

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADA A CADENAS TRANSPORTADORAS DE BOTELLAS PET DEL SISTEMA DE EMBOTELLADO PLANTA LOCAL – AREQUIPA.

Tesis presentada por Bachiller:

MIGUEL ANGEL NUEVO CENTENO

**Para optar el Grado Académico de
INGENIERO ELECTRICISTA.**

**Asesor: Dr. Mikhail Venancio Carcausto
Tapia**

AREQUIPA - PERÚ

2021

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a Dios sobre todos los logros obtenidos, a mis padres, por el esfuerzo y la confianza que tuvieron durante toda mi carrera.

Agradezco a mis formadores personales, personas de gran sabiduría, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro, sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos, como culminar el desarrollo de mi tesis y un prometedor futuro profesional.

A TODOS USTEDES, ¡MUCHAS GRACIAS!!!

DEDICATORIA

A Dios, por los momentos y las cosas hermosas que siempre me dio, por darme las fuerzas para seguir adelante y nunca dejarme solo en mí andar.

A mis Padres, Manuel y Carmen, quienes son mi ejemplo a seguir y las gracias infinitas por su apoyo en todo momento.

A mi bella Rosaura porque sin su apoyo incondicional y su motivación no lo hubiera logrado.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
TABLA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 Justificación	3
1.3.1.1 Justificación teórica	3
1.3.1.2 Justificación práctica.....	3
1.3.1.3 Justificación social.....	4
1.3.2 Importancia	4
1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.5 VARIABLES	4
1.5.1 Variable Independiente	4
1.5.2 Variable dependiente	4
1.6 ESTADO DEL ARTE.....	4
1.7 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.7.1 Tipo de investigación.....	8

1.7.2 Nivel de investigación	8
1.8 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.8.1 Método de la investigación	8
1.8.2 Diseño de la investigación	9
1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	10
1.9.1 Técnicas	10
1.9.2 Instrumentos.....	10
1.10 COBERTURA DEL ESTUDIO	10
1.10.1 Universo.....	10
1.10.2 Muestra	10
 CAPÍTULO II.....	 11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. MOTOR DE INDUCCIÓN	11
2.1.1 Partes principales de las máquinas de inducción	11
2.1.2 Máquina de inducción (rotor bobinado)	12
2.1.3 Motor de inducción con rotor de jaula de ardilla.....	13
2.1.4 Motor de rotor de doble jaula	13
2.1.5 Clasificación NEMA de los motores de inducción.....	14
2.1.6 Motores de inducción de jaula de ardilla clase A	16
2.1.7 Motores de inducción de jaula de ardilla clase B	16
2.1.8 Motores de inducción de jaula de ardilla clase C	17
2.1.9 Motores de inducción de jaula de ardilla clase D	18
2.1.10 Motores de inducción de jaula de ardilla de clase F.....	18
2.1.11 Motor síncrono de inducción (polifásico de reluctancia)	19
2.2 CAJAS REDUCTORAS.....	19
2.3 CAJAS CON TRENES DE ENGRANAJES FIJOS	20
2.3.1 Cajas con trenes de engranajes planetarios.....	21
2.4 SERVOMOTOR	22
2.4.1 Servomotores eléctricos	23
2.4.2 Servomotores eléctricos de gran potencia	24
2.4.3 Servomotores neumáticos	24
2.4.4 Servomotores hidráulicos	25
2.5 HARDWARE	33

CAPÍTULO III.....	45
ANÁLISIS DEL MODELO ACTUAL	45
3.1. INTRODUCCIÓN	45
3.2 MODELAMIENTO ACTUAL.....	45
3.2.1. Estructura y el funcionamiento actual de la línea Zegla.....	45
3.2.1.1 Proceso productivo de la Bebida Gasificada	45
3.2.1.2 Descripción del funcionamiento de la línea Zegla.....	46
3.2.1.3 Estructura eléctrica del control de los transportadores	50
3.3 PARÁMETROS DEL MODELO ACTUAL.....	56
3.3.1 Especificación Técnica	56
3.3.2 Consumos de potencias mecánicas - eléctricas, corriente eléctrica de moto reductores y variadores.....	57
3.4 DIAGNOSTICO ENERGÉTICO Y FUNCIONAL DE LA ACTUAL LÍNEA ZEGLA.....	62
 CAPÍTULO IV.....	 65
EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADA A CADENAS TRANSPORTADORAS DE BOTELLAS PET DEL SISTEMA DE EMBOTELLADO PLANTA LOCAL – AREQUIPA	 65
4.1 INTRODUCCIÓN	65
4.2 MODELO DE LA TOPOLOGÍA ELÉCTRICA PROPUESTA.....	65
4.3 SELECCIÓN DE SERVOMOTORES POR POTENCIA, TORQUE Y RANGOS DE VELOCIDAD.	69
4.4 PARÁMETROS DE MODELO PROPUESTO	73
4.4.1 Accionamiento Mecatrónico Movigear	74
4.4.2 Datos Técnicos.....	76
4.4.3 Valores de equipo de reemplazo	76
4.5 SELECCIÓN DE CABLES Y CONECTORES.....	79
4.5.1 Cables de comunicación de red	80
4.5.2 Selección del controlador para modo de instalación SNI.....	82
4.5.3 Selección de Gateway	86
4.6 PROGRAMACIÓN DE LOS SERVOMOTORES EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	89
4.7 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL MODELO PROPUESTO	92

CAPÍTULO V	93
DISCUSIÓN	93
5.1 INTRODUCCIÓN	93
5.2 CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL Y PROPUESTO.	93
5.3 FUNCIONABILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN SISTEMA PROPUESTO	95
5.4 PROYECCIÓN AHORRO EN EL COSTO DE CONSUMO ACTUAL Y PROPUESTO	99
5.4.1 Evaluación del costo de implementación y retorno de inversión	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de los motores comerciales de inducción jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación NEMA. (A, B, C, D).....	15
Tabla 2 Velocidades de llenado y recetas Línea Zegla.....	48
Tabla 3 Relación de Motores y variadores de velocidad	57
Tabla 4 Estimación de carga.....	60
Tabla 5 Cálculos Potencia Instalada para Motores y Variadores.....	61
Tabla 6 Consumo energético total de la línea Zegla.....	64
Tabla 7 Valores de trabajo y valores nominales del motoreductor	71
Tabla 8 Datos técnicos generales MOVIGEAR	76
Tabla 9 Tabla de valores de equipos de reemplazo	77
Tabla 10 Cables de Comunicación	82
Tabla 11 Valores Equipos Movifit	86
Tabla 12 Datos técnicos Gateway.....	88
Tabla 13 Cuadro Comparativo Ahorro Energético	94
Tabla 14 Comparación de Costos de Componentes	96
Tabla 15 Eficiencia de los Accionamientos.....	98
Tabla 16 Consumo de Energía Anual	99
Tabla 17 Proyección de horas producidas (2021-2022) y Ahorro en soles proyectado.....	100
Tabla 18 Costo de la Inversión	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Topología convencional de instalación	6
Figura 2 Estator de un motor de inducción.....	12
Figura 3 Laminaciones de los rotores según la clasificación NEMA.....	15
Figura 4 Características Par - Velocidad para los motores según NEMA.....	17
Figura 5 Chapa de una jaula de ardilla clase F	18
Figura 6 Caja engranajes de 3 etapas y ejes perpendiculares.....	20
Figura 7 Reductor de 3 etapas y ejes paralelos.....	21
Figura 8 Reductor planetario o epicicloidal.....	22
Figura 9 Servomotores de pequeña potencia.....	23
Figura 10 Servomotores eléctricos de gran potencia.....	24
Figura 11 Servomotores neumáticos.....	25
Figura 12 Servomotores hidráulicos.....	26
Figura 13 Servomotor de 360°.....	27
Figura 14 Componentes internos de un servomotor.....	28
Figura 15 Pines de conexión de un servomotor.....	29
Figura 16 Conexión de servomotor con Arduino.....	30
Figura 17 MOVIGEAR MGFT.2 con conexión de fijación TorqLOC y un MOVIGEAR MGFA.4A y un MGFA.4/ET con eje hueco y chaveta.....	32
Figura 18 MOVIGEAR MGFAS2-DSM-DSCB / ECR operación.....	33
Figura 19 Instalación centralizada y descentralizada.....	34
Figura 20 Motorreductor SEW-gusano.....	35
Figura 21 Comunicación centralizada y descentralizada MOVIGEAR.....	36
Figura 22 Comunicación SIN.....	37
Figura 23 Tablero de mando y control.....	38
Figura 24 Variador de velocidad.....	39
Figura 25 Funcionamiento de un variador de Frecuencia.....	40
Figura 26 Fórmula de la velocidad síncrona de motor.....	41
Figura 27 Diagrama de proceso productivo para línea Zegla.....	49
Figura 28 Vista General de la Línea de Producción	50

Figura 29 Estructura eléctrica.....	51
Figura 30 Diagrama configuración en el tablero Macro.....	53
Figura 31 Parte física tablero.....	54
Figura 32 Variador de Velocidad.....	55
Figura 33 Placa típica de un motoreductores marca SEW Eurodrive.....	56
Figura 34 Gancho marca Fluke 376FC.....	58
Figura 35 Consumo total de toda la línea Zegla.....	63
Figura 36 Topología de red de unidades alimentadas y controladas desde el HMI.....	68
Figura 37 Selección preliminar de catálogo del fabricante de los movigears.....	72
Figura 38 Conexión modelo propuesto.....	74
Figura 39 Placa.....	74
Figura 40 Motor electrónico DRC.....	78
Figura 41 Datos técnicos del motor electrónico DRC.....	78
Figura 42 Cable de conexión de motor TOPFLEX-EMV-UV-2XSLCYK-J.....	79
Figura 43 Representación de la sección transversal para el cable de comunicación para modo de control SIN. .	80
Figura 44 Dispositivo Movifit FDC.....	83
Figura 45 MOVIFIT-SIN en la versión Hygienic ^{plus}	83
Figura 46 Datos técnicos y dimensiones.....	84
Figura 47 Gateway de comunicación UFF41B/UOH21B.....	87
Figura 48 Configuración del Hardware del PLC.....	89
Figura 49 Bloque de programación.....	90
Figura 50 Programación del PLC.....	91
Figura 51 Ahorro de Energía.....	97
Figura 52 Ahorro de energía.....	97
Figura 53 Consumo de energía anual.....	99

TABLA DE ABREVIATURAS

SIN	: Single line network installation
PLC	: Controlador lógico programable
HMI	: Interfaz hombre Maquina
PET	: Polietileno tereftalato
KWH	: Kilovatio hora
KVARH	: Kilo voltio amperio hora
IP	: Ingress Protection
MPI	: Interfaz de paso de mensaje
DP	: Periféricos descentralizados
PA	: Automatización de procesos
KOP	: Esquema de contactos
FUP	: Lenguaje de programación grafico
AWL	: Lenguaje de programación textual
CO2	: Anhídrido carbónico
ISO	: Organización de estándares internacionales
EMI	: Interferencia Electromagnética
DC	: Corriente continua
AC	: Corriente alterna

RESUMEN

El presente proyecto titulado, Eficiencia energética aplicada a cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado Planta Local – Arequipa, consistió en un análisis de las instalaciones eléctricas de los motorreductores eléctricos de la banda transportadora de la línea 3 de llenado de la planta embotelladora, para de esta manera proponer la opción de conversión empleando tecnología mecatrónica de marca SEW Eurodrive y la gama Movigear. En la actualidad la mejora de la eficiencia energética se ha convertido en una gran necesidad; es por ello que esta investigación tiene como objetivo principal definir la eficiencia energética aplicada a cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado Planta local – Arequipa. Para la investigación se emplearon paquetes de software industrial, como el SIMATIC S7, de la marca SIEMENS, y se realizó el cálculo de retorno simple ya que es el apropiado para la evaluación de la rentabilidad en proyectos con retornos menores a los 2 o 3 años; estimándose un retorno de la inversión en 9 meses. Para llevar a cabo los objetivos de la presente investigación, los capítulos han sido organizados de la siguiente manera: Capítulo I: En este capítulo se describe la Problemática, Definición del problema, Planteamiento del problema, Objetivos de la investigación, Justificación e importancia de la investigación, Hipótesis de la investigación, Variables, Estado del arte, Tipo y nivel de la investigación, método y diseño de la investigación y las Técnicas e instrumentos de la recolección de la información. Capítulo II: Se describe el Marco Teórico necesario para la elaboración de la investigación. Capítulo III: Se realiza un Análisis del modelo actual. Capítulo IV: Se describe la Eficiencia energética aplicada a cadenas transportadoras de botellas PET del sistema de embotellado Planta Local – Arequipa. Capítulo V: Se realiza el Análisis de los resultados y por último se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: línea Zegla, eficiencia energética, ahorro energético, motorreductor.

ABSTRACT

This project entitled, Energy efficiency applied to conveyor chains of Pet Bottles of the bottling system Local Plant - Arequipa, consisted of an analysis of the electrical installations of the electric motors of the conveyor belt of line 3 filling of the bottling plant, in order to propose the conversion option using SEW Eurodrive brand mechatronic technology and the Movigear range. Today, improving energy efficiency has become a great necessity; that is why this research's main objective is to define the energy efficiency applied to conveyor chains of pet bottles of the bottling system Local Plant - Arequipa. For the research, industrial software packages were used, such as SIMATIC S7, from the SIEMENS brand, and the simple return calculation was carried out since it is appropriate for the evaluation of profitability in projects with returns lower than 2 or 3 years; estimating a return on investment in 9 months. To carry out the objectives of the present investigation, the chapters have been organized as follows: Chapter I: This chapter describes the Problem, Definition of the problem, Statement of the problem, Objectives of the investigation, Justification and importance of the Research, Research Hypothesis, Variables, State of the art, Type and level of research, research method and design, and Techniques and instruments for collecting information. Chapter II: The theoretical framework necessary for the development of the research is described. Chapter III: An Analysis of the current model is carried out. Chapter IV: describes the energy efficiency applied to conveyor chains of PET bottles of the bottling system Local Plant - Arequipa. Chapter V: Analysis of the results is carried out and finally there are Conclusions and recommendations.

