se realiza la selección de un variador que cumpla con dichas características. Por conveniencia se debe sobredimensionar el variador al inmediatamente superior.

Los variadores que se van a utilizar son marca SIEMENS de la serie SINAMISC G120 son modulares y constan de una unidad de control (CU), de un modulo de potencia (PM) y de un panel operador (OP).

Para los caminos de rodillos # 1 y # 3 se selecciona variadores de 25HP, para el camino de rodillos # 2 y los dos tramos del transferidor se seleccionan variadores de 15 HP.

A continuación se muestra la tabla N° 3.2 del catalogo siemens donde se encuentran los módulos de potencia de los variadores a utilizarse.

Tabla N° 3.2: Módulos de potencia PM 240

Power Modules PM240							
Datos para selección y pedidos							
Potencia asignada ¹⁾		Corriente asignada de salida ²⁾	Potencia basada en corriente bajo carga básica ³⁾		Corriente bajo carga básica ³⁾	Tamaño	SINAMICS G120 Power Module PM240 sin filtro de red integrado
kW	hp	I_n A	kW	hp	I_H A		Referencia
3 AC 380 ... 480 V							
0,37	0,50	1,3	0,37	0,50	1,3	FSA	6SL3224-0BE13-7UA0
0,55	0,75	1,7	0,55	0,75	1,7	FSA	6SL3224-0BE15-5UA0
0,75	1,0	2,2	0,75	1,0	2,2	FSA	6SL3224-0BE17-5UA0
1,1	1,5	3,1	1,1	1,5	3,1	FSA	6SL3224-0BE21-1UA0
1,5	2,0	4,1	1,5	2,0	4,1	FSA	6SL3224-0BE21-5UA0
2,2	3,0	5,9	2,2	3,0	5,9	FSB	6SL3224-0BE22-2UA0
3	4,0	7,7	3,0	4,0	7,7	FSB	6SL3224-0BE23-0UA0
4	5,0	10,2	4,0	5,0	10,2	FSB	6SL3224-0BE24-0UA0
7,5	10	18	5,5	7,5	13,2	FSC	6SL3224-0BE25-5UA0
11	15	25	7,5	10	19	FSC	6SL3224-0BE27-5UA0
15	20	32	11,0	15	26	FSC	6SL3224-0BE31-1UA0
18,5	25	38	15,0	20	32	FSD	6SL3224-0BE31-5UA0
22	30	45	18,5	25	38	FSD	6SL3224-0BE31-8UA0
30	40	60	22	30	45	FSD	6SL3224-0BE32-2UA0

Fuente: Catálogo del fabricante Siemens.

3.4.2. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Por lo general, cuando se realiza un circuito donde las cargas son motores que accionan otras máquinas y/o dispositivos que requieren funcionamiento automático o semiautomático, y además su mando es a distancia, se requiere una conexión (salida motor) que cumpla con cuatro funciones que define la norma IEC 60947; dichas funciones son las siguientes:

a) Seccionamiento.

Es una función de seguridad, que contempla los elementos para aislar eléctricamente los circuitos de potencia y comando con respecto a la alimentación general.

b) Protección contra corto circuitos.

Un cortocircuito se manifiesta por un aumento excesivo de corriente, que alcanza en pocos milisegundos un valor igual a centenas de veces la corriente de empleo. Los efectos térmicos sobre los constituyentes del circuito provocan las siguientes consecuencias:

- Fusión de contactos del contactor, de los arrollamientos del relé térmico, de las conexiones y de los cables.
- Calcinación de materiales aislantes.

Los dispositivos de protección deben detectar el defecto e interrumpir el circuito muy rápidamente. Si es posible, antes de que la corriente llegue a su valor máximo, como es el caso de los interruptores automáticos limitadores y los Guardamotores magnéticos.

c) Protección contra sobrecargas.

La sobrecarga es el defecto más frecuente sobre las máquinas. Se manifiesta por un aumento de la corriente absorbida por el motor y por sus efectos térmicos. Por ejemplo, la vida de un motor es reducida en un 50% si su temperatura de funcionamiento (definida por su clase de aislamiento) se sobrepasa en 10° C de manera permanente.

Según el nivel de protección deseado y la categoría de empleo del receptor, la protección contra sobrecargas se puede realizar por:

- Relés térmicos con bimetálico, que son los aparatos más utilizados.
- Relés a sondas por termistancia (PTC).
- Relés electrónicos multifunción.

d) Conmutación.

La conmutación consiste en establecer, cortar y, en el caso de variación de velocidad, regular la corriente absorbida por un motor. Según las necesidades, ésta función es realizada por elementos electromecánicos (contactores, arrancadores

combinados) y electrónicos (arrancadores progresivos, variadores de velocidad). La norma IEC 947-4 define distintos tipos de categorías de empleo que fijan los valores de la corriente a establecer o cortar mediante contactores.

La categoría usada es la **AC3** que se refiere a los motores jaula de ardilla y el corte se realiza a motor lanzado.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.

3.4.3. COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

La coordinación de protecciones es el arte de asociar un dispositivo de protección contra cortocircuitos con un dispositivo de protección contra sobrecargas.

La coordinación de protecciones tiene por objetivo interrumpir a tiempo una corriente de sobrecarga o una corriente de cortocircuito para que estas no causen daño a personas ni instalaciones eléctricas.

La norma IEC 60947 define tres tipos de coordinación dependiendo del grado de deterioro de los equipos después de que ocurra el cortocircuito.

Coordinación tipo 1: cuando ocurre el cortocircuito, no debe causar daño a personas e instalaciones, no debe existir proyección de materiales encendidos, son aceptables daños en el contactor y relé de sobrecarga, en caso de protección con fusibles, éstos deberán ser reemplazados.

Coordinación tipo 2: cuando ocurre el cortocircuito, no debe causar daño a personas e instalaciones, no debe existir proyección de materiales encendidos, el relé de sobrecarga no deberá sufrir ningún daño, los contactos del contactor podrán sufrir alguna pequeña soldadura fácilmente separable, en cuyo caso no se reemplazaran componentes salvo fusibles.

Coordinación total: cuando ocurre el cortocircuito, no debe causar daño a personas e instalaciones, no debe existir proyección de materiales encendidos,

Según la norma IEC 60947-6-2, en caso de cortocircuito ningún daño ni soldadura de contactos es aceptable en ninguno de los aparatos que componen la salida motor, permitiendo continuidad de servicio y reduciendo tiempos de mantenimiento.

3.4.4. SELECCIÓN DE ELEMENTOS

Para cumplir con las cuatro funciones de una salida motor y la coordinación de protecciones deseada, se presenta dos alternativas de asociación de los equipos de protección mostradas en el gráfico N° 3.3.

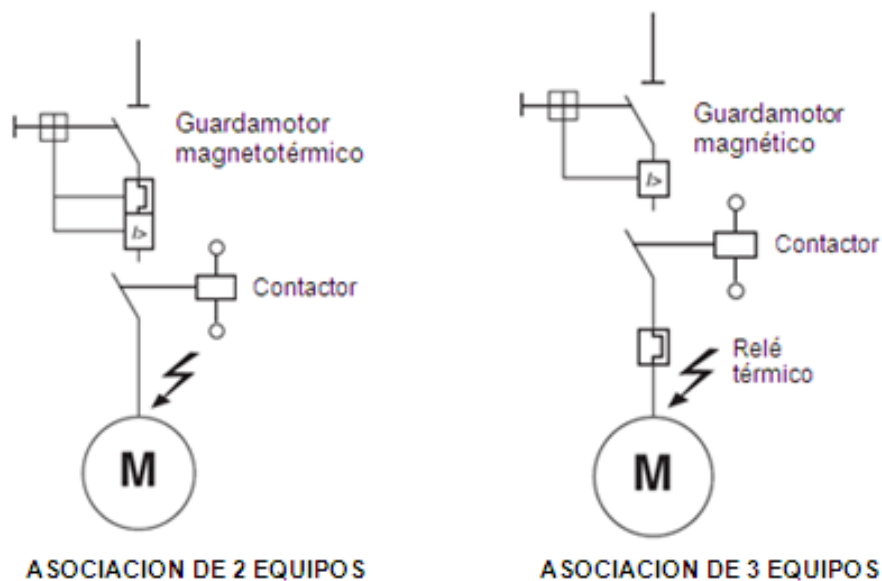


Gráfico N° 3.3: Alternativas de asociación de equipos de protección

Elaborado por: Investigador.

Se toma la alternativa de asociación de dos equipos de protección y la selección de éstos se realiza de la siguiente manera.

a) Breaker principal de línea

Se usa un breaker principal al inicio del circuito a la entrada de las barras de cobre, que permitirá una desconexión automática de todo el sistema frente a un cortocircuito. Éste también se puede usar como seccionador para desconectar el circuito al realizar mantenimiento.

Para su selección se suma las corrientes nominales de los variadores, y se selecciona uno con una corriente nominal de un valor inmediato superior a éste.

Tabla N° 3.3: Corriente nominal de los variadores de frecuencia y breaker termo-magnético de línea.

Potencia del variador (HP)	Corriente de entrada del variador (A)	Corriente nominal del equipo de protección (A)	Capacidad de interrupción en (KA) para 440V
15	39	250	65
15	39		
15	39		
25	53		
25	53		

Elaborado por: Investigador.

b) Interruptor automático. (Circuit breaker)

Estará ubicado a la salida de las barras principales en la línea de cada variador de frecuencia. Es un interruptor que satisface las necesidades de un interruptor seccionador e interrumpe un cortocircuito, y protege a los motores e instalación aguas abajo frente a una sobrecarga.

Para su selección nos basamos en la corriente nominal absorbida por el variador de frecuencia. Los elementos seleccionados se muestran como sigue.

Tabla N° 3.4: Corriente nominal de los variadores de frecuencia y elementos de protección.

Potencia del variador (HP)	Corriente de entrada del variador (A)	Corriente nominal del equipo de protección (A)	Corriente de disparo del equipo de protección (A)
15	39	50	40...50
15	39	50	40...50
15	39	50	40...50
25	53	63	45...63
25	53	63	45...63

Elaborado por: Investigador.

Un detalle de estos elementos se muestra en el Anexo E

c) Contactor de línea.

Este elemento nos permite un seccionamiento automático del circuito en caso de una emergencia o en paradas por falla y facilita las tareas de puesta en marcha y mantenimiento. Para su selección tomamos en cuenta el voltaje nominal y la corriente de línea a la entrada del variador de frecuencia.

d) Fusibles rápidos.

Son utilizados para la protección contra corrientes de cortocircuito de elementos semiconductores y equipos electrónicos, son ideales para proteger al variador de frecuencia. Por sus características, el tiempo de fusión es considerablemente menor que el de los fusibles de acción retardada.

Para su selección nos basamos en la corriente de línea a la entrada del variador.

e) Inductancia de línea.

Garantiza una mejor protección contra sobretensiones de red y reduce el índice de armónicos de corriente que produce el variador, mejorando la distorsión de la

tensión en el punto de conexión. La utilización de inductancias de línea se recomienda en casos de:

- Redes muy perturbadas por otros receptores (parásitos, sobretensiones).
- Red de alimentación con desequilibrio de tensión entre fases $> 1,8\%$ de la tensión nominal.
- Variador alimentado por una línea muy poco impedante (cerca de transformadores de potencia superior a 10 veces el calibre del variador).
- La instalación de un número elevado de variadores de frecuencia en la misma línea.

3.5. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

Los conductores que unen la salida de un circuito con los elementos receptores, deben ser protegidos en caso de cortocircuito. Esto se logra mediante el cumplimiento de los siguientes criterios de dimensionamiento:

- Tensión nominal y verificación a la caída de tensión.
- Cálculo térmico y verificación al cortocircuito

Tensión nominal

Es la que define el aislamiento, y se deberá cumplir que en todo momento sea mayor o como mínimo igual a la tensión de servicio existente.

$$V_n \geq V_s$$

$$V_n \geq 440V$$

El conductor a utilizarse es un conductor de cobre tipo THHN cuya temperatura máxima de operación es 90°C y su aislante es de material termoplástico PVC para 600 Voltios.

$$600V \geq 440V$$

Cálculo térmico y verificación al cortocircuito

Con este cálculo se determina la sección del conductor, estableciendo que el valor eficaz de la intensidad de corriente nominal que circule por el circuito no deberá causar un incremento de temperatura superior al especificado para cada tipo de conductor.

Para el dimensionamiento de la sección del conductor se realiza una selección previa a partir de las corrientes nominales de las cargas que se conectarán en el circuito, luego habrá que comprobar que el calibre del conductor seleccionado cumpla con la sollicitación térmica a la que el conductor estará expuesto durante un cortocircuito.

Luego de elegir el tipo y la sección (SC) de los conductores según la corriente de la carga, es necesario realizar la verificación al cortocircuito, que de no cumplirse, es necesario seleccionar una sección inmediata superior de conductor.

En el Anexo F se puede observar los distintos calibres de conductor y barras de cobre que se seleccionó según los tramos del circuito.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE

4.1. DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

Una vez realizado el diseño de la estación de empaquetado y despacho de varillas con la ayuda del programa SolidWorks, previo análisis, se procede a la construcción y montaje de las diferentes etapas del empaquetado y despacho de varillas.

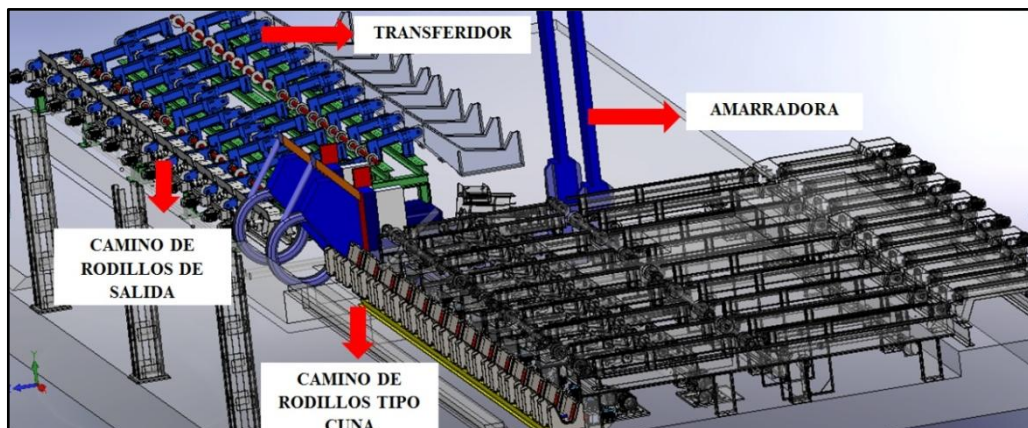


Gráfico N° 4.1: Diseño y ensamble estación de empaquetado y despacho

Elaborado por: Investigador.

La construcción y montaje se lo realizo en el taller mecánico de proyectos de la empresa NOVACERO S.A. ya que éste cuenta con las máquinas y herramientas necesarias para la construcción de las diferentes piezas que conforman el proyecto del empaquetado y despacho de varillas.

4.1.1. CONSTRUCCIÓN CAMINO DE RODILLOS

Luego de realizar, la adquisición de los materiales necesarios para los caminos de rodillos previo análisis y selección (motoreductores, acoples, chumaceras), se procede con la construcción de rodillos, cunas y bases de componentes.

a) RODILLOS

Para la construcción de rodillos se preparó el material reciclado y se realizó el corte de tubería, para las tapas del rodillo se realizó un corte circular en plancha, se maquinó los ejes al diámetro requerido con sus respectivos chaveteros. Ya listos los materiales se los ensambla mediante soldadura para obtener los rodillos que formarán parte del camino de entrada y salida de la máquina.



Gráfico N° 4.2: Construcción de rodillos

Elaborado por: Investigador.

b) CUNAS Y CAJONES

En el camino de rodillos de entrada a la máquina se diseñó y construyó estructuras tipo cuna tomando muy en cuenta las especificaciones de la máquina y medidas del diseño siempre procurando el correcto y libre movimiento de los rodillos, facilitando el transporte de las varillas sueltas a la máquina amarradora.



Gráfico N° 4.3: Construcción de cunas para camino de rodillos de entrada

Elaborado por: Investigador.

A la salida de la máquina amarradora las varillas estarán compactas y amarradas, el traslado del paquete hacia la zona de despacho se inicia en el camino de rodillos de salida, para esta etapa se construyó cajones abiertos con plancha de media pulgada, los cuales protegen los rodillos y aseguran la llegada del paquete a la zona de despacho.

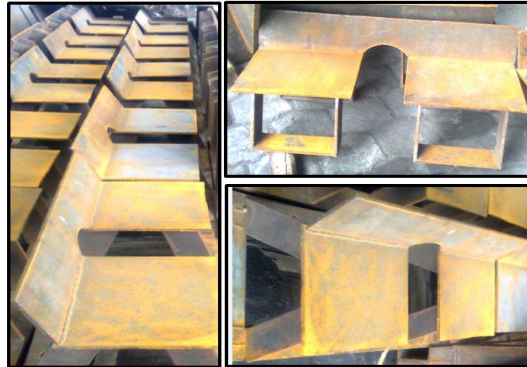


Gráfico N° 4.4: Construcción de cajones para camino de rodillos de salida

Elaborado por: Investigador.

c) BASES DE COMPONENTES

La fijación al suelo es muy importante por lo que se construyó bases para todos los componentes, tomando muy en cuenta principalmente las especificaciones de la máquina amarradora, distancias entre componentes y espacios libres donde se colocaran cada uno de ellos.



Gráfico N° 4.5: Bases para motores

Elaborado por: Investigador.

d) IMPLEMENTACIÓN CAMINOS DE RODILLOS DE ENTRADA Y SALIDA.

Ya listos todos los componentes y materiales de los dos caminos de rodillos, previa selección y análisis se realiza el montaje de los mismos.



Gráfico N° 4.6: Componentes caminos de rodillos

Elaborado por: Investigador.

El montaje de los caminos de rodillos se lo realizo tomando en cuenta principalmente las especificaciones de la máquina en cuanto a la altura y alineación con el cabezal.



Gráfico N° 4.7: Montaje caminos de rodillos

Elaborado por: Investigador.



Gráfico N° 4.8: Caminos de rodillos de entrada y salida.

Elaborado por: Investigador.

4.1.2. IMPLEMENTACIÓN MÁQUINA AMARRADORA

Una vez realizado la selección de la máquina y posterior adquisición de la misma se realizó su cimentación, considerando principalmente su peso y sus movimientos.

Los cuales, se transmiten directamente al suelo como fuerzas y momentos, que en el caso de no tener buenos cimientos pueden generar daños en el concreto como fisuras o su levantamiento, lo que conllevaría a un mal funcionamiento de la misma.

Para las dimensiones de la cimentación es necesario tomar muy en cuenta las medidas de la máquina amarradora. A continuación, se presenta el gráfico 4.62 con las dimensiones de la máquina y las dimensiones entre pernos.

a) Dimensionamiento

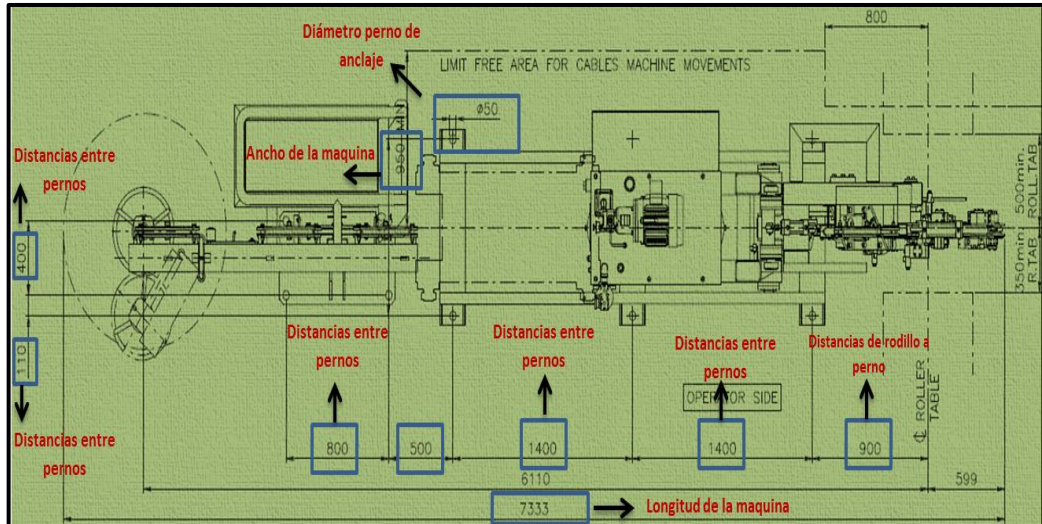


Gráfico N° 4.9: Dimensiones de la máquina y distancias entre pernos

Elaborado por: Investigador.

Se ha proyectado la utilización de dos máquinas, preparando una cimentación de 6 metros de longitud por 4 metros de ancho y un espesor de 60cm, la cual cubre toda la longitud y ancho de dos máquinas, además permite la colocación de los respectivos pernos de anclaje. Con el dato del diámetro de los pernos de anclaje, se puede realizar el cálculo de la longitud mínima del mismo, la cual debe ser mayor a los 15cm.



Gráfico N° 4.10: Preparación de terreno para cimentación del proyecto

Elaborado por: Investigador.

b) MONTAJE DE LA MÁQUINA

Una vez terminada la cimentación para la máquina, con sus respectivos anclajes se realiza al montaje de la misma.



Gráfico N° 4.11: Montaje de máquina amarradora

Elaborado por: Investigador.

Para un mejor atado y compactación de las varilla se implementó un apretador a base de dos pistones y dos uñas, las cuales presionan al paquete mientras se produce el amarre.

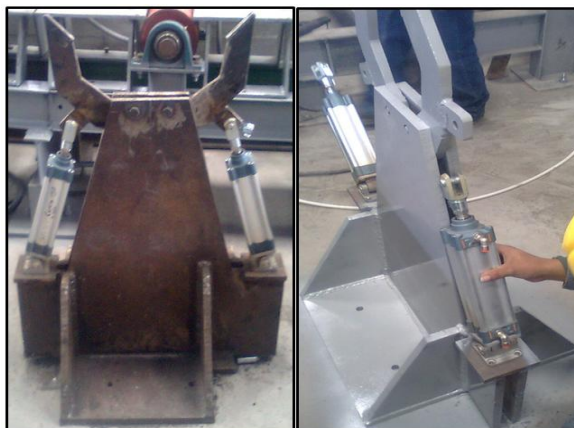


Gráfico N° 4.12: Apretador de varillas

Elaborado por: Investigador.

4.1.3. CONSTRUCCIÓN TRANSFERIDOR DE PAQUETES

Después de los respectivos cálculos de las distintas partes, el análisis y selección de componentes (catalinas, chumaceras, cadenas, motoredutores) y una vez lista la cimentación del terreno donde se colocara el transferidor, se procede con la construcción de los 40 brazos los cuales servirán como guías de las cadenas.