Keywords: Zegla line, energy efficiency, energy saving, gear motor.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el desarrollo tecnológico se ha convertido en uno de los elementos más importantes para mejorar las industrias de manufactura de cualquier producto.

En la fabricación de bebidas gaseosas se encuentran diversos productos y con distintas líneas de producción, por tanto, cuenta con diferentes equipos consumidores de energía tanto térmica como eléctrica, acorde con los requisitos de sus procesos productivos. Por tal motivo, tiene un significativo potencial el ahorro de energía en sus distintas fases de producción.

Es por ello que las empresas que forman parte de la rama de bebidas gaseosas entienden la importancia de la eficiencia energética, no solo en materia económica sino también en el uso responsable de los recursos. Como objetivo primordial de emplear la eficiencia energética es el obtener un rendimiento energético ideal para los procedimientos productivos sin ocasionar una reducción de la producción o en la calidad del servicio prestado.

En este aspecto las empresas pertenecientes a la gama de bebidas gaseosas se encuentran en la necesidad de contar con un sistema más eficiente de tal modo que se reduzcan las pérdidas, el elevado consumo de energía eléctrica y llevar las fallas al mínimo posible a bajos costos de producción y que permita obtener una mayor productividad y eficiencia en la línea de producción.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción de la realidad problemática

Desde el inicio de la industria de los refrescos embotellados a nivel mundial, los procesos, manufactura y producción han devenido en constantes cambios juntamente con la tecnología. La industria más importante de los refrescos embotellados también ha tenido su desarrollo a nivel nacional y local, en todo Arequipa se sabe que existe una fábrica de la embotelladora de bebidas gasificadas y no gasificadas familiares en la ciudad.

En los años 90 solo se contaba con 2 líneas de producción, una de formatos de envase de vidrio retornable y la otra para formatos de envase plástico (Envases plástico de material Politereftalato de Etileno de siglas PET, tipo de plástico muy usado para envases de gaseosas) ambas de fabricación alemana de marca de fabricante Meyer. Las cuales cubrían la demanda y los diversos productos por esos años a toda la región sur del país.

En el año 2008 se incrementó la demanda de la región y se dio inicio a la ampliación de la planta, instalando una línea de producción más de procedencia brasileña de marca de fabricante Zegla denominada en planta como línea de producción Zegla. Que para esos años tenían tecnologías tradicionales con algunos controles modernos. A partir del 2010 se dio la ampliación de dos líneas de producción más, una de envases de vidrio retornable y la segunda de botellas de envase plástico, las que reemplazaron a sus predecesoras líneas alemanas de los años 90. Estas líneas de procedencia alemana cuentan con una tecnología más eficiente en energía y control, lo que logro aumentar la capacidad de producción en aproximadamente 3.2 millones de cajas unitarias promedio por mes.

Actualmente y para el mercado regional de Arequipa, Tacna, Moquegua, Puno y Cusco se tiene una Planta con 16 horas de producción diarias, con 5 líneas de producción, Línea Kronen, Línea Zegla, Línea Bag&Box (Agua mineral en versiones de bolsa y caja, por sus siglas en ingles Bag and Box), Línea Bidones, y finalmente otra de última generación de procedencia alemana línea de producción de marca Sidel que fue implementada con la participación del equipo de mantenimiento eléctrico de la planta.

1.1.2 Planteamiento del problema.

En un periodo donde disponer de recursos naturales, así como energético resulta cada vez menor y donde se ha entendido al consumo de energía eléctrica como un indicador de actividad y desarrollo de un país, se ha descontextualizado la falsa identidad entre consumo y desarrollo quedando en un segundo plano los parámetros de la eficiencia del consumo de energía eléctrica.

Siendo la industria un representante importante para el desarrollo del país por ser un activador de la economía, se debe estar en la búsqueda de optimizar los recursos de manera que el sector industrial sea más competitivo y se guíe a la mejora continua, para ello es necesario ser cada día más eficiente lo que implica reducir costos para maximizar beneficios.

La cadena transportadora de botellas Pet de la línea de producción Zegla de la Planta Embotelladora - Arequipa, cuenta con el accionamiento de motores eléctricos de inducción tipo Jaula de Ardilla dotado de cajas reductoras y de variadores de velocidad para su control por Plc's, que para sus tiempos se mostraba y funcionaba en las condiciones requeridas; mismas que no resultan eficientes en la actualidad.

En todos los equipos que conforman la línea 3 Zegla, las lecturas del consumo energético tomadas mensualmente por un periodo de 2 años, determinan que tienen un consumo total de 1335035 Kwh representando en el proceso de envasado el 30% de consumo de toda la Planta y un consumo de energía reactiva de 156046 Kvarh; según lo evaluado en el presente proyecto se pudo establecer que existe un uso ineficiente de la energía y por ende un alto consumo.

Es por ello que surge la necesidad de realizar el presente proyecto donde se propone el uso de la eficiencia energética para reducir el consumo energético en la embotelladora, lo que permitirá ser más competitiva a menor costo de producción.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Definir la eficiencia energética aplicada a cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado Planta local – Arequipa, empleando accionamientos modernos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico energético actual de la línea de producción.
- Establecer la reducción del consumo de energía excesivo de los actuales accionamientos eléctricos, utilizando motores más eficientes.
- Desarrollar arquitectura y lógicas de programación adecuadas para la implementación de los motores más eficientes.
- Evaluar costo beneficio de la implementación a proponer.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación

1.3.1.1 Justificación teórica

La información expuesta en el presente proyecto representa la aplicación de conceptos de Ingeniería e indica los pasos a seguir para la correcta implementación de recursos, determinación de condiciones técnicas y marcan la pauta a seguirse para posteriores estudios en otras plantas donde exista sistemas de embotellado de bebidas.

Actualiza los conceptos de máquinas eléctricas eficientes y utiliza los sistemas de control y comunicaciones modernos.

1.3.1.2 Justificación práctica

El presente proyecto se justifica en la aplicación del conocimiento adquirido durante la formación universitaria a través de la implementación de mejoras en los sistemas de embotellado de bebidas gaseosas.

Dicha implementación generará un ahorro económico en el negocio y una reducción en los impactos ambientales generados por la empresa. Siendo justamente la implementación de la eficiencia energética para el desarrollo sostenible según las cumbres de la tierra, acuerdos mundiales trasladados a las empresas.

1.3.1.3 Justificación social

El presente proyecto se justifica, además, en la reducción de los impactos ambientales, permite crear en la comunidad una cultura energética, demostrando que empleando la eficiencia energética es una empresa socialmente responsable y con desarrollo sostenible.

1.3.2 Importancia

La presente investigación plantea realizar diversas acciones que permiten aumentar la productividad y la eficiencia de la línea de producción, contribuyendo en la minimización considerable del consumo de energía, programando la producción que posibilite la reducción de las paradas que produzcan pérdida de energía, empleando tecnología más avanzada utilizando motores de alto rendimiento. Todo ello sin reducir los niveles de calidad del producto, logrando a mediano plazo ser más competitiva a causa de la reducción de los costos de producción.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Implementando el nuevo sistema de eficiencia energética aplicada a cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado Planta local – Arequipa, se podría mejorar el alto consumo energético.

1.5 VARIABLES

1.5.1 Variable Independiente

Eficiencia Energética

1.5.2 Variable dependiente

Cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado.

1.6 ESTADO DEL ARTE

El panorama mundial actual precisa de consideraciones eficientes de consumo de energía, la competitividad productiva de los procesos industriales y de una visión económica ecologista; para poder garantizar la seguridad energética, productiva y medioambiental en las presentes y futuras generaciones.

De acuerdo con (Taylor. R., Govindarajalu. C., Levin, J., Meyer, A., Ward, W., 2008) la eficiencia energética trae mejoras para la industria, pues mejora su rentabilidad, productividad y competitividad a través de la disminución de los costos, además de que reduce los impactos que causan cambios climáticos.

Para (Bennett, C., wells, R. , 2002) la eficiencia energética mejora la competitividad de las Empresas ya que con su implementación se pueden planificar y controlar la disponibilidad de la energía y su costo.

Según (RUSSELL, 2003) la importancia de la eficiencia energética no está basada solamente en la disminución de los costos de producción, sino también en el uso racional de la energía, pues la falta de ella junto con los desperdicios de materia prima y los recursos ociosos, puede detener la producción y afectar la rentabilidad de la Empresa.

Los Autores Hans Krattenmacher y Rochus Hien en su publicación “Instalación de red de una sola línea (SNI) Una nueva Topología basada en la tecnología Power Line Communication”.

Desarrollan un comparativo entre la topología descentralizada convencional, la cual, para poder controlar un sistema de accionamiento automatizado, se requiere por lo menos de tres tipos de redes. La primera red o bus de alimentación de 440v para los actuadores para la etapa de fuerza (Motores, Variadores, etc.), la segunda red de alimentación de 24v para la etapa de control y dispositivos de mando (sensores, periféricos descentralizados, etc.) y la tercera red o bus de comunicación (Profibus, Modbus, DeviceNet, etc.). Lo que representa tener hasta tres topologías de cableados interviniendo en el mismo sistema de control. Esto significa un costo elevado de instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento del proyecto. Sumado a los riesgos de fallas que conlleva tener varias topologías para un mismo sistema.

Topología convencional de instalación descentralizada con 24V y 400V- Bus de alimentación y el sistema de bus de comunicación (p.ej. Profibus DeviceNet, etc.).

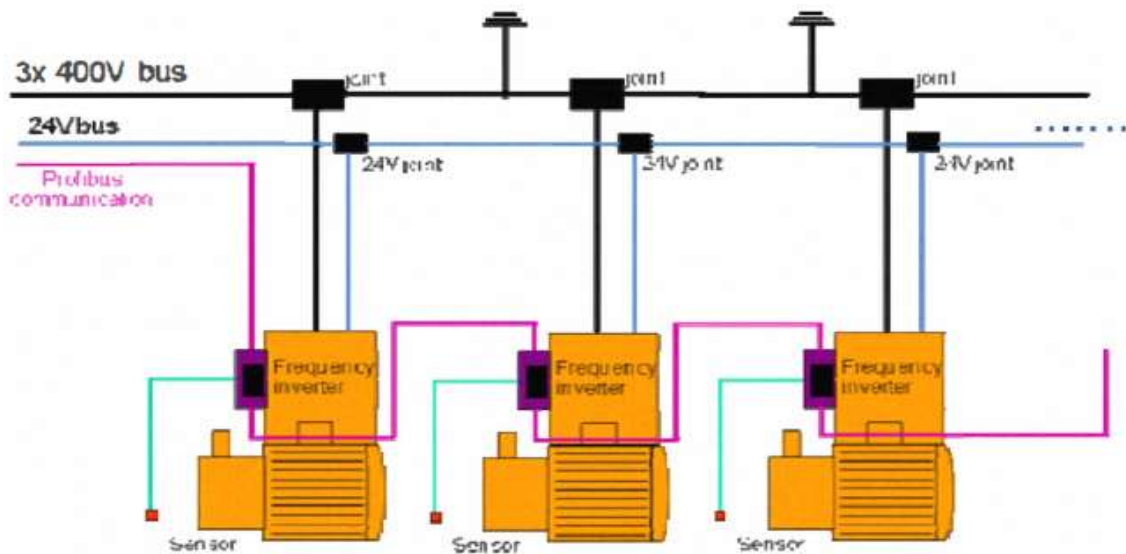


Figura 1. *Topología convencional de instalación*
 Fuente: *Manual SEW Eurodrive*

La Empresa Alemana Sew Eurodrive, empezó a desarrollar una instalación de red de una sola línea de las siglas en inglés SNI (Single Line Network Installation) que reduce las tres topologías en paralelo mencionadas anteriormente a una sola red o bus (Cable de alimentación 440v), utilizando la tecnología Power Line Communication. Dicha tecnología es muy utilizada en la transmisión de datos de los sistemas de potencia, pero aplicado ahora a los sistemas industriales, con algunas mejoras en el desarrollo de transmisión de datos. Las ventajas de esta nueva topología lograron reducir los costos de instalación en un 40%, lo que implica una reducción de componentes electrónicos, cableado eléctrico, acortar tiempos de puesta en funcionamiento, y reduce el tiempo de atención ante alguna avería. Este nuevo desarrollo busca desplazar a las topologías convencionales haciendo a los sistemas más versátiles y con mejor performance.

Banda transportadora según (Brunssen., 2005) la define como “Una cinta transportadora o banda transportadora es un aparato para el transporte de objetos formado por dos poleas que mueven una cinta transportadora continua. Las poleas son movidas por motores, haciendo girar la cinta transportadora y así lograr transportar el material depositado en la misma

Motorreductor según (Piñero, 2012), los motores de corriente continua más comunes son actuadores muy potentes que giran a demasiada velocidad como para poder utilizarlos en muchas aplicaciones robóticas. Por esa razón se emplean los reductores habitualmente basados en engranes (también llamados engranajes). Los reductores o motores reductores son

apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente; no obstante, su eficiencia depende de los factores que están alrededor del mismo, tal como, factores ambientales, factores de posición, factores humanos y factores de vida del mismo elemento. Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos), fricción entre los componentes, tipo de lubricante y la vida útil del mismo, tiempos de mantenimiento y condiciones físicas del lugar en el cual se va a disponer del mecanismo. Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad, aunque en algunos países hispanos parlantes también se le denomina caja reductora.

Según (Prieto, 2007), el PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo. Como puedes deducir de la definición, el PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria. Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones: Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas. Tomar decisiones en base a criterios pre programado. Almacenar datos en la memoria. Generar ciclos de tiempo. Realizar cálculos matemáticos. Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales. Comunicarse con otros sistemas externos. Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que, solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato. Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina. Puedes modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas.

Según (Villardel, 2014), manifiesta que los sensores fotoeléctricos, también llamados fotocélulas, tienen un uso muy extendido en la industria. Son económicos, fiables y fáciles de instalar y mantener. Un sensor fotoeléctrico tiene la capacidad de captar luz y activar o desactivar una señal en función de los valores de esa luz. Los sensores más simples son los llamados interruptores crepusculares, que encienden una lámpara cuando la luz ambiental es inferior a un valor determinado. Este tipo de sensores responde ante cualquier fuente de luz visible, tanto artificial como natural. Por tanto, su fiabilidad es escasa, puesto que pueden alterar su funcionamiento si son afectados por una fuente de luz distinta a la prevista

1.7 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo básica ya que se definió la eficiencia energética aplicada en las cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado Planta local – Arequipa y plantea propuestas de mejora que contribuyan a la reducción del consumo eléctrico.

1.7.2 Nivel de investigación

El estudio a desarrollar es a nivel explicativo.

Sánchez y Reyes (2006), manifiestan que, el nivel explicativo de la investigación está dirigida a responder a las causas de los eventos físicos o sociales y su interés se centra en explicar por qué y en qué condiciones ocurre un fenómeno o por qué dos o más variables se relacionan.

1.8 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1 Método de la investigación

Se utilizó un método hipotético deductivo en el cual se planteó el problema existente en el alto consumo energético a través de las observaciones realizadas donde el razonamiento deductivo ayudó a validar la hipótesis planteada indicando que la eficiencia energética puede ser aplicada a cadenas transportadoras de botellas Pet del sistema de embotellado.

1.8.2 Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño de toma de datos en forma experimental o de investigación con el cual se realizó una investigación cuantitativa.

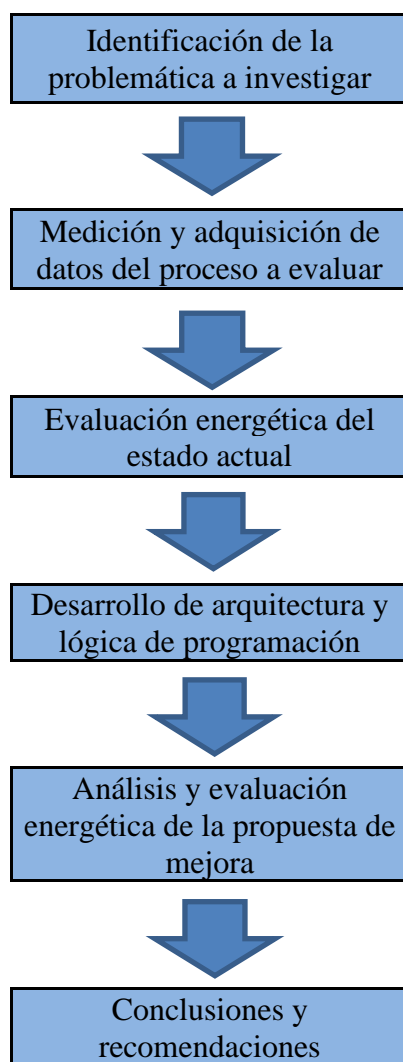
De las 5 líneas de producción existentes; se trabajó con la línea Pet con los formatos de 1000ml a 3000ml, en todos los mix de sabores, que funciona actualmente por lo que posee estadísticas industriales, así como también de parámetros eléctricos.

Se implementó una propuesta de instalación de los nuevos equipos y su programación.

Se desarrolló la arquitectura y lógicas de programación.

Se simuló la nueva propuesta tomando los datos de placa de los equipos a instalar y estimando el nuevo consumo energético.

Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto



1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

1.9.1 Técnicas

Se utilizó la técnica de la observación y medición la cual se basó en una situación real clasificando los acontecimientos de acuerdo a un esquema y según los problemas que se desea solucionar.

1.9.2 Instrumentos

Para la recopilación de información se utilizarán los siguientes instrumentos:

Registro de campo, registro de datos, planos, recolección de información básica de las instalaciones. Para lo cual se realizó la identificación del proceso productivo, consumos de energía y horas de operación.

Asimismo, se llevó a cabo un análisis del consumo de energía eléctrica, para observar la situación actual de las instalaciones pudiendo identificar las pérdidas de energía en equipos y sistemas de producción, empleando diferentes métodos y softwares de cálculo que permitirá identificar las propuestas de mejora de la eficiencia energética en la Empresa embotelladora; desde el punto de vista técnico (índices de consumo de energía, eficiencia energética).

1.10 COBERTURA DEL ESTUDIO

1.10.1 Universo

Se contó con un universo de 5 líneas de producción con una gran variedad de productos puestas al servicio del cliente.

1.10.2 Muestra

La muestra para el estudio es la línea de embotellado de botellas Pet (Politereftalato de Etileno) con denominación línea Zegla, esta línea de producción fue instalada en el año 2008, con formatos de producción de 2250ml, 2500ml, 3000ml, en todos los mix de sabores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. MOTOR DE INDUCCIÓN

“Los motores de inducción o asíncronos son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias” (UNAM, 2017).

2.1.1 Partes principales de las máquinas de inducción

“En todo motor eléctrico se puede distinguir dos partes principales:

Rotor y estator. El rotor está fijado a un eje e insertado en la parte interior del estator por medio de rodamientos, de manera que pueda girar libremente.

Una máquina de inducción está conformada por un estator y un rotor montado en cojinetes y apartado del estator por un entrehierro.

Electro-magnéticamente el estator está compuesto por un núcleo ranurado, en el cual se albergan conductores, estos conductores se interconectan de cierta forma y conforman el devanado de armadura.

En una máquina de inducción están presentes dos tipos de rotores:

- Rotor liso
- Rotor devanado

Un rotor liso o jaula de ardilla de un motor de inducción se basa en una serie de barras conductoras ubicadas dentro de unas ranuras creadas en la superficie del rotor con sus extremos puestos en cortocircuito por medio de anillos.

El rotor devanado, posee un arrollamiento trifásico completo que es una imagen reflejada del devanado del estator, las tres fases del arrollamiento de este rotor usualmente se conectan en estrella y sus extremos se conectan a unos anillos rozantes montados en el eje, los devanados del rotor se pueden poner en cortocircuito a través de un conjunto de escobillas que están en

contacto con los anillos rozantes, también se pueden insertar resistencias exteriores en el circuito del rotor “ (Pernia, 2015).

Estator

“Está conformado por un devanado de cobre trifásico arrollado a un núcleo de hierro laminado, se encarga de producir el campo magnético.

En el motor de inducción el devanado del estator es primordialmente igual al devanado de una maquina sincrónica. No obstante, el devanado del rotor está en cortocircuito eléctrico y usualmente no tiene conexiones al exterior; las corrientes se inducen en el por la acción de transformador procedente del devanado del estator “ (Pernia, 2015).

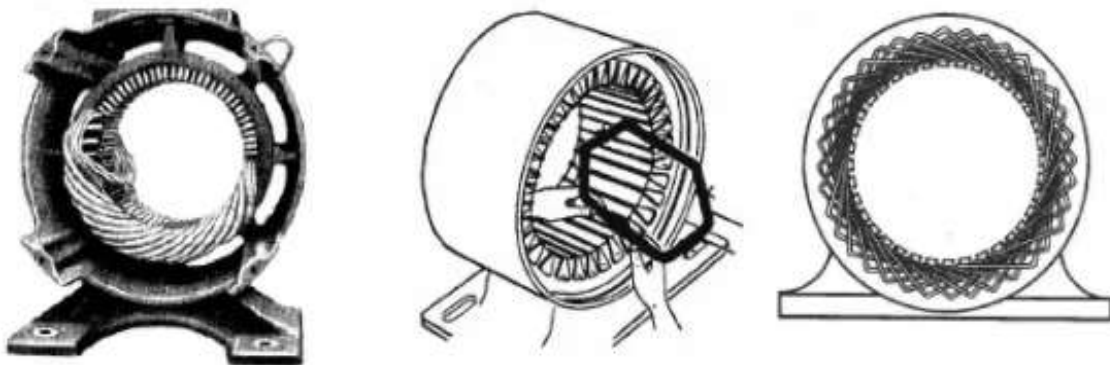


Figura 2. Estator de un motor de inducción.

Fuente: Tomado de “Motores de inducción conceptos básicos”, por M. A. Pernia, 2015, p. 7.

2.1.2 Máquina de inducción (rotor bobinado)

(Pernia, 2015) “Al desarmar la maquina se encuentran 2 piezas principales, una llamada estator que es devanado de cobre arrollado en una pieza de hierro, el cual está a cargo de crear el campo magnético giratorio del motor (C.M.G.). Ver figura 2

La otra es un devanado de cobre arrollado sobre otro núcleo de hierro

Unas placas de cobre llamadas anillos rozantes.

Un eje giratorio

Una barra de hierro llamada Eje, que está a cargo de mover la carga mecánica.

Un par de cojinetes

Una caja de terminales o bornera, en donde se inyecta tensión al motor, permitiendo poder enlazar sus devanados en dos diferentes configuraciones; en Estrella y Triangulo o Delta.

Una placa de metal por un lado que nos indica los parámetros nominales de funcionamiento del motor”.

2.1.3 Motor de inducción con rotor de jaula de ardilla

“Posee un estator, un rotor, un eje mecánico y una caja de terminales.

A diferencia del motor de rotor bobinado, en el rotor las barras conductoras no están separadas del núcleo, estas se fabrican levemente inclinadas con relación al eje, para reducir el efecto de ruido y las variaciones de campo magnético. Las ranuras se ubican de forma oblicua creando un ángulo cercano a un paso de ranura. La oblicuidad disminuye las variaciones del par y anticipa al rotor de recogerse con una armónica mientras arranca y por consiguiente girar a una velocidad mucho más corta.

Las desventajas de la oblicuidad son: un voltaje inducido en el rotor reducido, una resistencia del rotor y un flujo dispersión del rotor aumentados, pero estas desventajas disminuyen con el mejor funcionamiento en el arranque y una operación más silenciosa” (Pernia, 2015).

2.1.4 Motor de rotor de doble jaula

“En este tipo de motor, el rotor tiene dos secciones, la externa está diseñada con un material de resistencia mayor que la interna. Cuando el motor está funcionando a mínima velocidad (mientras arranca), la frecuencia de deslizamiento es alta y la corriente del rotor tiende a circular por la cara externa (a causa del efecto piel), con lo que la resistencia efectiva es más alta y como resultado aumenta el par de arranque. Cuando la velocidad del rotor aumenta, la frecuencia de deslizamiento disminuye, y la corriente del rotor circula por la zona de baja resistencia del rotor, de forma que las pérdidas energéticas son mínimas.

El rotor de “doble cubierta” o doble jaula de ardilla, fue diseñado para hacer un motor de inducción con mejoradas características de arranque en línea.

Se emplean diversas variaciones de construcción del motor, dependiendo de la potencia.

Por consiguiente, en el arranque, cuando la frecuencia del rotor es elevada y es la misma que la de la línea, la impedancia del devanado inferior es mucho más alta que la del devanado superior. Por lo tanto, la mayor parte de la corriente en el rotor es inducida en el devanado superior, que está diseñado para que su elevada resistencia sea igual a su reactancia en el arranque, desarrollando así un par de arranque máximo. Sin embargo, cuando el motor acelera, disminuyen la frecuencia del rotor y la impedancia del devanado inferior o interior. Por lo tanto, a valores pequeños del deslizamiento, cuando el motor está en su rango normal de plena carga, la mayor parte, la mayor parte de la corriente pasa en el devanado interior de baja resistencia dando una alta eficiencia: baja pérdida en el cobre del rotor y buena regulación de velocidad (deslizamiento proporcional a la resistencia).

En los motores pequeños, las laminaciones se diseñan de tal modo que, en virtud de la forma y el área de su sección transversal, se puede emplear una aleación normal para fundir. Las barras inferiores tienen mayor área y baja resistencia con alta reactancia, y las barras superiores, de menor área, tienen alta resistencia y baja reactancia” (Pernia, 2015).