Gráfico N° 4.13: Construcción de brazos para el transferidor.

Elaborado por: Investigador.

Los brazos irán distribuidos uniformemente sobre dos bases de 6 metros de largo por 3.5 de ancho, la cual cubre toda la longitud del paquete de varillas.



Gráfico N° 4.14: Base del transferidor (bastidor)

Elaborado por: Investigador.

Se conoce que todos los brazos del transferidor tienen la misma dimensión y su función es la de guiar los paquetes hacia la zona de carga donde se encuentran las cunas acumuladoras de paquetes.



Gráfico N° 4.15: Cunas acumuladoras de paquetes

Elaborado por: Investigador.

4.1.4. IMPLEMENTACIÓN TRANSFERIDOR DE PAQUETES

Una vez anclado la base del transferidor, se implementó cada una de las partes que conforman la zona transferencia de paquetes tomando muy en cuenta el futuro mantenimiento de las mismas o en caso de ser necesario su reemplazo.

Primero se realizó la instalación de las chumaceras para la sujeción de los ejes, la colocación de los brazos basculantes a los que posteriormente se colocó las catalinas en sus extremos.



Gráfico N° 4.16: Implementación de chumaceras y brazos basculantes

Elaborado por: Investigador.

El proceso de levantar el paquete y trasladarlo desde el camino de rodillos hacia el transferidor se lo realiza por medio de los brazos basculantes los cuales se encuentran distribuidos uniformemente en la parte delantera del transferidor, estos se elevan por medio de pistones colocados debajo de cada uno de los brazos, dichos pistones son accionados por mediante electroválvulas instaladas estratégicamente en el transferidor. La instalación y accionamiento de pistones y electroválvulas se detalla en el gráfico N° 4.17.

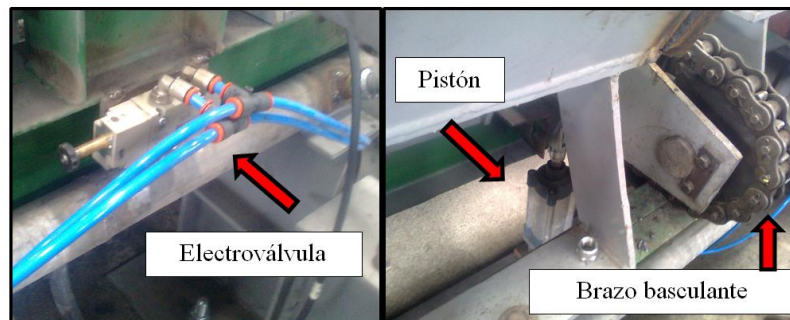


Gráfico N° 4.17: Implementación de chumaceras y brazos basculantes

Elaborado por: Investigador.

Para alimentar los pistones se toma aire de una de las líneas de la fábrica ubicada a 15 metros del transferidor por esta razón se construyó un pulmón de aire el cual ayuda a mantener la presión necesaria que alimentará a los pistones del apretador y de los brazos basculantes.



Gráfico N° 4.18: Pulmón de aire

Elaborado por: Investigador.

Ya colocados todos los componentes mencionados anteriormente se realizó la instalación de cadenas y cunas acumuladoras de paquetes.



Gráfico N° 4.19: Implementación de cadenas y cunas acumuladoras de paquetes

Elaborado por: Investigador.

Para evitar la corrosión del material, se pinta cada una de las partes tomando en cuenta las especificaciones de colores de la fábrica a estructuras, ejes y rodillos.



Gráfico N° 4.20: Zona de despacho de paquetes

Elaborado por: Investigador.

4.1.5. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRICO MOTRIZ

Para el transporte de paquetes y de varillas sueltas como ya se conoce se implementaron elementos móviles (rodillos) impulsados por un motor con una potencia de 1.5 hp cada uno, los cuales proporcionan la movilidad a estos.

Para el camino de rodillos de entrada se ocupó una cantidad de 15 motores con una separación de 1 metro entre cada uno, en el camino de rodillos de salida se ocupó una cantidad de 13 motores separados 1.25 metros entre cada uno.



Gráfico N° 4.21: Motoreductores caminos de rodillos

Elaborado por: Investigador.

En el transferidor como se explicó anteriormente los paquetes serán trasladados por medio de cadenas y catalinas las cuales se encuentran acopladas y repartidas en cuatro ejes de 6 metros cada uno, se dio movimiento a cada eje por medio de un motor que posee una potencia de 5 hp como se muestra en el gráfico N°. 4.22.



Gráfico N° 4.22: Motores para transferidor

Elaborado por: Investigador.

Las cajas eléctricas donde se encuentran los guardamotores están ubicadas en la parte posterior del proyecto. Son 29 guardamotores para los caminos de rodillos y 4 para el transferidor de paquetes, todos ellos distribuidos en 3 gabinetes metálicos pequeños.



Gráfico N° 4.23: Cajas eléctricas de distribución de guardamotores

Elaborado por: Investigador.

Los armarios eléctricos son instalados en la cámara eléctrica del tren uno la cual se encuentra a unos 50 metros aproximadamente de la zona de empaquetado.

Se implementaron dos armarios de 2.3 metros de alto por 1 metro de ancho y 0.6 metros de profundidad, cada uno provisto de un tablero interno en el cual se distribuirán los componentes eléctricos que permitirán el control de todos los motores del proyecto.



Gráfico N° 4.24: Armarios eléctricos

Elaborado por: Investigador.

En dichos armarios se instalaron 5 variadores de velocidad con sus respectivas protecciones, los cuales controlarán a los motores en las distintas etapas del proyecto, tres variadores para los caminos de rodillos y dos para los motores del transferidor.

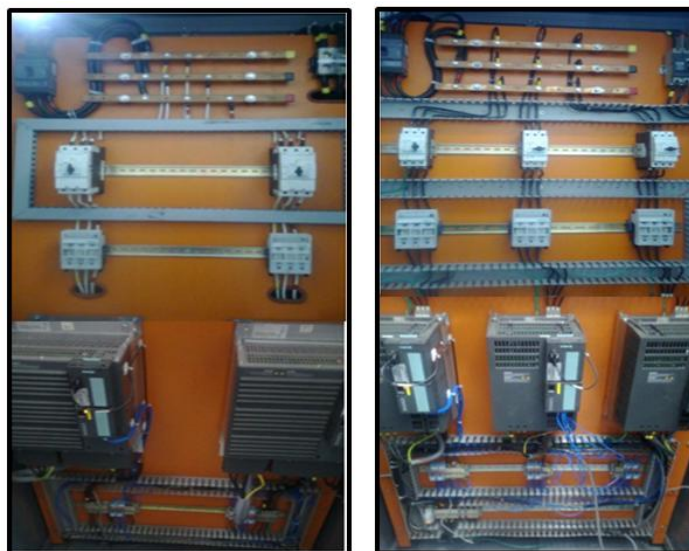


Gráfico N° 4.25: Variadores de frecuencia con sus protecciones (control de caminos de rodillos y transferidor)

Elaborado por: Investigador.

4.1.6. IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE EMPAQUETADO DE VARILLAS

Para un control centralizado del proceso de empaquetado de varilla, se realizará los mandos desde una cabina de control donde un operador comandara todo el proceso.



Gráfico N° 4.26: Tablero de control del proyecto

Elaborado por: Investigador.

Se instaló un pulpito con tablero interno donde está montado el PLC con las respectivas borneras y canaletas, mismos que permitirán una distribución ordenada de los cables y un fácil reemplazo de partes en el caso de ser necesario. En la parte superior del pulpito van montados las respectivas luces piloto, pulsadores y selectores los cuales facilitan el mando en las operaciones.



Gráfico N° 4.27: Distribución tablero de control

Elaborado por: Investigador.

4.1.7. CONTROL MÁQUINA AMARRADORA

El sistema de automatización de la máquina, incluye un tablero eléctrico con un panel de control. Un púlpito de control que está previsto de un PLC Siemens que controla todas las operaciones de la máquina. Los parámetros de trabajo son configurables a través de una consola. La automatización eléctrica proporciona también de todas las señales de interfaces para una total coordinación con la automatización principal. Una conexión profibus está también disponible.



Gráfico N° 4.28: Tablero de control máquina amarradora

Elaborado por: Investigador.

4.2. INTEGRACIÓN DE SISTEMAS EMPAQUETADO DE VARILLAS

Una vez realizado los montajes de forma independiente de cada sistema que conforma el empaquetado de varillas, se procede a la integración total del proyecto. En el gráfico N° 4.29 se muestra el proyecto implementado en su totalidad.

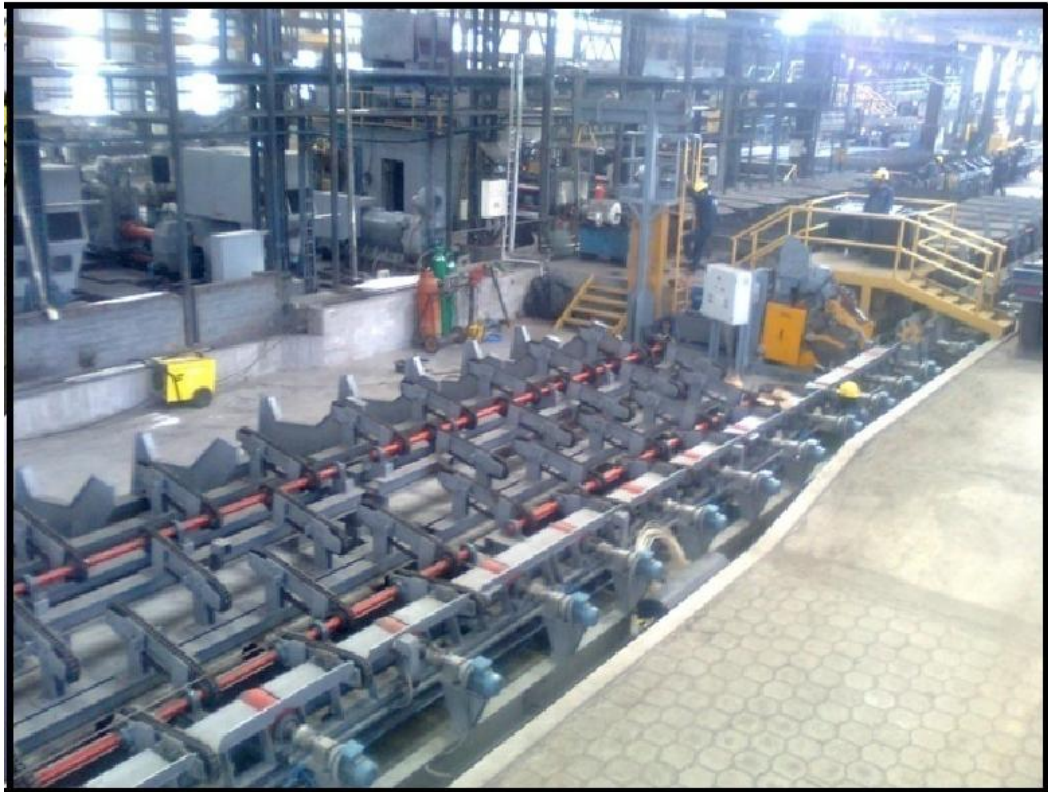


Gráfico N° 4.29: Estación de empaquetado y despacho de varillas.

Elaborado por: Investigador.

4.3. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.3.1. PRUEBAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO MECÁNICO

La llegada de las varillas sueltas a la máquina amarradora es de vital importancia para el correcto funcionamiento de la estación de empaquetado ya que una falla en esta parte provocaría la acumulación de material y por lo tanto retraso en la producción.