2.1.5 Clasificación NEMA de los motores de inducción

“La mayoría de los motores de inducción industriales se clasifican según el sistema proporcionado por la Asociación Nacional del Fabricante de Material Eléctrico (NEMA). Los motores trifásicos de potencia mayores de 1 HP son clasificados por las normas NEMA, según el diseño de la jaula del rotor de la siguiente manera: Clase A, Clase B, Clase C, y Clase D.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. (

Cuando se desarrolló por primera vez el rotor de doble jaula de ardilla se creó tal variedad y adaptabilidad en el diseño de rotores para motores de inducción que ha llevado a diversas características de curva deslizamiento – para. Al dar la proporción correcta al devanado de doble jaula de ardilla, los fabricantes han desarrollado numerosas variaciones del diseño del rotor vaciado o normal único. Estas variaciones tienen por consecuencia pares de arranque mayores o menores que el diseño normal y también menores corrientes de arranque.” (Pernia, 2015)

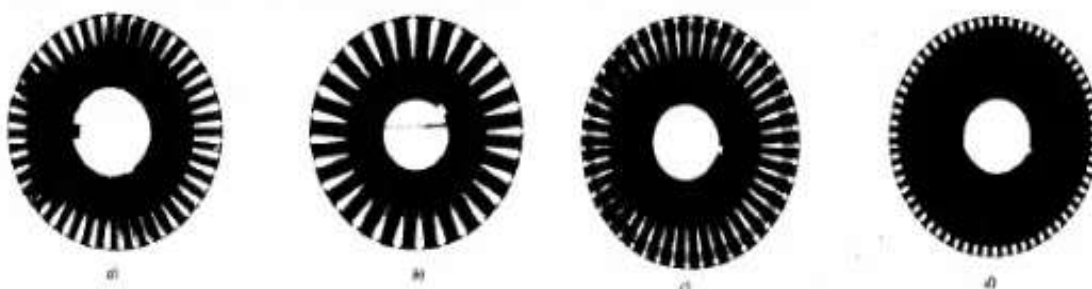


Figura 3. Laminaciones de los rotores según la clasificación NEMA.

Fuente: Tomado de “Motores de inducción conceptos básicos”, por M. A. Pernia, 2015, p. 12.

NEMA Clase A: Barras grandes cerca de la superficie.

NEMA Clase B: Barras de rotor grandes y profundas.

NEMA Clase C: El plano de un rotor de jaula doble.

NEMA Clase D: Barras pequeñas cerca de la superficie.

Tabla 1.

Características de los motores comerciales de inducción jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación NEMA. (A, B, C, D)

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente arranque	Regulación de velocidad (%)	Nombre de clase del motor
A	1.5-1.75	5-7	2-4	Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	De propósito general
C	2-2.25	3.5-5	4-5	De doble jaula, alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8,8-13	De alto par, alta resistencia
E	1.25	2-4	Mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Fuente: Tomado de “Motores de inducción conceptos básicos”, por M. A. Pernia, 2015, p. 13

2.1.6 Motores de inducción de jaula de ardilla clase A

“El motor clase A es un motor de jaula de ardilla normal o estándar fabricado para uso y velocidad constante. Tiene grandes áreas de ranuras para una muy buena disipación de calor, y barras con ranuras ondas en el motor. Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad. Esta diferencia origina algo de alta resistencia y baja reactancia de arranque, con lo cual se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal (a plena carga). El par de arranque es relativamente alto y la baja resistencia del rotor produce una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal. Tiene la mejor regulación de velocidad, pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con línea, en especial en los tamaños grandes”. (Pernia, 2015)

2.1.7 Motores de inducción de jaula de ardilla clase B

“A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al comportamiento de su desplazamiento-par. Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que el de los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Este aumento reduce un poco el par y la corriente de arranque.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 HP se sigue usando arranque a voltaje reducido, los motores de clase B se prefieren sobre los de clase A para tamaños mayores.

Las aplicaciones típicas comprenden las bombas centrifugas de impulsión, las maquinas herramientas y los sopladores” (Pernia, 2015).

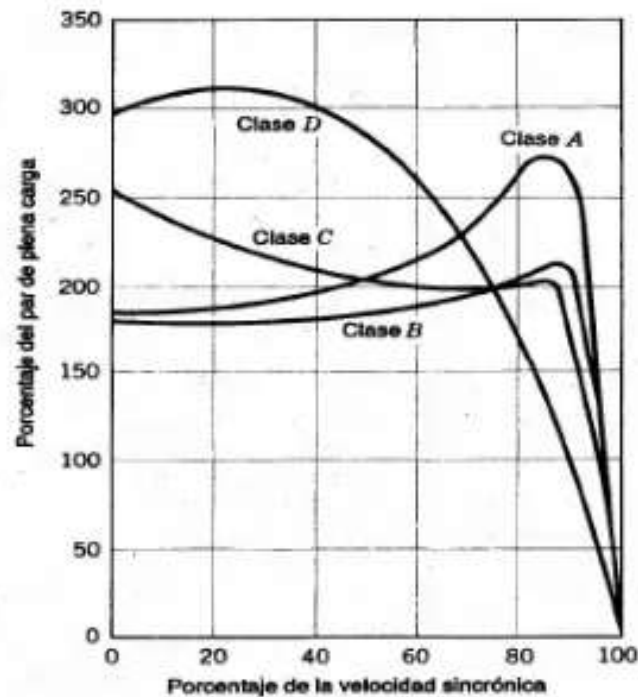


Figura 4.

Características Par - Velocidad para los motores según NEMA.

Fuente: Tomado de "Motores de inducción conceptos básicos", por M. A. Pernia, 2015, p. 14.

2.1.8 Motores de inducción de jaula de ardilla clase C

“La clase C son motores que tiene un rotor de doble jaula de ardilla, el cual desarrolla un alto par de arranque y una menor corriente de arranque, por ello son utilizados para cargas de arranque pesado.

Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente, sin embargo, cuando se emplea en grandes cargas, se limita la disipación térmica del motor porque la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.

En condiciones de arranque frecuente, el rotor tiene tendencia a sobre calentarse, se adecua mejor a grandes cargas repentinas, pero de tipo de baja inercia.

Además de tener un deslizamiento nominal normal y corriente de arranque normal. Estos motores tienen un deslizamiento nominal menor que el 5%. Los motores de Clase C son convenientes para conducir los compresores, transportadores, trituradores, etc. Las características de Torsión Vs. Velocidad para las diversas clases de motores de inducción se muestran en la Figura 3.” (Pernia, 2015)

2.1.9 Motores de inducción de jaula de ardilla clase D

“Conocidos también con de alto par y alta resistencia. Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o estén embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor en el arranque es mayor que en los motores de las clases anteriores.

El motor está diseñado para servicio pesado de arranque, encuentra su mayor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan el alto par con aplicación a carga repentina la regulación de velocidad en esta clase de motores es la peor “ (Pernia, 2015).

2.1.10 Motores de inducción de jaula de ardilla de clase F

“El rotor de clase F se diseñó para reemplazar al motor de clase F para reemplazar al motor de clase B. El motor de Clase F produce pares de arranque aproximadamente 1.25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque de 2 a 4 veces la nominal. Los motores de esta clase se fabrican de la capacidad de 25 hp para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de voltaje de los de clase B, baja capacidad de sobrecarga y en general baja eficiencia de funcionamiento. Sin embargo, cuando se arrancan con grandes cargas, las bajas de corrientes de arranque eliminan la necesidad de equipo para voltaje reducido, aun en los tamaños grandes. La Figura 4 muestra un corte transversal de un diseño clase F, las barras del rotor están profundamente enterradas, tienen muy alta reactancia de dispersión.” (Pernia, 2015)

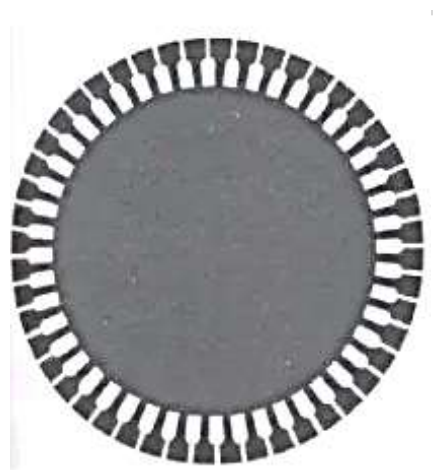


Figura 5.
Chapa de una jaula de ardilla clase F

Fuente: Tomado de “Motores de inducción conceptos básicos”, por M. A. Pernia, 2015, p. 15.

2.1.11 Motor síncrono de inducción (polifásico de reluctancia)

” Este motor se creó debido a la demanda de un motor síncrono polifásico con arranque propio en tamaños menores, de menos de 50 HP, que no necesitaran excitación del campo con CD y que poseen las características de velocidad constante el motor. El rotor consiste de un devanado de jaula de ardilla, embobinado o vaciado, distribuido uniformemente en las ranuras.

Cuando una corriente alterna polifásica se aplica a la armadura normal de un estator polifásico, el motor arranca como motor de inducción. Debido al rotor de polo saliente, el motor llega muy fácil a la sincronía y desarrolla con rapidez el par máximo del motor síncrono de la máquina de polos salientes.

Como motor síncrono, trabaja a velocidad constante hasta un poco más de 200% de la plena carga Si la carga aplicada es mayor que el 200% del par a plena carga se baja a su característica de inducción, en donde puede seguir trabajando como motor de inducción hasta casi el 700% del par a plena carga.

Debido a que el par crítico del motor síncrono es aproximadamente la tercera parte del correspondiente del de inducción, el armazón del estator de un motor síncrono de inducción es de tamaño tres veces mayor que un motor ordinario de inducción de la misma potencia. Además, puesto que trabaja desde sin carga hasta plena carga como motor síncrono sin excitación un mayor ángulo de par compensa la falta de excitación y el motor toma una alta corriente de retraso a bajo factor de potencia. Esto también ocasiona baja eficiencia y necesita de mayor tamaño de armazón para disipar el calor.

En motores de potencia relativamente baja, como el motor síncrono de inducción, los problemas creados por su mayor tamaño y peso, baja eficiencia y corriente en retraso no tienen importancia en comparación con las ventajas de velocidad constante, robustez, falta de excitación de CD, alto par de arranque, de marcha y de mantenimiento mínimo que caracterizan a estos motores” (Pernia, 2015).

2.2 CAJAS REDUCTORAS

“Las cajas de engranajes (o cajas reductoras) están compuestas de trenes de engranajes que poseen ejes intermedios con diferentes etapas de reducción. Se utilizan para transmitir potencia cuando se requiere relaciones de transmisión o relaciones de par mayores que las logradas con

engranajes simples. También se utilizan cuando se requiere una relación de transmisión variable, un cambio en el sentido de giro de los ejes o un ángulo de salida diferente.

Existen dos tipos básicos de trenes de engranajes atendiendo a la movilidad de los ejes intermedios: trenes fijos y trenes planetarios (también llamados epicicloidales)” (Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007).

2.3 CAJAS CON TRENES DE ENGRANAJES FIJOS

“La mayoría de las cajas reductoras cuenta con este tipo de trenes. En ellos los ejes mecánicos intermedios no poseen ningún tipo de movimiento de traslación, solamente giran alrededor de su eje geométrico. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de caja reductora, formada por un tren fijo, en la que los ejes de entrada y salida son perpendiculares. Se observa que esta caja cuenta con 3 etapas de reducción (1a – 1b, 2a – 2b, 3a -3b) y 2 ejes intermedios. (...).

Las cajas reductoras vienen provistas de todo lo necesario para mantenimiento. Dado que los engranajes necesitan estar bañados en lubricante para su funcionamiento óptimo, estas cajas cuentan con conductos para el suministro, la evacuación y el purgado del lubricante” (Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007). Ver Figura 6

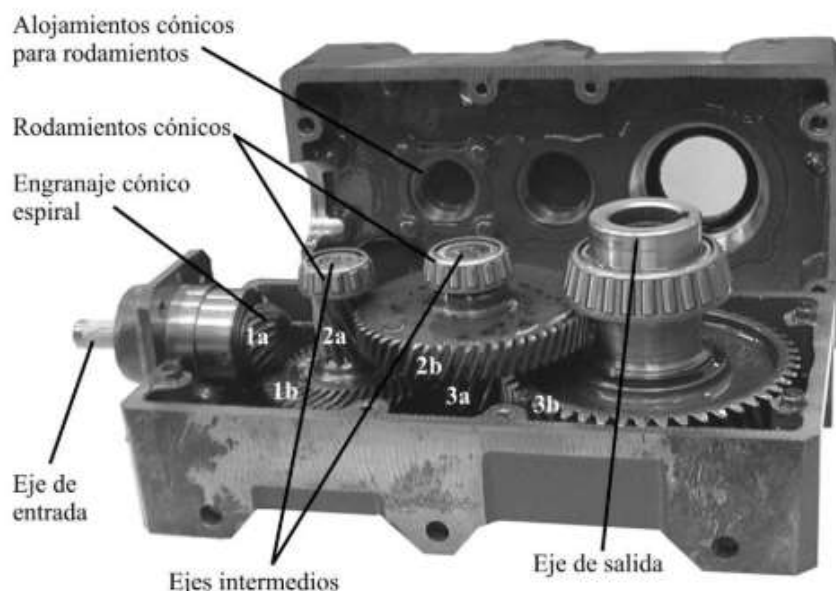


Figura 6.
Caja engranajes de 3 etapas y ejes perpendiculares.

Fuente: Tomado de “Mantenimiento mecánico de máquinas”, por Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007, p. 56.