Como se muestra en el gráfico N° 4.30 el movimiento de las varillas a lo largo del camino de rodillos de entrada no presenta ningún inconveniente esto quiere decir que los motorreductores poseen el torque necesario para sostener y desplazar las

varillas hacia la máquina amarradora, de igual manera todas las chumaceras dispuestas a lo largo del camino trabajan de manera adecuada.



Gráfico N° 4.30: Llegada de varillas a la máquina empaquetadora

Elaborado por: Investigador.

El amarre de las varillas y correcto funcionamiento de la máquina se lo muestra en el gráfico N° 4.31.



Gráfico N° 4.31: Amarre de paquetes

Elaborado por: Investigador.

El desplazamiento del paquete hacia el transferidor de cadenas se lo realiza por medio del camino de rodillos de salida y se lo ve en el gráfico N° 4.32, dando como resultado un correcto funcionamiento de los motoreductores y chumaceras, y de manera especial afirmando el correcto diseño en los cajones guía y rodillos.



Gráfico N° 4.32: Salida de paquetes de la máquina empaquetadora

Elaborado por: Investigador.

El desplazamiento del paquete desde el camino de rodillos de salida hacia el transferidor se lo realiza por medio de los brazos basculantes y también intervienen los motores de arrastre colocados en la parte inferior del transferidor, el correcto funcionamiento de este mecanismo se lo ve en el gráfico No. 4.33.

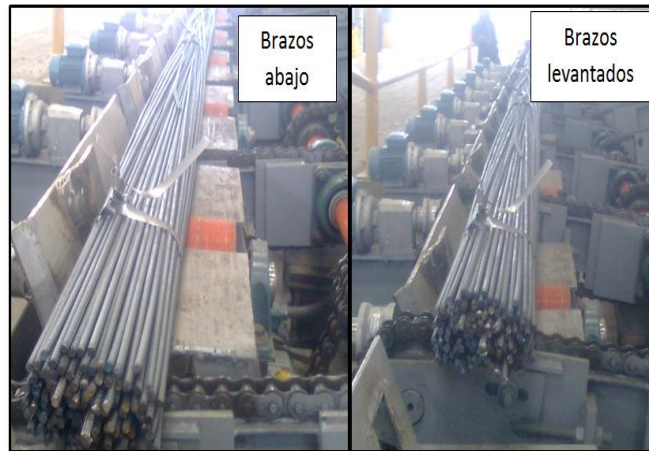


Gráfico N° 4.33: Salida de paquetes de la máquina empaquetadora

Elaborado por: Investigador.

Los paquetes son llevados hacia la zona de despacho a lo largo del transferidor de cadenas, la cantidad máxima de paquetes que estarán sobre el transferidor es de 4 paquetes, es decir, cuatro toneladas por lo que los motores deberán ser capaces de arrastrar este peso cuando el transferidor este en su capacidad máxima, el correcto funcionamiento de cada etapa de este proceso se lo ve en el gráfico N° 4.34.

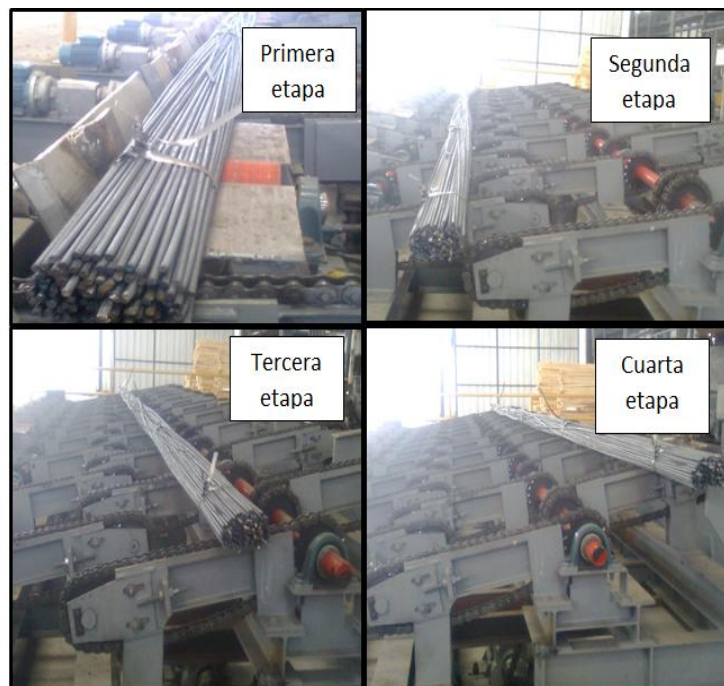


Gráfico N° 4.34: Funcionamiento del transferidor de varillas

Elaborado por: Investigador.

4.3.2. PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO

La presión de aire suministrada en las tuberías de la planta es de 6 bar, se construyó el pulmón con la finalidad de mantener alta la presión y abastecer eficientemente a todos los pistones del proyecto.

En el gráfico N° 4.35 se detalla la óptima sujeción del apretador de varillas luego de la acción coordinada de sus dos pistones.



Gráfico N° 4.35: Funcionamiento apretador de varillas

Elaborado por: Investigador.

El correcto y coordinado funcionamiento de los 10 pistones del transferidor de paquetes se lo ve en el gráfico N°. 4.36, resaltando la facilidad con la que el conjunto de pistones logra levantar el paquete de varillas.



Gráfico N° 4.36: Funcionamiento pistones de transferidor

Elaborado por: Investigador.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS FINANCIERO

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe tanto los costos fijos como los variables en lo que NOVACERO S.A. incurrió para la realización del proyecto de diseño e implementación de una estación para el empaquetado y despacho automático de una tonelada de varillas para el tren uno de laminación.

La inversión realizada para éste proyecto contempla todas las erogaciones de dinero efectuadas por concepto de: maquinaria, y construcción. A continuación se detalla cada uno de ellos.

5.2. COSTOS DE MAQUINARIA

Los costos de la maquinaria para la implementación del presente proyecto contemplan todos los elementos que componen el sistema mecánico, neumático y eléctrico del mismo. El listado de cada elemento usado se encuentra detallado en los Anexos G, H y I.

Tabla N° 5.1: Costo de Maquinaria

Rubro	Costo
COSTO DE MAQUINARIA	589,022.63

Elaborado por: Investigador.

5.3. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los costos de construcción consideran la infraestructura necesaria referente al acondicionamiento del piso y área donde está ubicada la estación.

Tabla N° 5.2: Costo de Construcción

Rubro	Costo
COSTO DE CONSTRUCCION	12097.97

Elaborado por: Investigador.

Tabla N° 5.3: Inversión Inicial Total

Rubro	Costo
COSTO DE MAQUINARIA	589,022.63
COSTO DE CONSTRUCCION	12097.97
INVERSIÓN INICIAL TOTAL	601120.6

Elaborado por: Investigador.

5.4. COSTOS DE OPERACIÓN

Los costos de operación son todos aquellos gastos en los que NOVACERO S.A. debe incurrir para implementar la estación para el empaquetado y despacho automático de varilla. Para lo cual se considerará la mano de obra directa, la mano de obra indirecta, y suministros.

5.4.1. MANO DE OBRA DIRECTA

La mano de obra directa es aquel talento humano necesario para la construcción, y operación de la estación para el empaquetado y despacho automático de varillas. La mano de obra directa del proyecto requiere de 2 mecánicos, 4 eléctricos, 2 soldadores y 2 ayudantes.

Es importante señalar que durante el 2012 la remuneración básica fue de \$292.00. El detalle del cálculo de dicho rubro se presenta a continuación.

Tabla N° 5.4: Mano de Obra Directa

DETALLE	CANT.	REMUNERACIÓN	TIEMPO	TOTAL
Mecánicos (torneros)	2	292.00	6 meses	3504.00
Eléctricos	4	292.00	2 meses	2336.00
Soldadores	2	292.00	6 meses	3504.00
Ayudantes	2	292.00	14 meses	8176.00
			TOTAL	17520.00

Elaborado por: Investigador.

5.4.2. MANO DE OBRA INDIRECTA

La mano de obra indirecta considera todo aquel personal que fue contratado de manera eventual, en el caso de este proyecto, la dirección del diseño e implementación de una estación para el empaquetado y despacho automático de una tonelada de varillas para el tren uno de laminación, estuvo a cargo de Felipe Miño y David Benalcazar. Para proceder a calcular el monto total de remuneraciones recibidas se tomara como datos la remuneración básica unificada al 2012 que fue de \$292.00 y al 2013 de \$318.00. El tiempo considerado se calcula desde el 1 de enero del 2012 al 31 de mayo del 2013.

Tabla N° 5.5: Mano de Obra Indirecta

DETALLE	CANT.	REMUNERACIÓN	TIEMPO	TOTAL
Felipe Miño	1	292.00-318.00	17 meses	5094.00
David Benalcazar	1	292.00-318.00	17 meses	5094.00
			TOTAL	10188.00

Elaborado por: Investigador.

5.4.3. SUMINISTROS

A lo largo del desarrollo del proyecto se considera la energía eléctrica como el principal suministro indispensable, por lo que para el cálculo de dicho rubro se tiene como información que se trabaja 12 horas diarias trabajadas durante días hábiles por un periodo de 17 meses, contados con base en los registros contables que el departamento de costos efectuó para la implementación de la estación para el empaquetado y despacho automático de varillas.

Tabla N° 5.6: Costo De Suministros

CANT.	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
6120 horas	Energía Eléctrica KW/hora	0.09 ctvs.	32.4	550.8

Elaborado por: Investigador.

5.5. COSTO TOTAL DE OPERACIÓN

Los costos totales de operación engloban los costos de mano de obra tanto directa como indirecta y los suministros detallados anteriormente.

Tabla N° 5.7: Costo Total De Operación

Rubro	Costo
MANO DE OBRA DIRECTA	17520.00
MANO DE OBRA INDIRECTA	10188.00
SUMINISTROS	550.8
COSTO TOTAL DE OPERACIÓN	28258.80

Elaborado por: Investigador.

5.6. INVERSIÓN TOTAL

La inversión total contempla tanto los costos de construcción y adecuación, así como también los costos de operación anteriormente analizados.

Tabla N° 5.8: Inversión Total

Rubro	Costo
Inversión Inicial Total	601120.6
Costos de Operación	28258.80
INVERSION TOTAL	629379.4

Elaborado por: Investigador.

5.7. FINANCIAMIENTO

El capital que NOVACERO S.A. apporto al proyecto es de \$642517.84 dólares de los Estados Unidos de América. Puesto que la empresa cuenta con capital propio no requirió efectuar un préstamo financiero por lo que la totalidad del proyecto fue financiado por la empresa.

5.8. ANÁLISIS DE COSTOS PREVIO EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN

El proceso de empaquetado y despacho automático de varillas en la empresa NOVACERO S.A. se venía realizando de forma manual. Frente a la necesidad de incrementar los niveles de productividad en la empresa se considera el diseño e implementación de la estación para el empaquetado y despacho automático de una tonelada de varillas para el tren uno de laminación. A continuación se analiza los

efectos que tiene sobre el nivel de producción y los costos de producción, la implementación de dicho proyecto.

5.8.1. MATERIA PRIMA

Para el empaquetado manual NOVACERO S.A. debe comprar los flejes metálicos, necesarios para efectuar el empaquetado de las varillas. Los costos de los flejes se han calculado en función de los datos obtenidos del departamento de costos de la empresa. De donde se obtuvo que, se adquiere bobinas de flejes metálicos de 19mm ancho x 0.7 mm espesor por toneladas. Cada tonelada tiene un costo de \$1000.00.

De esta manera, se procede a calcular el costo del fleje en función de los 6 amarres que se realizan a cada tonelada de varilla. Para determinar dicho costo se procedió a pesar cada sección de fleje, obteniendo un peso de 90g por sección.

Con respecto a los costos mensuales, dicho valor se calcula tomando como referencia la capacidad de empaquetado de la estación, que es de 35 toneladas por hora. A continuación se detallan los respectivos costos.

Tabla N° 5.9: Costo De Flejes Metálicos

MAT.	DIMENSIÓN POR SECCIÓN	CANT. POR TON.	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Fleje Metálico 19mm x 0.7mm	70 cm (90g)	6	0.09	12472.00	149688.00

Elaborado por: Investigador.

5.8.2. MANO DE OBRA

La mano de obra necesaria para efectuar el empaquetado manual de una tonelada de varillas es de 6 obreros. El costo de mano de obra requerido se detalla a continuación.

Tabla N° 5.10: Mano de Obra

DETALLE	CANTIDAD	REMUNERACIÓN	TIEMPO	COSTO ANUAL
Supervisor	1	600.00	12 meses	7200.00
Obreros	6	318.00	12 meses	22896.00
			TOTAL	30096.00

Elaborado por: Investigador.

5.9. ANÁLISIS DE COSTOS POSTERIOR EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN PARA EL EMPAQUETADO Y DESPACHO AUTOMÁTICO DE UNA TONELADA DE VARILLAS PARA EL TREN UNO DE LAMINACIÓN

Posterior a la implementación de la estación para el empaquetado y despacho automático de una tonelada de varillas para el tren uno de laminación los costos de producción de la empresa serán los siguientes.

5.9.1. MATERIA PRIMA

La materia prima empleada para el funcionamiento de la estación de empaquetado y despacho automático continua siendo el fleje metálico con las especificaciones antes mencionadas.

Tabla N° 5.11: Materia Prima con Empaquetado Automático

DETALLE	DIMENSIÓN POR SECCIÓN	CANTIDAD POR TONELADA	COSTO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Alambrón de 7mm de diámetro	70 cm (90g)	6	0.09	14256.00	171072.00

Elaborado por: Investigador.

5.9.2. MANO DE OBRA

La mano de obra requerida para el funcionamiento de la estación de empaquetado y despacho automático será de 3 obreros y un supervisor. Para el cálculo de este rubro se utilizara como dato base la remuneración básica unificada vigente al 2013.

Tabla N° 5.12: Mano de Obra con Empaquetado Automático

DETALLE	CANTIDAD	REMUNERACION	TIEMPO	COSTO ANUAL
Supervisor	1	600.00	12 meses	7200.00
Obreros	3	318.00	12 meses	11448.00
			TOTAL	18648.00

Elaborado por: Investigador.

5.10. ANÁLISIS DE REDUCCIÓN DE COSTOS ANUALES

Para analizar la variación de costos se presenta a continuación un resumen comparativo de los costos anteriormente analizados.

Tabla N° 5.13: Resumen de costos de empaquetado manual

EMPAQUETADO MANUAL		
MATERIA PRIMA	MANO DE OBRA	CAPACIDAD DE PRODUCCION
149688.00	41544.00	35 toneladas/hora

Elaborado por: Investigador.

Tabla N° 5.14: Resumen de costos de empaquetado automático

EMPAQUETADO AUTOMATICO		
MATERIA PRIMA	MANO DE OBRA	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN
171072.00	30096.00	40 toneladas/hora

Elaborado por: Investigador.

Tabla N° 5.15: Variación de costos

Variación de costos	
MATERIA PRIMA	MANO DE OBRA
14.29%	-27.56%

Elaborado por: Investigador.

Luego de la implementación de la estación de empaquetado y despacho automática, se puede determinar que la materia prima, en cuanto a los flejes metálicos se refiere tendrá un incremento del 14.29% puesto que la capacidad de producción tendrá un incremento de 5 toneladas más de varillas empaquetadas. Por otro lado, la mano de obra tendrá una reducción del 27.56% puesto que solo será necesaria la colaboración de 6 obreros y un supervisor para el correcto funcionamiento de la estación. Finalmente, los costos indirectos de fabricación no presentan ninguna variación puesto que se calcula dicho costos en función del máximo de horas laboradas al año.

5.11. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA TOTAL DEL PROYECTO

$$E = \frac{\text{Producción Actual}}{\text{Producción Estandar}} \times 100\%$$

$$E = \frac{40 \text{ toneladas}}{35 \text{ toneladas}} \times 100\%$$

$$E = 114.28$$

En consideración a la implantación de la estación de empaquetado y despacho de varillas en la planta Lasso NOVACERO S.A. logra un incremento de 5 toneladas por hora, incrementando su producción de 35 toneladas a 40 toneladas por hora lo que representa el 14.28% más de eficiencia en el empaquetado del producto terminado.

5.12 PROYECCIÓN DE FLUJOS DE EFECTIVO

Los flujos de efectivo que a continuación se proyectan comprenden la rentabilidad obtenida por la empresa NOVACERO S.A. luego de la implementación del presente proyecto.

Tabla N° 5.16: Flujos de Efectivo Netos Proyectados

MESES	FLUJOS	FLUJOS ACUMULADOS
Inversión	(629.379,40)	
1	182.115,52	182.115,52
2	185.757,83	367.873,35
3	189.472,99	557.346,34
4	193.262,45	750.608,78
5	197.127,70	947.736,48
6	201.070,25	1.148.806,73
7	205.091,65	1.353.898,38
8	209.193,49	1.563.091,87
9	213.377,36	1.776.469,23
10	217.644,90	1.994.114,13
11	221.997,80	2.216.111,94
12	226.437,76	2.442.549,70

Elaborado por: Investigador.

Para determinar el flujo de efectivo que genera del proyecto de calculó en términos monetarios lo que la empresa ha dejado de perder al implementar la estación de empaquetado y despacho automático. Así, se tiene que antes al empaquetar 35 toneladas por hora de manera manual el tren de laminación uno debía parar durante 8 horas al mes. Posterior a la implementación de éste proyecto y con un empaquetado de 40 toneladas por hora; el tiempo que para el tren de laminación será solo de una hora al mes, generando una pérdida apenas de \$30.352,40.

5.12 VALOR ACTUAL NETO Y TASA INTERNA DE RETORNO

Considerando los flujos de efectivo netos que genera el proyecto, el Valor Actual Neto de la implementación de una estación para el empaquetado y despacho automático de una tonelada de varillas para el tren uno de laminación es de 474.586,08 con una Tasa Interna de Retorno del 29%. Es decir, el proyecto genera una rentabilidad del 29% con una inversión de 629.379,40

5.13 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Para calcular el tiempo en el que se recuperara la inversión se procederá a utilizar la siguiente fórmula:

Donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

$$PRI = 3 + \frac{(619821,04 - 557.346,34)}{750.608,78}$$

$$PRI = 3.08 \text{ meses}$$

La empresa NOVACERO S.A. recuperará la inversión realizada en un período de 3 meses 2 días al mantener un empaquetado constante de 40 toneladas por hora.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó satisfactoriamente una estación para el empaquetado y despacho automático de una tonelada de varillas para la empresa NOVACERO S.A.
- Construimos una estación que es capaz de empaquetar y despachar 40 Ton/Hora, siendo efectiva y permitiendo aumentar la capacidad de laminación del tren en 5 Ton/Hora.
- El montaje adecuado de los elementos de la estación permite que su funcionamiento sea de alta calidad, reduciendo al máximo problemas de vibraciones y desgaste de componentes.
- Los valores de factor de seguridad considerados en el diseño, así como la alta disponibilidad en horas de uso de ciertos elementos seleccionados para la estación la hacen segura y eficiente.
- El diseño de la estación permite el fácil montaje y desmontaje de componentes, así como accesibilidad a todas las áreas siendo esto una gran ayuda para las tareas de mantenimiento.
- Demostramos que la estación que construimos requiere de un mínimo de personal y recursos para ser operada.

- Implementamos un proyecto que va a reducir considerablemente los accidentes que antes se daban en el área de empaquetado por contacto con varillas calientes.
- La implementación de la estación de empaquetado y despacho automático en el tren uno de laminación tiene una rentabilidad del 29%, y al mismo tiempo reduce las pérdidas para la empresa por paralización del empaquetado a una hora al mes.

6.2 RECOMENDACIONES

- No se debe exceder la capacidad de carga de los caminos de rodillos ni transferidores de cadena para garantizar una mayor durabilidad de los componentes.
- Realizar un mantenimiento preventivo en los motoredutores y chumaceras del sistema según los datos especificados por los fabricantes.
- Mantener limpias, lubricadas y tensionadas las cadenas del transferidor para prevenir desgaste, saltos y no forzar los motoredutores de arrastre.
- Tener cuidado con las cadenas en movimiento del transferidor, ya que pueden ocasionar agarramiento o arrastre.

BIBLIOGRAFÍA

- BALDOR. (2012). Catálogo CA3001Rodamientos Montados. USA. Baldor Electric Company
- FAG. (2000). Catálogo WL 41 520/3 SB Rodamientos. Barcelona, España: FAG Sales Europe GmbH.
- FALK. (17 de Abril de 2011). CATÁLOGO PRODUCTOS FALK. *Catálogo de Acoples* . Milwaukee, USA: FALK.
- GROOVER, M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Mexico: Prentice Hall.
- MOTT, R. L. (1995). *Diseño de elementos de máquinas*. España: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- TECNOPACKING. (2013). Catálogo Tecnopacking. Castellón, España: Tecnopacking.

LINKOGRAFÍA

- URL Guatemala. (s.f.). Recuperado el 17 de Julio de 2012, de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Catálogo Dodge de Chumaceras P2b Scm 60mm

Anexo B: Perfiles Ipn Acero Astm A36 Catalogo Dipac

Anexo C: Autómatas Programables (Plc) Simatic

Anexo D: Sensores de Proximidad Inductivos

Anexo E: Breakers Marca Siemens

Anexo F: Calibres de Conductores y Barras de Cobre Usados

Anexo G: Listado de Materiales Mecánicos Utilizados

Anexo H: Listado de Materiales Eléctricos Utilizados

Anexo I: Listado de Materiales Neumáticos Utilizados

Anexo J: Carta de conformidad de NOVACERO S.A.

Certificado de legalidad del proyecto.