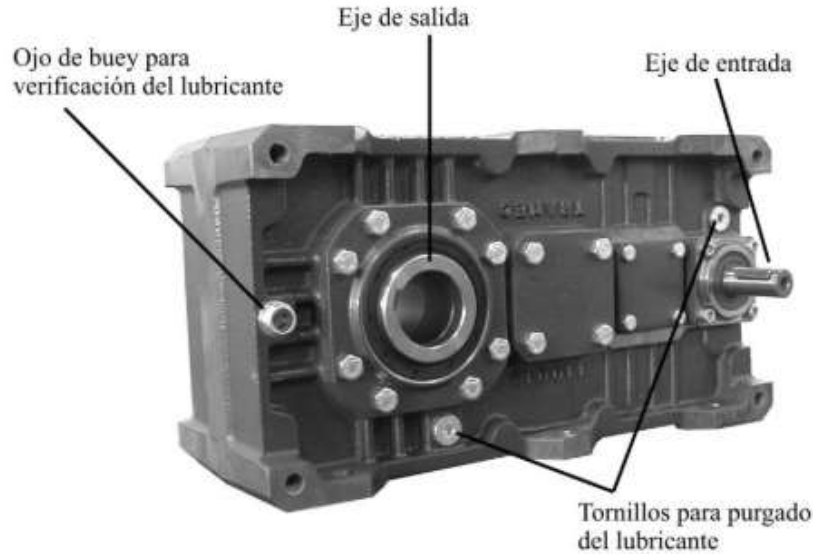


Figura 7.
Reductor de 3 etapas y ejes paralelos.

Fuente: Tomado de “Mantenimiento mecánico de máquinas”, por Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007, p. 56.

“Las cajas también cuentan con visores u ojos de buey que permiten observar el estado (color) y nivel del lubricante. Además, las juntas vienen selladas asegurando la estanqueidad de la cámara. Esto es importante no solo para evitar fugas de lubricantes, sino también para evitar la entrada de contaminantes “ (Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007).

2.3.1 Cajas con trenes de engranajes planetarios

“Son elementos que, desde el punto de vista cinemático, cuentan con dos tipos de ruedas dentadas: unas que están provistas de un giro simple alrededor de su propio eje a la vez que su eje gira alrededor del eje central del tren. Las primeras pueden ser de dentado interior o exterior y son llamadas “soles”, mientras que las segundas son siempre de dentado exterior y son habitualmente llamadas “planetarios”. En la Figura 7 se muestra un reductor planetario. La Figura 8 b demuestra la existencia de dos soles y un planetario compuesto por 3 ruedas dentadas.” (Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007).

De igual manera (Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007) indica que entre las características principales de los trenes planetarios es que la potencia es transmitida a través de múltiples engranes. Otra característica importante es que se pueden diseñar para grandes reducciones en relativamente poco espacio. Debido a esto, los trenes planetarios poseen habitualmente menor tamaño que los trenes fijos, para una misma capacidad de carga”.

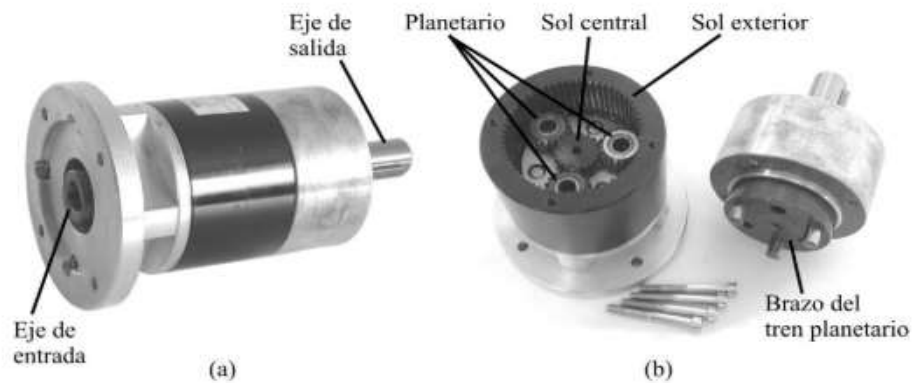


Figura 8.
Reductor planetario o epicicloidal

Fuente: Tomado de “Mantenimiento mecánico de máquinas”, por Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007, p. 57.

Además de las ventajas anteriores, (Sánchez, Pérez, Rodríguez, & Sancho, 2007) “los trenes planetarios se prestan a un diseño en el cual los ejes de entrada y salida están alineados mientras que para conseguir esta configuración con un tren fijo el tamaño ha de ser considerablemente mayor.

De igual manera. Consideran que el “principal problema que se les atribuye es que, debido a que las ruedas del planetario tienen un movimiento de rotación alrededor del eje central del tren, están sujetas a la acción de la fuerza centrífugas y, consecuentemente, pueden soportar hasta cierto límite de velocidad en condiciones de funcionamiento óptimas”.

2.4 SERVOMOTOR

Para (Mecafenix, 2017) “el servomotor es un dispositivo electromecánico que consiste en un motor eléctrico, un juego de engranes y una tarjeta de control, todo dentro de una carcasa de plástico. Un servo tiene la capacidad de ser controlado en posición. Es capaz de ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación generalmente de 180° pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de 360°. Los servos se suelen utilizar en robótica, automática y modelismo (vehículos por radio-control, RC) debido a su gran precisión en el posicionamiento”.

Por otra parte, nos dice que “los servomotores son llamados también accionadores o actuadores. Se pueden definir como aquella parte de la válvula que utiliza la energía de entrada

(sea del tipo que sea) para transformarla en energía mecánica para poder abrir y cerrar la válvula.

Los servomotores se pueden clasificar en varios tipos: neumáticos, eléctricos, hidráulicos y digitales” (Rojano, 2014).

2.4.1 Servomotores eléctricos

Se presentan dos tipos:

Servomotores eléctricos de pequeña potencia

Nos dice que estos servomotores “son de tipo monofásico con dos sentidos de marcha y obedecen al esquema general del principio que se indica en la Figura 8. Cuando el contacto C_1 está cerrado el arrollamiento superior se alimenta directamente, mientras que el arrollamiento inferior lo hace a través del condensador, motivo por el cual las corrientes en ambos arrollamientos están en cuadratura y esto permite que el motor gire en un determinado sentido. Si, por el contrario, el contacto C_1 está abierto y el C_2 cerrado, la alimentación en ambos arrollamientos se invierte, con lo cual el giro del motor también queda invertido. Los contactos C_1 y C_2 son de seguridad de fin de carrera, coinciden con el cierre y apertura máxima de la válvula, y se ajustan mediante levas. Normalmente estos últimos contactos permanecen cerrados” (Díaz, 2011).

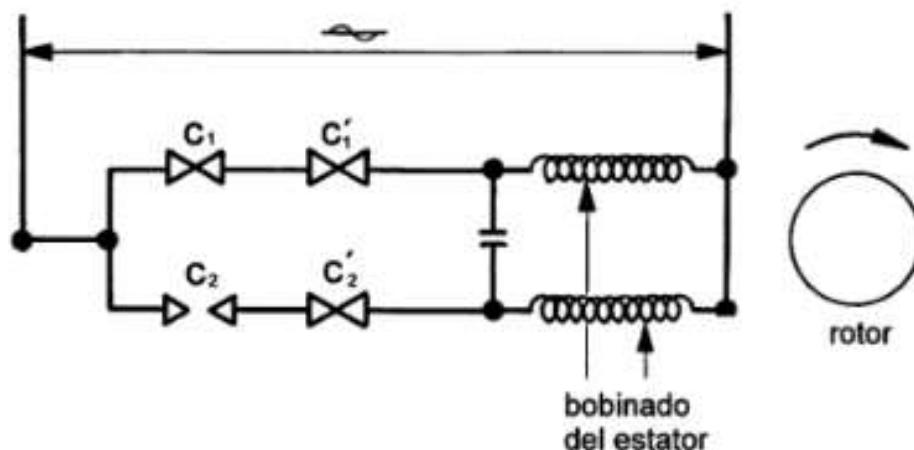


Figura 9.
Servomotores de pequeña potencia.

Fuente: Tomado de “Sistemas de regulación y control”, por A. J. Díaz, 2011. Barcelona, España: Marcombo, p.109.

2.4.2 Servomotores eléctricos de gran potencia

En relación a este servomotor (Díaz, 2011) “indica que utiliza motores trifásicos. Su funcionamiento guarda similitud con el de pequeña potencia. En este caso los arrollamientos del estator están sustituidos por bobinas de contactores que son los que abren o cierran los contactos para que el servomotor gire en uno u otro sentido. Según el acoplamiento del devanado, la alimentación puede ser de 220 o 380 voltios. Como datos técnicos generales podemos decir que el par máximo que ejercen es de unos 1.000 Nm, el ángulo de giro alcanza los 270° y la velocidad de giro puede llegar a ser superior a 150°/min. Pueden ir equipados con un volante manual de maniobra, que permite abrir o cerrar la válvula manualmente en caso de necesidad”.

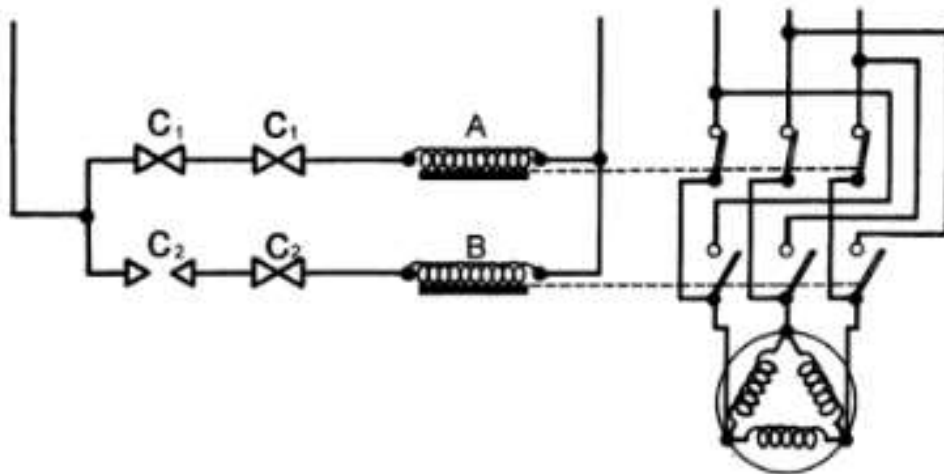


Figura 10.
Servomotores eléctricos de gran potencia.

Fuente: Tomado de “Sistemas de regulación y control”, por A. J. Díaz, 2011. Barcelona, España: Marcombo, p.109.

2.4.3 Servomotores neumáticos

Para (Díaz, 2011).” Consiste básicamente en una membrana flexible M, montada dentro de una carcasa, que la divide en dos partes separadas herméticamente, como se muestra en la figura 11. Sobre una de las caras de la membrana actúa la presión de aire procedente del regulador y sobre la otra cara presiona un resorte R antagonista, que equilibra la presión que ejerce el aire. Normalmente la señal neumática que recibe del regulador es una señal modulada de 206 a 1.033 mbar, que se corresponde con el recorrido del vástago del servomotor y, por

consiguiente, de la válvula. Según la disposición del resorte y de la entrada de aire, el servomotor puede trabajar de una forma determinada o de forma inversa, de tal manera que, si por motivos de seguridad conviene que la válvula cierre en caso de avería, el muelle se dispondrá de tal modo que, al cortar el aire, la válvula cierre. Por el contrario, si interesa que abra, se dispondrá de forma inversa.

Los servomotores neumáticos pueden superar esfuerzos que 3.300 Nm, con recorridos de vástago del orden de los 150 mm.

Este tipo de servomotores también se utiliza con regulación electrónica, si bien necesita un elemento intermedio como es el convertor electro neumático, que transforma señales eléctricas moduladas en señales neumáticas igualmente moduladas”.

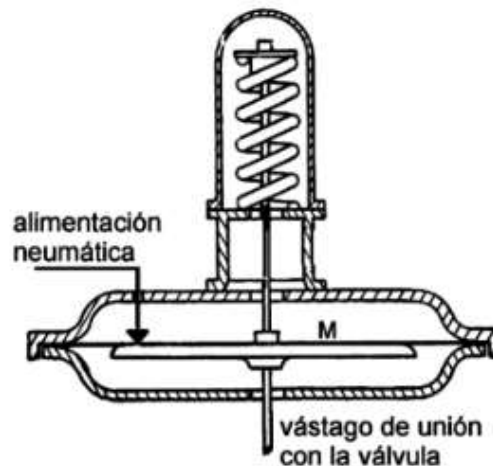


Figura 11.

Servomotores neumáticos

Fuente: Tomado de “Sistemas de regulación y control”, por A. J. Díaz, 2011. Barcelona, España: Marcombo, p.110.

2.4.4 Servomotores hidráulicos

(Díaz, 2011) Expresa que estos servomotores “constan esencialmente de un carácter de aceite, una motobomba, un pistón, una bobina, un sistema tobera-paleta y unos distribuidos de aceite al pistón.

Su funcionamiento, como se deduce de la figura 12, es el siguiente: una motobomba (1) da presión al aceite del conjunto. Un sistema de seguridad

(2) impide que alcancen sobrepresiones que pongan en peligro al propio sistema. La bobina (8) y el imán permanente (6) constituyen un electroimán que actúa sobre la paleta (7). La bobina (8), recibe la señal modulada de regulación y, en función de dicha señal, el electroimán atrae con mayor o menor fuerza la paleta (7), como fuerza antagonista actúa el resorte (5), que por otra parte está sometido a una tensión que a su vez depende de la posición del embolo del cilindro (3). En el equilibrio la paleta (7) adopta una posición de acercamiento o alejamiento a cada una de las dos toberas para permitir que salga por ellas más o menos aceite. Esto influye sobre la distribución de presión de aceite en el mando (10) del pistón, que es lo que mueve y posiciona. Mediante el vástago (4) se transmiten los movimientos el pistón a la válvula.

Con este tipo de servomotores se alcanzan pares de fuerza de unos 4500 Nm “.