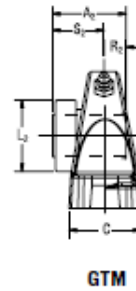
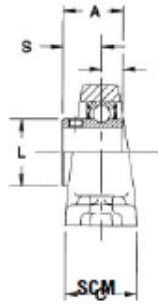
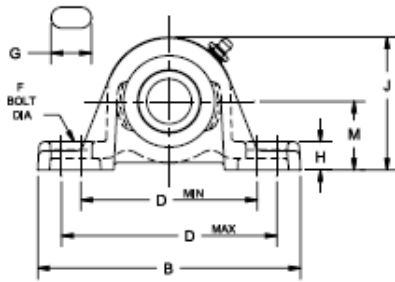


P2B Housings • Gehäuse • Paliers • Soportes • Supporti
SCM, GTM Bearing Inserts • Lagereinsätze • Eléments encastrés de roulement •
Rodamientos • Cuscinetti

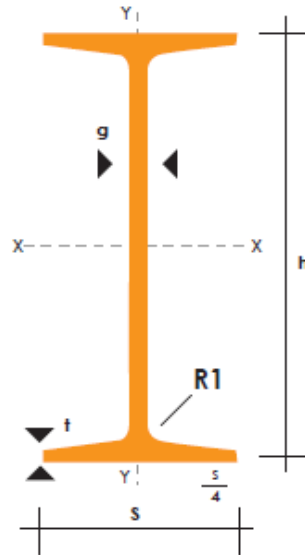
Series	Shaft	Part No.	Description	Part No.	Description	Hsg / Insert Pt #	Description	Sleeve Pt #	Description
Serie	Welle	Teilnr.	Beschreibung	Teilnr.	Beschreibung	Gehäuse/Einsatzteil #	Beschreibung	Hülse #	Beschreibung
Serie	Arbre	Réf. pièce	Désignation	Réf. pièce	Désignation	palier/roulement #	Désignation	Manchon n°	Désignation
Serie	Albero	Núm. pieza	Descripción	Núm. pieza	Descripción	soporte/cuscinetti #	Descrizione	Manghioles #	Descrizione
Series	Albero	Codice	Descrizione	Codice	Descrizione			Bussole #	Descrizione
205	3/4				P2B-GTM-012		P2B-GT-05 (205 SERIES)	129924	AN-GTM-05-012
206	25 mm	125925	P2B-SCM-25M	136258	P2B-GTM-25M	129423	P2B-GT-06 (206 SERIES)	129957	AN-GTM-06-25M
	1	126147	P2B-SCM-100	129217	P2B-GTM-100	129423		129925	AN-GTM-06-100
207	30 mm	125926	P2B-SCM-30M	129049	P2B-GTM-30M	129424	P2B-GT-07 (207 SERIES)	129954	AN-GTM-07-30M
	1-3/16	126148	P2B-SCM-103	129218	P2B-GTM-103	129424		129926	AN-GTM-07-103
208	35 mm	125927	P2B-SCM-35M	136259	P2B-GTM-35M	129425	P2B-GT-08 (208 SERIES)	129958	AN-GTM-08-35M
	1-7/16	126810	P2B-SCM-107	129219	P2B-GTM-107	129425		129927	AN-GTM-08-107
209	40 mm	125928	P2B-SCM-40M	136260	P2B-GTM-40M	129426	P2B-GT-09 (209 SERIES)	129959	AN-GTM-09-40M
	1-1/2	126811	P2B-SCM-108	129220	P2B-GTM-108	129426		129928	AN-GTM-09-108
210	45 mm	125929	P2B-SCM-45M	136261	P2B-GTM-45M	129427	P2B-GT-10 (210 SERIES)	129960	AN-GTM-10-45M
	1-11/16	126812	P2B-SCM-111	129221	P2B-GTM-111	129427		129929	AN-GTM-10-111
211	1-3/4	126813	P2B-SCM-112	129222	P2B-GTM-112	129427		P2B-GT-11 (211 SERIES)	129930
	50 mm	125930	P2B-SCM-50M	136262	P2B-GTM-50M	129428	129961		AN-GTM-11-50M
	1-15/16	126814	P2B-SCM-115	129223	P2B-GTM-115	129428	129931		AN-GTM-11-115
212	2	126815	P2B-SCM-200	129224	P2B-GTM-200	129428	P2B-GT-12 (212 SERIES)	129932	AN-GTM-11-200
	55 mm	125931	P2B-SCM-55M	136263	P2B-GTM-55M	129429		129962	AN-GTM-12-55M
	2-3/16	126816	P2B-SCM-203	129225	P2B-GTM-203	129429		129933	AN-GTM-12-203
214	2-1/4	126817	P2B-SCM-204	129226	P2B-GTM-204	129429	P2B-GT-14 (214 SERIES)	129934	AN-GTM-12-204
	60mm			068071	P2B-GTM-60M	129430		064497	AN-GTM-14-60M
	65 mm	125932	P2B-SCM-65M	136264	P2B-GTM-65M	129430		129963	AN-GTM-14-65M
215	2-7/16	126618	P2B-SCM-207	129227	P2B-GTM-207	129430	P2B-GT-15 (215 SERIES)	129935	AN-GTM-14-207
	2-1/2	126819	P2B-SCM-208	129228	P2B-GTM-208	129430		129936	AN-GTM-14-208
216	70 mm	125933	P2B-SCM-70M	136265	P2B-GTM-70M	129431	P2B-GT-16 (216 SERIES)	129964	AN-GTM-15-70M
	2-11/16	126820	P2B-SCM-211	129229	P2B-GTM-211	129431		129937	AN-GTM-15-211
	75 mm	125934	P2B-SCM-75M	136266	P2B-GTM-75M	129453		129965	AN-GTM-16-75M
218	2-15/16	126821	P2B-SCM-215	129230	P2B-GTM-215	129453	P2B-GT-18 (218 SERIES)	129938	AN-GTM-16-215
	3	126822	P2B-SCM-300	129231	P2B-GTM-300	129453		129939	AN-GTM-16-300
218	85 mm	125935	P2B-SCM-85M	136267	P2B-GTM-85M	129454	P2B-GT-18 (218 SERIES)	129966	AN-GTM-18-85M
	3-7/16	126823	P2B-SCM-307	129232	P2B-GTM-307	129454		129940	AN-GTM-18-307
	3-1/2	126824	P2B-SCM-308	129233	P2B-GTM-308	129454		129941	AN-GTM-18-308



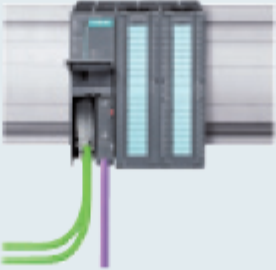
P2B Housings • Gehäuse • Paliers • Soportes • Sopporti
SCM, GTM Bearing Inserts • Lagereinsätze • Elements encastrés de roulement • Rodamientos • Cuscinetti



Series	kg	Dimensions in mm Abmessungen in mm Dimensions en mm Medidas en mm Misure in mm															
		A	A ₁	B	C	D		Bolt Bolzen Boulon Bullone F Ø	G	H	J	L	M	R	R ₁	S	S ₁
						min.	max.										
206	1.3	35.3	40.9	158.8	44.5	108.0	127.0	12.0	23.8	19.1	84.1	40.1	42.9	12.3	13.5	23.0	27.4
207	2.0	38.9	41.3	165.1	44.5	119.1	138.1	12.0	23.8	18.3	95.3	46.8	47.6	12.7	14.3	26.2	27.0
208	2.3	42.9	46.8	184.2	49.2	131.8	149.2	12.0	23.0	23.8	106.4	52.0	54.0	15.1	16.7	27.8	30.2
209	2.7	43.7	46.8	188.9	50.8	139.7	161.9	12.0	23.0	19.1	108.7	56.4	54.0	15.1	16.7	28.6	30.2
210	3.2	44.5	47.2	206.4	57.2	152.4	169.9	16.0	26.2	19.1	115.1	61.9	57.2	15.1	16.7	29.4	30.6
211	3.9	46.8	48.8	225.4	58.7	161.9	188.9	16.0	31.0	22.2	126.2	69.1	63.5	15.9	17.9	31.0	31.0
212	4.7	50.4	53.6	241.3	60.3	174.6	201.6	16.0	31.0	22.2	137.3	75.4	69.9	17.1	19.4	33.3	34.1
214	6.7	56.8	60.7	273.1	68.3	190.5	215.9	18.0	33.3	23.8	154.8	84.1	76.2	20.2	22.2	36.5	38.5
215	9.0	57.9	65.1	298.5	73.0	215.9	241.3	22.0	36.5	25.4	171.5	92.1	88.9	20.6	22.6	37.3	42.5
216	9.1	59.5	70.2	298.5	76.2	215.9	241.3	22.0	36.5	31.8	177.0	97.2	88.9	21.4	23.0	38.1	47.2
218	13.6	63.1	71.0	355.6	85.7	261.9	295.3	22.0	40.5	33.3	203.2	110.7	101.6	23.4	25.3	39.7	45.6



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION		PESES					PROPIEDADES	
	h	s	g	t	R	R1	cm ²	Kg/m	I _x	I _y	W _x	W _y		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³		
IPN 80	80	42	3.90	5.90	30.90	2.30	7.58	5.95	77	6.29	19.50	3.00		
IPN 100	100	50	4.50	6.80	4.50	2.70	10.60	8.32	171	12.20	34.20	4.88		
IPN 120	120	58	5.10	7.70	5.10	3.10	14.20	11.20	328	21.50	54.70	7.41		
IPN 140	140	66	5.70	8.60	5.70	3.40	18.30	14.40	573	35.20	81.90	10.70		
IPN 160	160	74	6.30	9.50	6.30	3.80	22.80	17.90	935	54.70	117.00	14.80		
IPN 180	180	82	6.90	10.40	6.90	4.10	27.90	21.90	1450	81.30	161.00	19.80		
IPN 200	200	90	7.50	11.30	7.50	4.50	33.50	26.30	2140	117.00	214.00	26.00		
IPN 220	220	98	8.10	12.20	8.10	4.90	39.60	31.10	3060	162.00	278.00	33.10		
IPN 240	240	106	8.70	13.10	8.70	5.20	46.10	36.20	4250	221.00	354.00	41.70		
IPN 260	260	113	9.40	14.10	9.40	5.60	53.40	41.90	5740	288.00	442.00	51.00		
IPN 300	300	125	10.80	16.20	10.80	6.50	69.10	54.20	9800	451.00	653.00	72.20		
IPN 340	340	137	12.20	18.30	12.20	7.30	86.80	68.10	15700	647.00	923.00	98.40		
IPN 360	360	143	13.00	19.50	13.00	7.80	97.10	76.20	19610	818.00	1090.00	114.00		
IPN 400	400	155	14.40	21.60	14.40	8.60	118.00	92.60	29210	1160.00	1460.00	149.00		
IPN 450	450	170	16.20	24.30	16.20	9.70	147.00	115.00	45850	1730.00	2040.00	203.00		
IPN 500	500	185	18.00	27.00	18.00	10.80	180.00	141.00	68740	2480.00	2750.00	268.00		
IPN 550	550	200	19.00	30.00	19.00	11.90	213.00	167.00	99180	3490.00	3610.00	349.00		

No. de Depósito	Descripción	
		
	SIMATIC S7-300 modular	
	Unidades Centrales CPU's	
100017490	6ES7312-5BE03-0AB0	CPU 312C, CPU compacta con MPI, alimentación 24Vdc, 10DI 24Vdc/6DO 24Vdc, 32KB Memoria de trabajo. Requiere micro memory card y 1 x conector 40 polos.
100017491	6ES7313-5BF03-0AB0	CPU 313C, CPU compacta con MPI, alimentación 24Vdc, 24DI 24Vdc/16DO 24Vdc, 64KB Memoria de trabajo. 4AI/2AO, 1 PT100, 3 contadores(30 khz), requiere micro memory card y 2 x conector 40 polos
100017493	6ES7313-6CF03-0AB0	CPU 313C-2DP, CPU compacta con 1xMPI + 1xDP, alimentación 24Vdc, 16DI 24Vdc/16DO 24Vdc, 64KB Memoria de trabajo., 3 contadores(30 khz), requiere micro memory card y 1 x conector 40 polos.
100033844	6ES7314-1AG14-0AB0	CPU 314 con 1x MPI, 128KB memoria de trabajo, alimentación 24Vdc, requiere micro memory card. (Reemplaza referencia 6ES7314-1AG13-0AB0)
100017489	6ES7314-6CG03-0AB0	CPU 314C-2DP, CPU compacta con 1xMPI + 1xDP, alimentación 24 Vdc, 24 ED/16 SD, 4EA, 96KB Memoria de trabajo. 2SA, 1 PT100, 4 contadores(60 khz), requiere micro memory card y 2 x conector 40 polos.
100151513	6ES7314-6EH04-0AB0	CPU 314C-2PN/DP, CPU Compacta, 1xMPI/DP(12Mbps) y 2xPN/ETHERNET con funcionalidad de switch. 192KB memoria de trabajo, 24ED/16SD, 4EA, 2SA, 1 PT100. 4 contadores (60KHz). Requiere micro memory card y 2 x conector 40 polos.
100017525	6ES7315-2AH14-0AB0	CPU 315-2DP 1xMPI y 1XDP (maestro/esclavo), alimentación 24Vdc, 256KB memoria de trabajo, requiere micro memory card. (Reemplaza referencia 6ES7315-2AG10-0AB0).
100041486	6ES7315-2EH14-0AB0	CPU 315-2 PN/DP con 1xMPI/DP 12 Mbps y 2x PN/ETHERNET con funcionalidad de switch, 384KB Memoria de trabajo. Requiere micro memory card. (Reemplaza Ref Nº 6ES7315-2EH13-0AB0)
100017428 ¹⁾	6ES7317-2AJ10-0AB0	CPU 317-2DP alimentación 24Vdc, 2 interface MPI/DP 12MBIT/S, 512KB Memoria de trabajo. Interface DP Maestro/Esclavo. Requiere micro memory card.