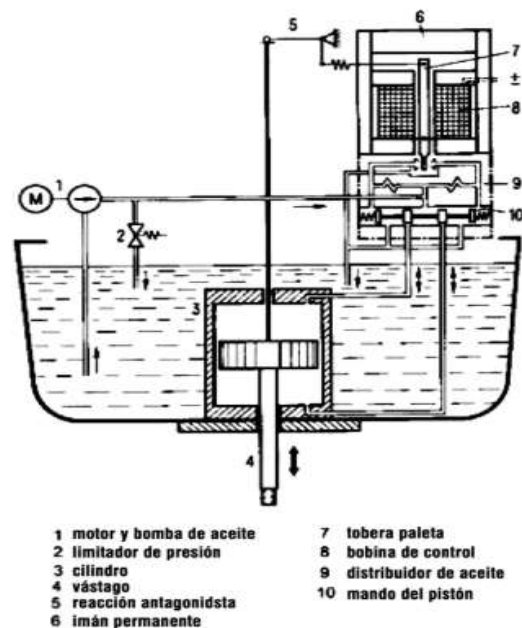


Figura 12.
Servomotores hidráulicos.

Fuente: Tomado de “Sistemas de regulación y control”, por A. J. Díaz, 2011. Barcelona, España: Marcombo, p.109.

Para (Moreno & Córcoles, 2018).” Un servomotor tiene dos características específicas, que lo hacen diferente:

Nos permite definir un ángulo de giro determinado con mucha precisión.

Nos permite controlar la velocidad de giro. Podemos hacer que espere un tiempo antes de que cambie de posición. Esta velocidad de giro será baja en comparación con un motor DC. Están formados por un motor DC al que se le acoplan unos engranajes que funcionan como reductor de velocidad de giro y un circuito que permite controlar su posición. Hay varios modelos de servomotor”.

Podemos encontrar servomotores con diferentes grados de rotación. Los más habituales son de 180° y 360°.

Si tenemos un servomotor de 180°, lo podemos “convertir” en uno de 360° Para ello hay que abrir la tapa del chasis, desmontarlo y retirar o romper un trozo de plástico que sirve de tope durante la rotación de este.” (Porcuna, 2016).

“A continuación, podemos ver en las imágenes de abajo un servomotor de 360° y una imagen de sus componentes internos.”



Figura 13.
Servomotor de 360°.

Fuente: Tomado de “Robótica y domótica básica con Arduino”, por P. Porcuna, 2016. Madrid, España: RA-MA, p.234.

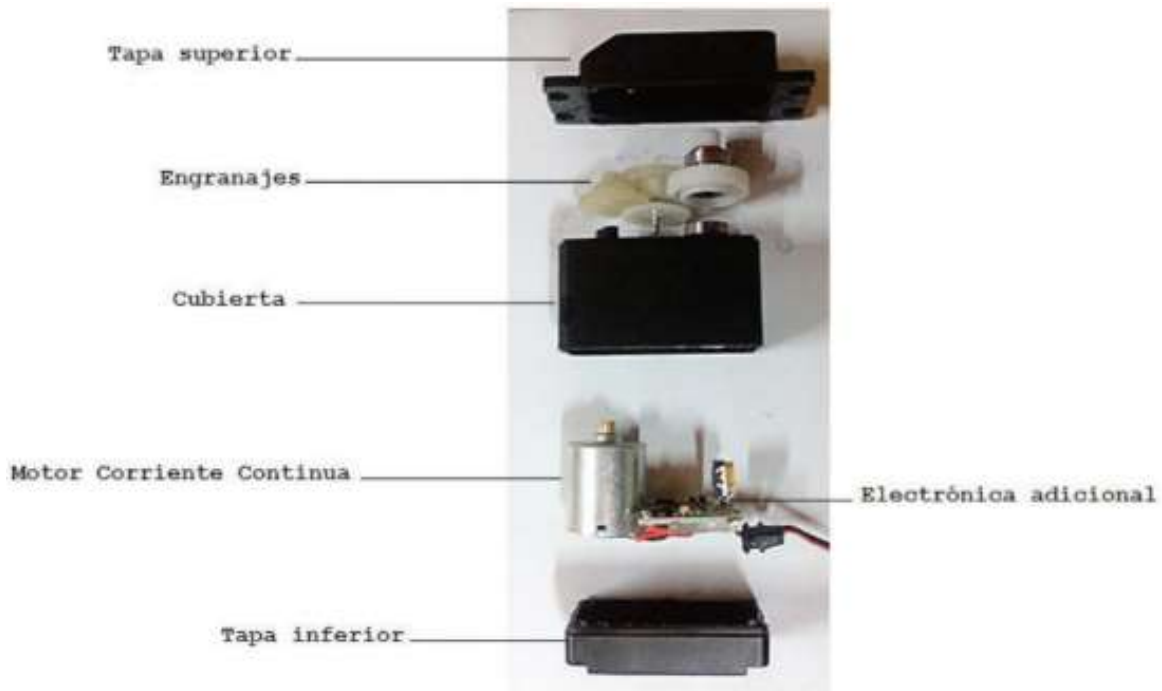


Figura 14.

Componentes internos de un servomotor.

Fuente: Tomado de “Robótica y domótica básica con Arduino”, por P. Porcuna, 2016. Madrid, España: RA-MA, p.235.

“Como se puede observar en la imagen del servomotor sin desmontar, tenemos un conector con tres hilos o cables. Estos cables son: + V (positivo), Masa (negativo), señal (datos).

Dependiendo del fabricante, tendremos distintos colores para diferenciar cada uno de estos cables.

La siguiente imagen muestra la relación entre color y función del cable” (Porcuna, 2016).

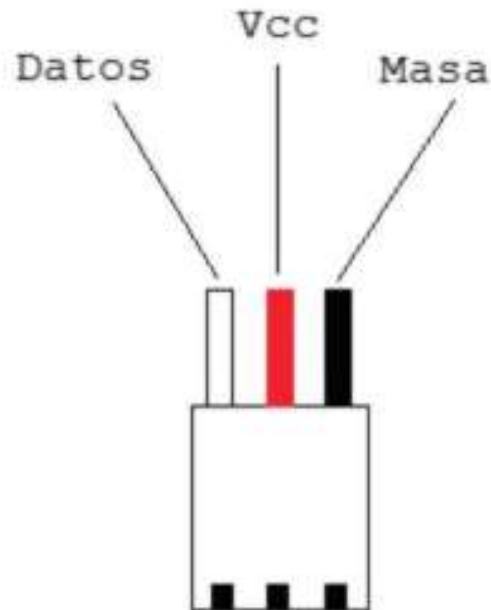


Figura 15.
Pines de conexión de un servomotor.

Fuente: Tomado de “Robótica y domótica básica con Arduino”, por P. Porcuna, 2016. Madrid, España: RA-MA, p.235.

(Porcuna, 2016). Señala que, “según el fabricante del servomotor, los colores pueden variar, pero en la mayoría de los casos se empleará el rojo para el positivo, el negro para el negativo y el color restante para gobernar el servo.

Para gobernar un servomotor se deberá introducir por el terminal “señal” un pulso que, dependiendo de la duración y frecuencia, colocará el motor en la posición deseada. Para programar un servomotor utilizaremos una librería especial para servomotores.

Esta librería se denomina Servo.h y viene por defecto en el IDE de Arduino”.

El siguiente esquema muestra la conexión del servomotor con Arduino:

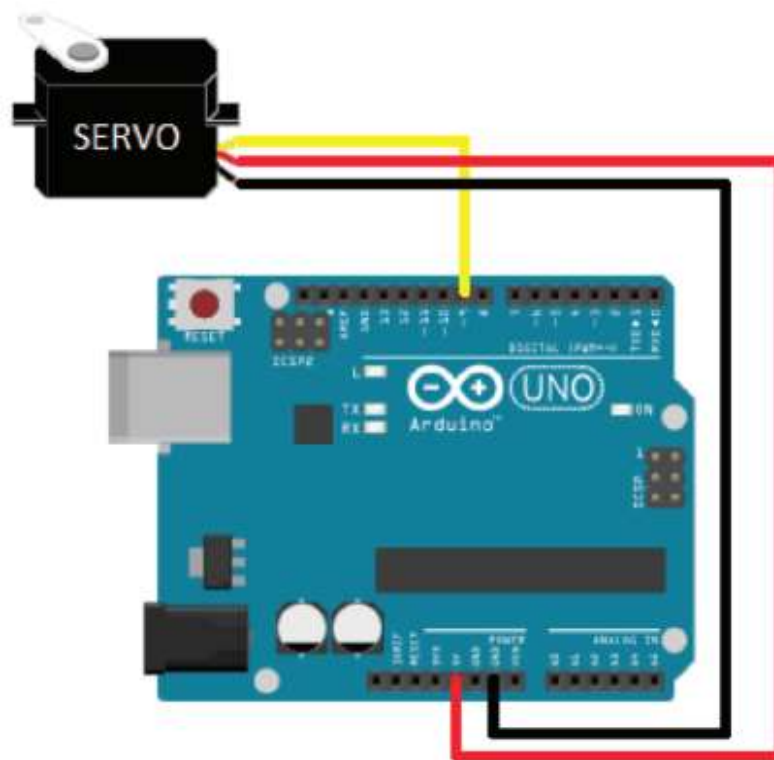


Figura 16. Conexión de servomotor con Arduino.

Fuente: Tomado de “Robótica y domótica básica con Arduino”, por P. Porcuna, 2016. Madrid, España: RA-MA, p.237.

Señala que “el cable amarillo es para el pin de datos. El rojo para los +5 v y el negro, para el negativo o masa” (Porcuna, 2016).

MOVIGEAR el sistema de accionamiento mecatrónico

En diferentes industrias alimenticias, automovilísticas o de bebidas, en la logística aeroportuaria o la intralogística en general, deben cumplir con ciertos requisitos como los sistemas de transporte siendo estos cada vez más específicos y exigentes. Por esa razón SEW-EURODRIVE ha realizado investigaciones para diseñar soluciones de aplicación óptimas. Teniendo como resultado el sistema de accionamiento mecatrónico MOVIGEAR. Su compacto diseño otorga numerosos beneficios y es particularmente adecuado para la planificación efectiva de sistemas de transporte.

En los actuales sistemas de transporte la carcasa optimizada se integra de manera perfecta, permitiendo generar nuevos productos bajo puntos de vista completamente innovadores. En su

guía menciona que con este “sistema de accionamiento mecatrónico se pueden conseguir, sin ninguna restricción, pares de aceleración y de arranque muy elevados después de largos tiempos de parada de la instalación. Puede reducirse considerablemente la potencia requerida en la instalación.

MOVIGEAR es el desarrollo coherente del concepto de los sistemas de accionamiento descentralizados y tiene ya un enorme éxito tanto desde el punto de vista técnico como económico.

El sistema se diseñó desde el primer momento como un conjunto. La enorme eficacia del sistema MOVIGEAR contribuye a reducir los costes de energía. La integración y la adaptación entre todos los componentes del accionamiento aumentan la disponibilidad de la instalación y prolongan su vida útil.

MOVIGEAR es un sistema inteligente y auto gestionado que, gracias a su buena integración en una red, reduce los tiempos de puesta en marcha y realiza de forma independiente las tareas de control y mantenimiento. En combinación con un software de aplicación funcional, las tareas de accionamiento se solucionan de la forma más sencilla” (SEW Eurodrive, 2019).

Principales ventajas:

- Diseño compacto: motor, reductor y electrónica unidos en un sistema de accionamiento mecatrónico
- Fácil diseño y planificación de la instalación
- El reducido número de modelos permite diseñar y desarrollar sistemas de transporte estándares con módulos estándares prefabricados y comprobados
- Adaptación optimizada de la potencia del sistema de accionamiento a la aplicación
- Gastos de almacenamiento más bajos gracias a la reducción de variantes
- Índice de protección elevado
- Superficies con diseño higiénico para aplicaciones en zonas higiénicas
- Ausencia de remolinos de gérmenes, suciedad o aire
- No va equipado con ventiladores, por lo que la emisión de ruidos es reducida (adecuado para utilizar en puestos de trabajo manual)
- Reducción de los costes de energía gracias al alto rendimiento de todos los componentes (reductor, motor, electrónica)

- El desarrollo del sistema de todos los componentes proporciona una gran fiabilidad
- Reducción de los costes de servicio y generales del sistema de transporte.
- Tamaño de MOVIGEAR
- MGF.2 (clase de par: 200 Nm)
- MGF.4 (clase de par: 400 Nm)
- MGF.4/ET (clase de par: 400 Nm) = Opción "Par aumentado" (ampliación del par nominal del motor en funcionamiento continuo).
- Tipos de versión de MOVIGEAR
- MOVIGEAR con eje hueco y chaveta
- MOVIGEAR con conexión de fijación TorqLOC

La siguiente figura muestra un MOVIGEAR MGFT.2 con conexión de fijación TorqLOC® y un MOVIGEAR MGFA.4A, así como un MGFA.4/ET con eje hueco y chaveta” (SEW Eurodrive, 2019).

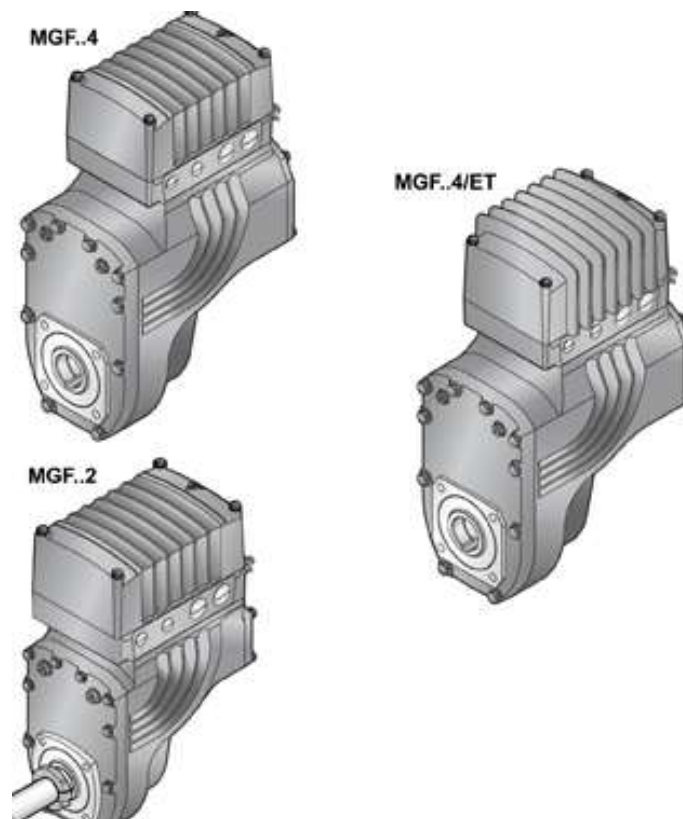


Figura 17.
MOVIGEAR MGFT.2 con conexión de fijación TorqLOC y un MOVIGEAR MGFA.4A y un MGFA.4/ET con eje hueco y chaveta.

Fuente: Tomado de “MOVIGEAR el sistema de accionamiento mecatrónico”, por SEW Eurodrive, 2019.

(Peltoniemi, 2016) Refiere que un MOVIGEAR “está compuesto por dos partes esenciales que son el hardware y Software:”

2.5 HARDWARE

Para (Peltoniemi, 2016) “Esta forma de realización incluye 19 piezas de MOVIGEAR MGFAS2 DSM DSC-B / ECR-uso, así como dos unidades de control DHF41B / OMC41B-T0 / UOH21B.

MOVIGEAR tiene tres componentes principales:

- A la unidad
- Un motor eléctrico
- La caja de cambios” (Peltoniemi, 2016) .

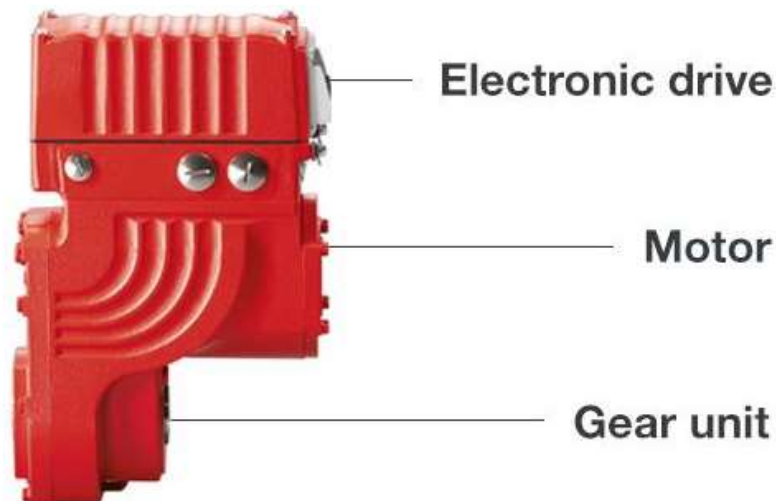


Figura 18.
MOVIGEAR MGFAS2-DSM-DSCB / ECR operación.

Fuente: Tomado de “La modernización de la unidad transportadora y la mejora de la eficiencia energética”.

Señala que MOVIGEAR es muy flexible, como el rango de velocidad del motor eléctrico es 1-2000 revoluciones por minuto. Relación de transmisión caja de cambios es 12,14, lo que significa un rango de control de velocidad de 0,08 a 164,7 rpm.

Para hallar la eficiencia general de un motor MOVIGEAR, se obtiene multiplicando tres valores que se explican a continuación:

η_k = el uso de la eficiencia global

η_m = la eficiencia del motor eléctrico

η_v = una eficiencia de engranaje de aguja

η_t = la eficiencia unidad

$$\eta_k = \eta_m * \eta_v * \eta_t$$

Un MOVIGEAR tiene su propio convertidor de frecuencia. Esto permite que la llamada descentralizada de la instalación, para lo cual ya no es necesario concentrar una gran cantidad de frecuencias unidades en el mismo armario eléctrico, que se tira de cableado separado para cada el motor eléctrico. La placa de control también se puede montar en un pequeño espacio o al armario eléctrico línea adyacente a la que el cable se tira a la primera utilización. Un primer acceso aquí se combina en la operación por cable, entonces el segundo el tercero y esto se repite; hasta que todos al mismo circuito montado unidades están conectadas. La instalación puede ser utilizar un cable híbrido con una fuente de alimentación y SBUS bus en el mismo cable “.

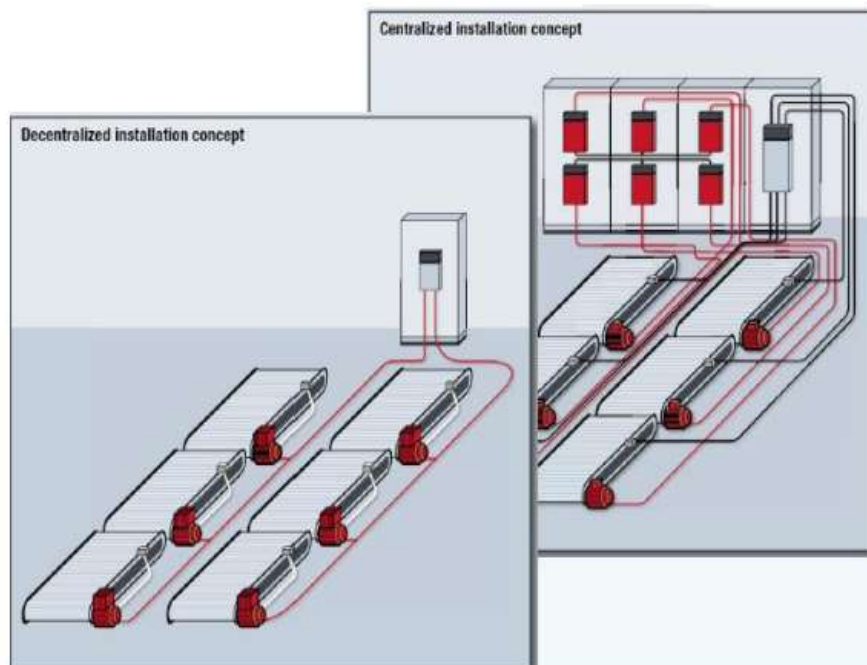


Figura 19.
Instalación centralizada y descentralizada.

Fuente: Tomado de “La modernización de la unidad transportadora y la mejora de la eficiencia energética”.

Costes

El costo de SEW ofreciendo la primera composición alternativa describe MOVIGEAR-off unidad de control de dos DHF41B / OMC41B-T0 / UOH21B. (Peltoniemi, 2016).

Cables trabajos de instalación.

La instalación distribuida o descentralizada ahorra costes porque el cable no necesita exportar centros SELTA, casi tanto como el reemplazo para el modelo de instalación centralizada. Cuando los actuadores están divididos los dos circuitos, la necesidad del cable es de aproximadamente 100 metros. Cable con fuente de alimentación y SBUS la comunicación de la misma, es un poco más valioso que lo normal, pero la diferencia de precio no es significativa. Los costos de instalación se calculan en 2,5 horas por única aplicación” (Peltoniemi, 2016).

Hardware

Segunda forma de realización del aparato consiste en 19 SF57 DRN80M4 / TF / C - unos motores de engranajes helicoidales y estos guías 19 de MC07B0008-5A3-4-00 convertidores de frecuencia. Worm Gear Motor consta de dos componentes: (Peltoniemi, 2016).

- Un motor eléctrico
- La caja de cambios” (Peltoniemi, 2016).



Figura 20.
Motorreductor SEW-gusano.

Fuente: Tomado de “La modernización de la unidad transportadora y la mejora de la eficiencia energética”.

Costes

El costo de SEW Oy de ofrecer otra alternativa, consistirá

DRN80M4 19 SF57 / TF motorreductor / C gusano 19 MC07B0008-5A3-4-00 inversor cableado trabajos de instalación. “ (Peltoniemi, 2016).

Sistema descentralizado MOVIGEAR

Control independiente de cada MOVIGEAR Reducción del número de componentes (variadores de frecuencia, tableros, cables de fuerza y control).

- No necesita cableado adicional para el bus de comunicación.
- No hay necesidad de utilizar tableros de control.
- Reducción del Tiempo de Instalación y del costo del Proyecto.” (Peltoniemi, 2016).

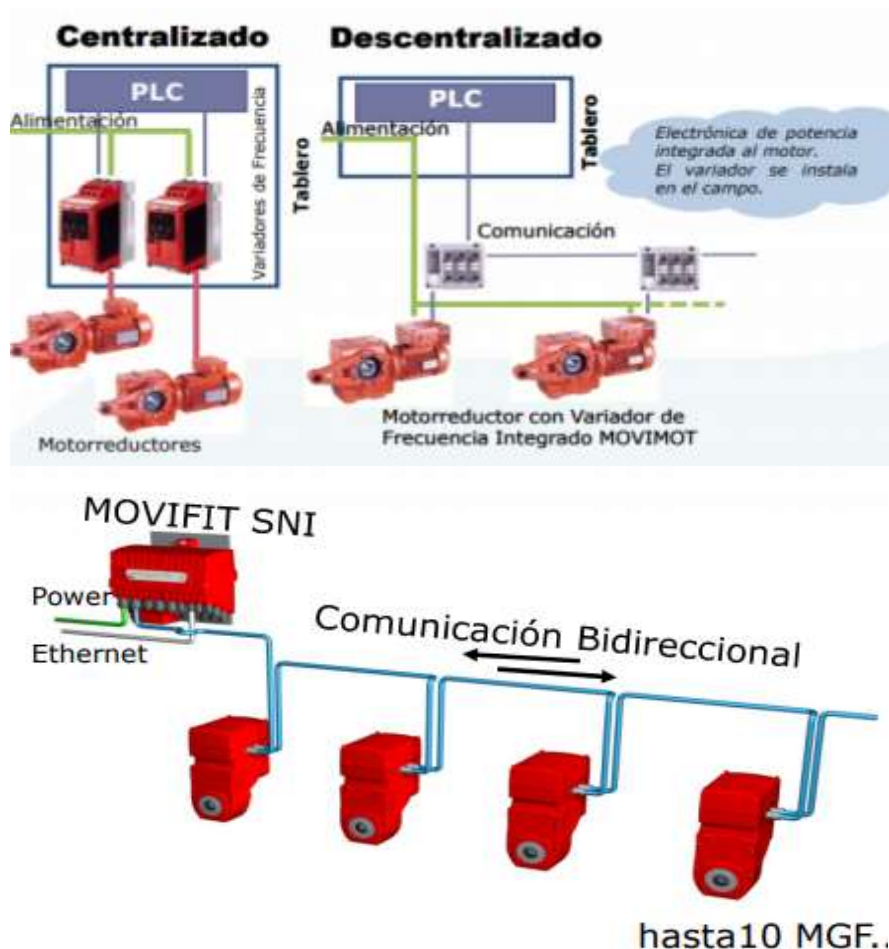


Figura 21.
Comunicación centralizada y descentralizada MOVIGEAR.

Fuente: MOVIGEAR®-SNI / Manual del sistema / 2008-03
MOVIFIT SNI

- Soporta hasta 10 MOVIGEAR (longitud de cable máx. 100m)
- Voltaje de 380...500V / 50/60Hz. Grado de Protección IP65 (Opcional IP69K)
- Switch de Mantenimiento (no disponible en versión IP69K)
- Comunicación Ethernet (UDP/IP) de 100Mbits/s (full duplex)
- 12 Entradas Digitales y 4 Entradas/Salidas Digitales (24V)” (MOVIFIT®-FDC-SNI, 2010)
- Comunicación SNI- Visión general
- “Rápida Parametrización de equipos mediante una PC con MOVIVISION.
- Requiere de un PLC que controle el sistema.
- Distancia máxima armario de conexiones a MTN de 100 m.
- Máximo 10 MOVIFIT en un tramo.
- Máximo 10 MOVIGEAR en un tramo SNI.” (MOVIFIT®-FDC-SNI, 2010)

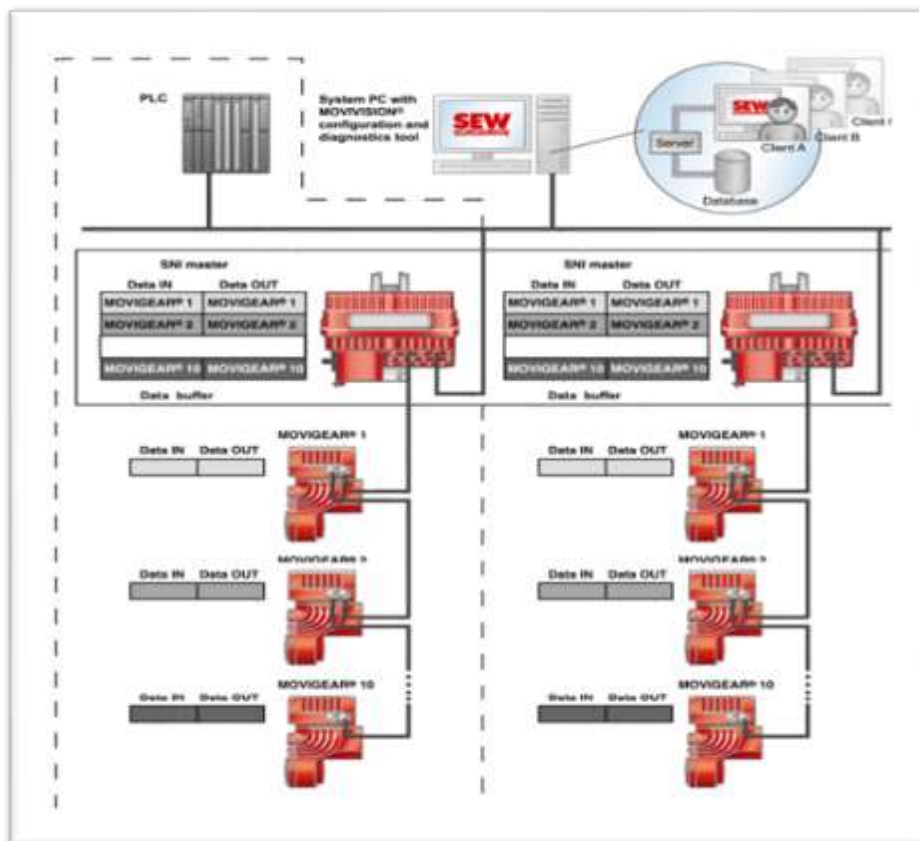


Figura 22.
Comunicación SNI.