AT SERIES INDUCTIVE PROXIMITY SENSORS



M30 (30mm) metal – DC

- 24 models available
- Standard and extended distance models available
- 2-wire and 3-wire models
- Axial cable or M12 quick-disconnect models
- LED status indicators are visible 360° around the cylinder
- Complete overload protection
- IP67 rated

AT Series M30 DC Inductive Prox Selection Chart

Part Number	Price	Sensing Range	Housing	Output State	Logic	Connection	Wiring	Dimensions
Standard Distance								
AT1-AN-1A	↔	10mm (0.394in)	Shielded	N.O.	NPN	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AP-1A	↔				PNP	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AO-1A	↔				Sink/source	2m (6.5) axial cable	Diagram 2	Figure 1
AT1-AN-1H	↔				NPN	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AP-1H	↔				PNP	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AO-1H	↔				Sink/source	M12 (12mm) connector	Diagram 2	Figure 2
AT1-AN-2A	↔	15mm (0.591in)	Unshielded	N.O.	NPN	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AP-2A	↔				PNP	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AO-2A	↔				Sink/source	2m (6.5) axial cable	Diagram 2	Figure 1
AT1-AN-2H	↔				NPN	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AP-2H	↔				PNP	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AO-2H	↔				Sink/source	M12 (12mm) connector	Diagram 2	Figure 2
Extended Distance								
AT1-AN-3A	↔	15mm (0.591in)	Shielded	N.O.	NPN	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AP-3A	↔				PNP	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AO-3A	↔				Sink/source	2m (6.5) axial cable	Diagram 2	Figure 1
AT1-AN-3H	↔				NPN	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AP-3H	↔				PNP	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AO-3H	↔				Sink/source	M12 (12mm) connector	Diagram 2	Figure 2
AT1-AN-4A	↔	20mm (0.787in)	Unshielded	N.O.	NPN	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AP-4A	↔				PNP	2m (6.5) axial cable	Diagram 1	Figure 1
AT1-AO-4A	↔				Sink/source	2m (6.5) axial cable	Diagram 2	Figure 1
AT1-AN-4H	↔				NPN	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AP-4H	↔				PNP	M12 (12mm) connector	Diagram 1	Figure 2
AT1-AO-4H	↔				Sink/source	M12 (12mm) connector	Diagram 2	Figure 2

Dimensions

Figure 1

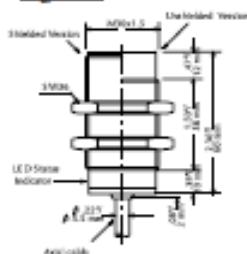
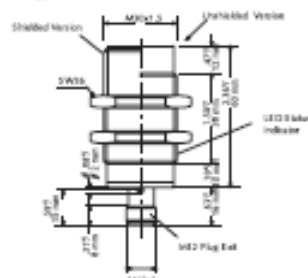


Figure 2



Cables and accessories

Cables and accessories can be found starting on page 17-48.

Breakers de caja moldeada SENTRON 3VL

Capacidad de interrupción (Icu) normal: 65 kA/240 VAC y hasta 35 kA/440 VAC
Aplicación a nivel industrial, comercial y residencial.

No. de Depósito	Descripción	Regulación (A)		Capacidad de Interrupción (kA)		
		Térmica	Magnética	240 VAC	440 VAC	690 VAC
Breakers fijos, serie SENTRON 3VL160X						
Con unidad de disparo termomagnética fija, capacidad de interrupción normal						
5086665	3VL1796-1DA33-0AA0	16	300	65	25	8
5086657	3VL1702-1DA33-0AA0	20	300	65	25	8
5132107	3VL1725-1DA33-0AA0	25	300	65	25	8
5086656	3VL1703-1DA33-0AA0	32	300	65	25	8
5086654	3VL1704-1DA33-0AA0	40	600	65	25	8
5132109	3VL1705-1DA33-0AA0	50	600	65	25	8
5100046	3VL1706-1DA33-0AA0	63	600	65	25	8
5100388	3VL1708-1DA33-0AA0	80	1000	65	25	8
5132110	3VL1710-1DA33-0AA0	100	1000	65	25	8
5073307	3VL1712-1DA33-0AA0	125	1000	65	25	8
5132111	3VL1716-1DA33-0AA0	160	1600	65	25	8
Breakers con disparador de sobrecarga regulable, serie SENTRON 3VL						
Con unidad de disparo termomagnética regulable, capacidad de interrupción normal						
A partir de 200 A, el precio no incluye terminales, ver página 4-22.						
5070701	3VL1702-1DD33-0AA0	16 - 20	300	65	25	18
5070702	3VL1703-1DD33-0AA0	25 - 32	300	65	25	18
5070704	3VL1704-1DD33-0AA0	30 - 40	600	65	25	18
5070705	3VL1705-1DD33-0AA0	40 - 50	600	65	25	18
5070706	3VL1706-1DD33-0AA0	50 - 63	600	65	25	18
5070707	3VL1708-1DD33-0AA0	63 - 80	1000	65	25	18
5070708	3VL1710-1DD33-0AA0	80 - 100	1000	65	25	18
5071018	3VL1712-1DD33-0AA0	100 - 125	1000	65	25	18
5070709	3VL1716-1DD33-0AA0	125 - 160	1600	65	25	18
5027114	3VL3720-1DC36-0AA0	160 - 200	1000 - 2000	65	25	25
5027116	3VL3725-1DC36-0AA0	200 - 250	1200 - 2500	65	25	25
5027117	3VL4731-1DC36-0AA0	250 - 315	1575 - 3150	65	35	25
5027119	3VL4740-1DC36-0AA0	315 - 400	2000 - 4000	65	35	25
5027120	3VL5750-1DC36-0AA0	400 - 500	2500 - 5000	65	35	25
5027121	3VL5763-1DC36-0AA0	500 - 630	3250 - 6500	65	35	25



Octubre-99

S
División de Industria
Departamento de Diseño

TABLA DE CAPACIDADES EN SISTEMAS DE BARRAS DE COBRE

ANCHO X ALTO (MILIMETROS)	AISLADOR Resina Colada (Tipo CB)	AREA (Milímetros cuadrados)	PESO (Kg/m)	CAPACIDAD DE CORRIENTE AL TERNA 60HZ (Amperios)											
				SIN PINTAR				PINTADAS DE NEGRO MATE				PINTADAS DE NEGRO MATE			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
15X3	1009	44.5	0.396	162	282	361	381	187	316	381	381	187	316	381	381
25X3	1009	74.5	0.663	245	412	488	488	287	470	525	525	287	470	525	525
30X5	1009	149	1.33	379	672	886	886	447	760	844	844	447	760	844	844
40X5	1015	199	1.77	482	836	1090	1090	573	952	1140	1140	573	952	1140	1140
40X10	1015	399	3.55	715	1290	1770	2280	850	1470	2000	2580	850	1470	2000	2580
50X10	1030	499	4.44	852	1510	2040	2600	1020	1720	2320	2950	1020	1720	2320	2950
60X10	1030	599	5.33	985	1720	2300	2900	1180	1960	2610	3280	1180	1960	2610	3280
80X10	1030	799	7.11	1240	2110	2790	3450	1500	2410	3170	3980	1500	2410	3170	3980
100X10	FIBRA	999	8.89	1490	2480	3260	3980	1810	2850	3720	4530	1810	2850	3720	4530
120X10	FIBRA	1200	10.7	1740	2880	3740	4500	2110	3280	4270	5130	2110	3280	4270	5130

* Los sistemas de 3 o 4 barras deberán ser soportados por fibras aislantes tipo GLASTIC Grado UTR. En casos especiales favor consultarnos.

Tabla de capacidad en corriente en régimen continuo para barras de cobre para interiores.

Temperatura de ambiente = 35°C temperatura de barras = 65°C.

Posición de las barras: vertical, distancia mínima: ancho de barras.

- 1) Valores según DIN 43671, parte 3, Tabla 1.
- 2) Material E-Cu según DIN 40500 parte 3.
- 3) Los valores indicados no aparecen en la tabla DIN, se calcula con base en el valor más cercano.

Elaboró: C. Romero
Revisó: V. Ramos

ANEXO G

**LISTADO DE
MATERIALES
MECANICOS
UTILIZADOS.**

Pág. 1 de 2

Cantidad	Unidad	Datos de compra
6	UN	Perfil laminado IPN 140 X 6m
12	UN	Perfil laminado HEB 160 X 6m
12	UN	Perfil laminado UPN 160 X 6m
120	UN	Pernos completos 5/8 X 2 1/2"
2	UN	Broca para acero 5/8"
2	UN	Broca para acero 3/8"
20	UN	Eje SAE 1020 60mm diámetro cortados en 700 mm
180	UN	Pernos completos 5/8 X 2 1/2"
88	UN	Catalinas 120 B17
105	MTS	Cadena simple 120
50	UN	Candado simple para cadena 120
40	UN	Rodamiento 61910 (Ø interior 50mm; Ø exterior 72mm)
32	UN	Rodamiento 7306 BECBP (Ø interior 30mm; Ø exterior 72mm)
32	UN	Rodamiento 7307 BECBP (Ø interior 35mm; Ø exterior 72mm)
32	UN	Barra perforada de acero Ø interior 56mm; Ø exterior 100mm CORTADOS EN 260 mm
32	UN	EJE SAE 1020 DE 1 3/4" CORTADOS EN PEDAZOS DE 360 mm
21	UN	Eje SAE 1020 60 mm diámetro cortados en 700 mm
4	UN	Eje SAE 1020 70 mm de diámetro de 6000 mm de longitud
40	UN	Eje SAE 1020 2-1/4 pulg de diámetro cortados en 13cm de longitud
8	UN	Broca Tubular de Diamante de 1" Milwaukee Largo 8"
60	UN	Chumacera de Piso P2B-5CM-60M
20	UN	Chumacera de Piso P2B-5C-70M
20	UN	Chumacera de Piso F4B-5C-70M
1	UN	Barra Perforada de Bronce SAE 40 de 4 1/2" x 3" de 60" de longitud
29	UN	Acople Grilla Completo (2 manzanas 1 Cobertor) 1070T
29	UN	Motorreductor Lineal 1.5 HP 1800RPM 220V
6	UN	Broca para concreto 3/4" X 8"
100	UN	Perno de anclaje de expansión tipo cuña 3/4" x 5 1/2"
8	UN	Chumacera de piso P2B SC 60M
4	UN	Acople tipo grilla 1070 T completos(2manzanas y carcasa)
40	UN	Rodamiento 61910 (Ø interior 50mm; Ø exterior 72mm)
50	UN	Anillos de retención tipo DSR para exteriores eje de 50mm
130	UN	Pernos completos 3/4 X 3"
300	UN	Pernos completos 5/8 X 2 1/2"
24	UN	Epóxido T308+
100	UN	Pernos completos 5/8 X 2 1/2"
4	UN	Fresa Anular de 3/4"
10	UN	Tornillo M4 x 1" rosca corrida según muestra
18	UN	Perno Completo de M8 x 1" rosca corrida
15	UN	Perno Completo de 1/4" x 1 1/2" rosca corrida
12	UN	Perno Completo de 5/16" x 1 1/2" Rosca corrida
20	UN	Tornillo para perno de 3/16
20	UN	Perno completo de 3/16" x 2" Rosca completa
190	UN	Perno de 3/8" x 2" Rosca corrida (completo)
60	UN	Prisionero 3/8" x 1/2"
50	UN	Anillos de retención para eje de 50 mm (anillo de exteriores) 8
85	UN	Perno de 3/8" x 1" rosca corrida (perno completo)
80	UN	Pernos 1/4" x 1 1/2"
17	MTS	Barra Roscada de 3/4"

ANEXO G		LISTADO DE MATERIALES MECANICOS UTILIZADOS.	Pág. 2 de 2
Cantidad	Unidad	Datos de compra	
160	UN	Tuercas de 3/4"	
5	UN	Broca Tubular de Diamante de 3/4" Milwaukee Largo	
4	UN	Motorreductor Lineal de 5Hp 1800rpm/200v/FS>=2	
1	UN	Motorreductor Lineal 6MSx1,5Hp/1800rpm/200V	
130	UN	Pernos Complejos 1/2" x 2"	
8	UN	Pernos Parquer M5 x 3 x 1" de rosca	
8	UN	Pernos Parquer M5 x 4,5" 1" de rosca	
1	UN	Machuelo 3/16"	
1	UN	Machuelo M5	
130	UN	Arandelas para perno de 1/2"	
30	UN	Arandelas de presión para perno 1/2"	
3	GAL	Pintura verde	
40	UN	Tornillo 5/32 x 1,5" Completo	
90	UN	Tuercas 3/4 (para perno de 3/4)	
90	UN	Arandelas planas para perno de 3/4	
90	UN	Arandelas de presión para perno de 3/4	
4	UN	Pernos Completos 3/4 x 3,5"	
100	UN	Prisioneros 3/8 x 1"	
1	UN	Pistola para Epóxico de dos diámetros (para Epóxico de 10007)	
10	UN	Rodamiento F306 int 30mm ext. 72mm	
10	UN	Rodamiento 7307 int 35mm ext. 72 mm	
20	UN	Prisionero 3/8 x 1/2	
6	UN	Tubo de Acero Inoxidable 1" (CED 80)	
6	UN	Unión de 1" NPT roscable acero inoxidable (CED 80)	
6	UN	Universal 1" NPT roscable acero inoxidable (CED 80)	
9	UN	Codos soldable 1" acero Inoxidable (CED 80)	
9	UN	T de 1" Acero Inoxidable (CED 80) Soldable	
5	UN	Llave de media vuelta de 1"	
10	UN	Bushing 1" a 3/8"	
14	UN	Teflón	
35	UN	Pernos de expansión (Anclaje) 3/4" x 5 1/2"	
310	LTR	Aceite ISO VG32 (32cSZ a 40°)	
1	UN	Antorcha de Oxicorte	
1	UN	Machuelo 3/8"	
30	UN	Pernos completos 18 mm x 3"	
50	UN	Pernos completos 1" x 3,5"	
10	MTS	Cadena de rodillos simple 120	
30	UN	Tuerca de 18mm	
30	UN	Arandelas de presión para perno 18mm	
30	UN	Arandelas planas para perno 18mm	
50	UN	Tuerca para perno de 1"	
50	UN	Arandelas de presión para perno de 1"	
50	UN	Arandelas plana para perno de 1"	
20	UN	Perno completo de 1/2" x 2"	
16	UN	Pernos completos 3/4" x 4 1/2"	
25	UN	Pernos 3/8 x 2" rosca completo	

ANEXO H		LISTADO DE MATERIALES ELÉCTRICOS UTILIZADOS.	Pág. 1 de 2
Cantidad	Unidad	Datos de compra	
3	UN	PM240 modulo de potencia estándar 6SL3224-0BE31-1UA0 (15HP Par constante)	
5	UN	Panel operador BOP 6sl3255-0aa00-4ca1 (para sinamics G120)	
5	UN	Kit para montar en puerta IOP 6sl3256-0ap00-0ja0	
5	UN	Cu240 control units-profibus 6sl3244-0bb00-1pa1	
2	UN	PM240 modulo de potencia estándar 6SL3224-0BE31-8UA0 (25HP Par constante)	
1	UN	PIC simatic CPU S7 313C 6es7 313-5bf03-0ab0	
1	UN	Simatc s7300 stabilized power supply	
1	UN	Micro memory card 64 kbytes 6es7 953-8lf20-0aa0	
29	UN	Circuit breaker sz s00 3rv2011-1da10	
2	UN	Circuit breaker s3 3rv1041-4ja10	
3	UN	Circuit breaker s2 3rv1031-4ha10	
6	UN	Fusible sitor tamaño 1 63a 3ne4218	
9	UN	Fusible sitor tamaño 1 50a 3ne4217	
5	UN	Fuse-switches-disconnector 3np4270-0ca01	
3	UN	Sinamics line reactor 15kw 6sl3203-0cd23-5aa0	
2	UN	Sinamics line reactor 22kw 6sl3203-0cj24-5aa0	
1	UN	Sexionador de línea	
1	UN	Simatic S7-300 CPU313c-2DP 6ES7313-6C604-0AB0	
1	UN	Simatic s7-300 stabilized power supply p5307 6e	
29	UN	Circuit breaker s7 500 3rv2011-1da10	
1	UN	Simatic s7 micro memory card 64kbytes 6es7 953-8lf20-0aa0	
7	UN	Canaleta Plastica Ranurada Con Tapa VD-7 40mm x60mmx2m	
3	UN	Riel Din 35mm x 2m	
3	UN	gabinete metálico de 40 cm BASE x 55cm alto x 20cm profundidad	
50	UN	Bornera 3044076 ut 2,5 poenix	
10	UN	Tapa final para bornera ut 2,5 poenix	
10	UN	Aisladores Serie DB (30mm DE ALTURA)	
3	MTS	Barra de cobre de 1" x 3/16"	
3	UN	Repartidores Tetrapolares Marca Legrand ref.: 048 88	
1	UN	Repartidores Tetrapolares Marca Legrand ref.: 048 84	
4	UN	Ventiladores	
12	UN	Aisladores de ø20mm y 35 mm De Alto	
100	UN	Terminales de Compresión #8AW6 (Sc 10-8)	
100	UN	Terminales de Compresión #6AW6 (Sc 10-6)	
50	UN	Terminal tipo Pin AW6 #8	
50	UN	Terminal tipo argolla aw6 #8	
50	UN	Terminal tipo Pin AW6 #6	
50	UN	Terminal tipo argolla aw6 #6	
200	UN	Terminal tipo PIN AW6 #10	
200	UN	Terminal tipo pin aw6 #14	
200	UN	Terminal tipo pin aw6 #12	
200	UN	Terminal de Compresión #4AGW6 (SC 95-12)	
15	UN	Terminal de Compresión para 2/0	
9	UN	Terminal Tipo Argolla para 2/0	
2	UN	Breakers regulable de caja moldeadora (175A) 3Ø	
1	UN	Breakers regulable de caja moldeadora (250A) 3Ø	
4	UN	Ventilador/ extractor tipo hélice 300 x 300 mm	

ANEXO H		LISTADO DE MATERIALES ELÉCTRICOS UTILIZADOS.	Pág. 2 de 2
Cantidad	Unidad	Datos de compra	
1	UN	Repartidor tetrapolar Legrand 04888	
2	UN	Final de carrera XCBKD2110P16 Telemétrico	
2	UN	Rollos de Cinta Doble (DEXSON)	
1	UN	Base para montaje en riel para simatic s7 - 300 cpu 313c-20p	
1	UN	Base para montaje en riel para simatic s7-300 power suply	
70	UN	Conectores Bx de 1/2"	
3	UN	Gabinete Metálico 300x300x150	
4	UN	Guardamotores S00 3RV2011 - 13A10 (catalogo Siemes) Regulación (7'-10)A	
25	MTS	CABLE 4/0 AWG THHW SUPERFLEX	260A (Alimentador primario)
10	MTS	CABLE 6 AWG THW SUPERFLEX	65A (Entrada a variadores de 25Hp)
20	MTS	CABLE 8 AWG THW SUPERFLEX	50A (Entrada a variadores de 15Hp)
1000	MTS	CABLE 10 AWG THHW SUPERFLEX	40A (salida variadores 1,2,4,5)
250	MTS	CABLE 14 AWG THHW SUPERFLEX	25A (salida variador 3)
150	MTS	Manguera negra flexible 3/4"	
16	MTS	Manguera negra flexible 4"	
500	MTS	Cable sucre 10x3awg	
70	MTS	Cable flexible #4awg thhw superflex	
80	MTS	Cable 2/0 superflex	
10	UN	Cable superflex #6	
400	MTS	CABLE 10 AWG THHW SUPERFLEX	(rollo)
100	MTS	Cable sucre 3x10 awg flexible	
100	MTS	Manguera flexible bx de 1/2"	
8	UN	Sensor inductivo at1/ap-1h	

ANEXO I		LISTADO DE MATERIALES NEUMATICOS UTILIZADOS.	Pág. 1 de 1
Cantidad	Unidad	Datos de compra	
11	UN	electroválvula 5-2 vías de 1/4" retorno por resorte	
22	UN	racor codo l 8mm a 1/4"	
44	UN	racor codo l 8mm a 3/8"	
22	UN	racor te central 8mm	
11	UN	racor recto 8mm a 1/4"	
11	UN	bobina 22 d8 ba 2w-24vdc desde 1/8 a 1/4	
11	UN	ficha de conexión bobina 22 std	
7	UN	cilindro neumático diámetro 63 carrera 200 con horquilla para vástago, con basculante y base	
10	UN	cilindro neumático diámetro 80 carrera 100 con horquilla para vástago, con basculante y base	
2	UN	cilindro neumático diámetro 63 carrera 150 con horquilla para vástago, con basculante y base	
1	UN	válvula reguladora de presión mcd5-sp/51n	
5	UN	charnela macho para cilindro neumático 63 (mod ba)	
10	UN	charnela macho para cilindro neumático 80 (mod ba)	
160	MTS	manguera poliuretano 8 x 1,25 mm azul	
160	MTS	manguera poliuretano 10 x 1,5 mm azul	
1	UN	filtro regulador + lubricador 300 1" 50 micras purga automática (0-12 bar)	
5	UN	conector codo metálico 10-3/8 (racores)	
5	UN	conector recto 10-3/8 (racores)	

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollarlo por los señores David Alejandro Benalcazar Cabezas y Andrés Felipe Miño Torres bajo mi supervisión.

ING. FREDDY SALAZAR
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. GUIDO TORRES
COORDIRECTOR DEL PROYECTO

ING. WILSON SÁNCHEZ
DIRECTOR CARRERA

DR. RODRIGO VACA CORRALES
SECRETARIO ACADÉMICO