Fuente: Operating Instructions, SEW EURODRIVE

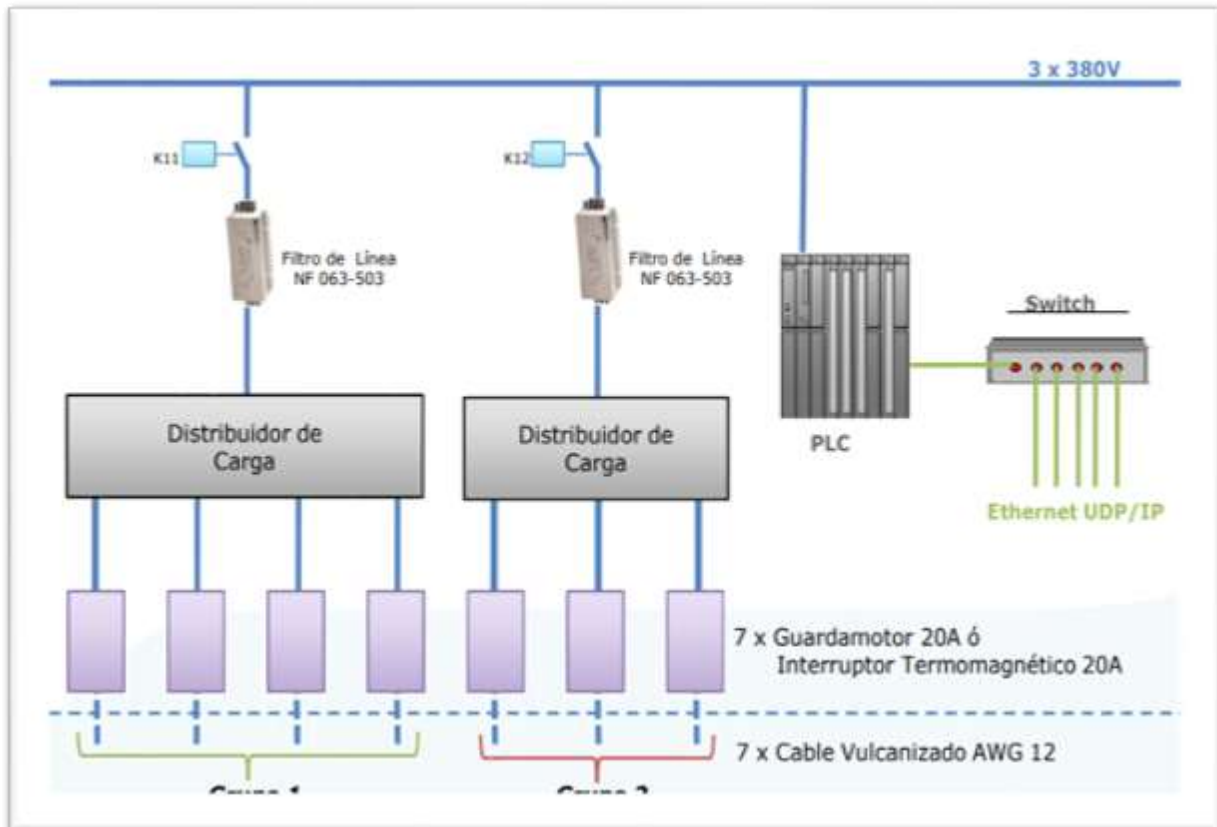


Figura 23.
Tablero de mando y control

Fuente: *Operating Instructions, SEW EURODRIVE*

Reducción de costos

Menor tiempo de ingeniería:

- Módulos de la máquina disponibles debido al concepto modular.
- Instalación estructurada y esquema de cableado sencillo.
- Interfaces universales.
- Menor tiempo de instalación y puesta en marcha:
- Ahorro de cables y reducción del trabajo de instalación.
- Puesta en marcha de secciones de máquina por separado.
- Uso de un software de control modular.

Variadores de velocidad

(Linares, 2010) Expresa que “el desarrollo de la electrónica de potencia en la permanente búsqueda de nuevos y mejores dispositivos, así como el incremento en la velocidad de cálculo

de los modernos micro controladores, ha permitido fabricar equipos eficientes para la generación de ondas de corriente alterna con frecuencia y 28 tensión controladas que, suministradas al motor hacen de éste una maquina tan versátil para el control de torque y velocidad, como lo es el motor DC.

“Un variador de frecuencia modifica la velocidad a través de la variación de frecuencia, puede ser programado para cambiar la velocidad en un proceso de manera controlada sin causar disturbios en la red de alimentación. De esta manera controla la velocidad de giro en motores de corriente alterna (AC) mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor”. (Autycom, 2019).

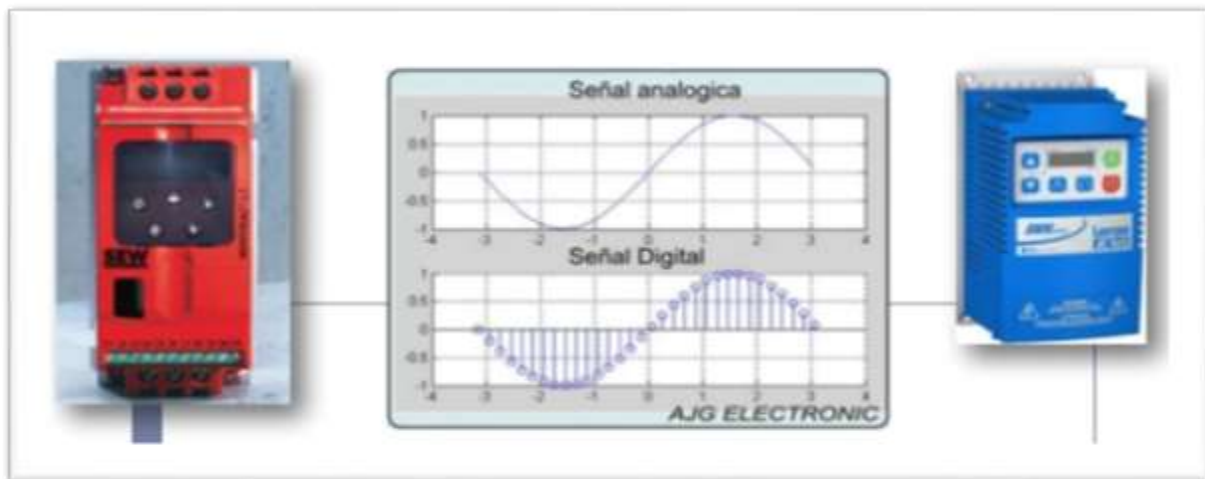


Figura 24.
Variador de velocidad.

Tomado de “Variador de velocidad”, por F. Nazar, 2013.

Etapas de un variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por varias etapas:

“Etapa rectificadora: Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

“Etapa intermedia: Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.”

“Inversor o "Inverter": Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobre corriente, sobre tensión, baja tensión, cortocircuitos, puestas a masa del motor, sobre temperaturas, etc.”

“Etapa de control: Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia, y además controla los parámetros externos en general, etc.” (Herice, 2013).

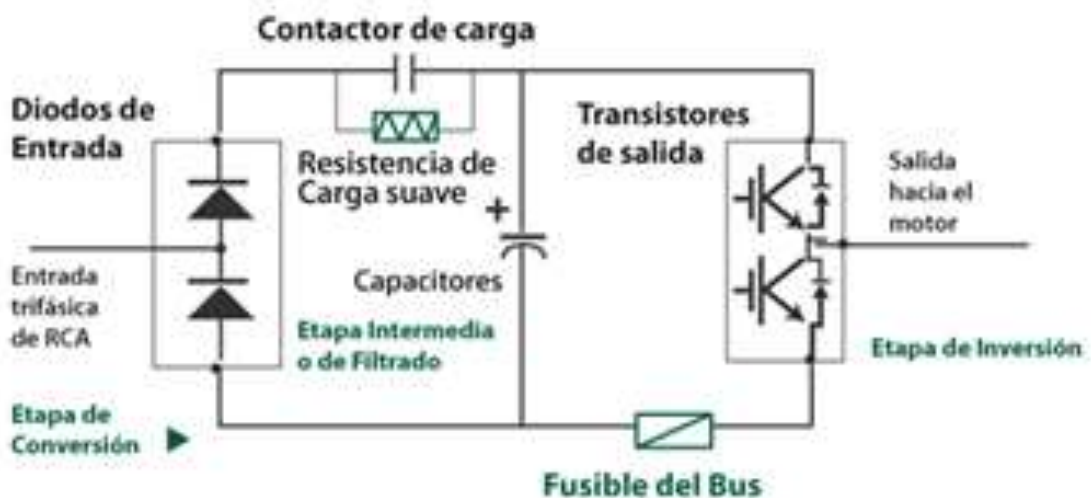


Figura 25.

Funcionamiento de un variador de Frecuencia

Tomado de “¿Qué es un variador de frecuencia y cómo es que funciona?”, por Quiminet, 2011

(Quiminet, 2011). Explica que el variador “alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal; posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.”

El proceso de conmutación de los transistores es llamado PWM "Pulse Width Modulation" Modulación por ancho de pulso “.

“Al tener control en la frecuencia de la onda de corriente podemos también controlar la velocidad del motor de acuerdo a la siguiente fórmula:”

$N_m = \frac{120 \times f (1 - s)}{P}$	<p>Nm = velocidad mecánica (rpm)</p> <p>F= frecuencia de alimentación (Hz)</p> <p>S= deslizamiento (adimensional)</p> <p>P= número de polos</p>
--	---

Figura 26.

Fórmula de la velocidad síncrona de motor

Fuente: Tomado de “¿Qué es un variador de frecuencia y cómo es que funciona?”, por Quiminet, 2011.

Componentes internos

Un variador de frecuencia está compuesto invariablemente por los siguientes elementos:

Circuito rectificador

Recibe la tensión alterna y la convierte en continua por medio de un puente rectificador de diodos de potencia.

Circuito intermedio

Consiste en un circuito LC que suaviza el rizado de la tensión rectificadora y reduce la emisión de armónicos hacia la red.

Inversor

Convierte el voltaje continuo del circuito intermedio en uno de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Se emplea el sistema IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor) para generar los pulsos de voltaje de manera controlada.

Circuito de control

“El circuito de control enciende y apaga los IGBT para generar los pulsos de tensión y frecuencia variables. Además, realiza las funciones de supervisión de funcionamiento

monitoreando la corriente, voltaje, temperatura, etc. con interfaces amigables de fácil empleo”. (Autycom, 2019)

“Como dato curioso, algunos fabricantes también llaman a los variadores de frecuencia como Inversores (Inverters) debido a que, como explica el diagrama, éste es el componente principal del dispositivo.” (Autycom, 2019)

“Es importante considerar que el uso de variadores de frecuencia dentro de tu industria brinda diversas ventajas entre las que destacan el aumento de la productividad; la reducción en el consumo de energía eléctrica y un incremento en la vida útil de los motores al prevenir su deterioro y al evitar interrupciones que ocasionen tiempos de improductividad”. (Autycom, 2019).

Eficiencia energética

“La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto” (Matesanz Parellada, 2008)

(Dirección General de Eficiencia Energética, 2019, pág. 10) Señala que “la eficiencia energética es una herramienta útil para reducir el consumo de energía y optimizar el proceso productivo; es decir producir más o igual, pero con menos energía. En consecuencia, los Empresarios tienen la oportunidad de aumentar productividad y maximizar el beneficio, ya que el consumo energético en la industria es proporcional a la situación económica y los ciclos económicos”.

Sistema automatizado para el control de botellas

Sistema de transporte

“Los sistemas de transporte no solo se limitan a la cadena sin fin, las líneas de transporte pueden ser de rodillos de cintas sin fin, de plataformas guiadas sobre bancadas o railes, etc. Su selección depende de la aplicación a que se destina.

El sistema más primordial es el de correa o cinta sin fin, cuya misión es estrictamente la de transportar piezas de un punto a otro, sobre el mismo plano o distintos planos.

Las líneas de rodillos se emplean más que nada para objetos voluminosos los cuales avanzan en ella por gravedad, a la ligera pendiente de las mismas, se aplican en sistemas de embalaje o de montaje, donde los tiempos invertidos en dicha operación son relativamente largos. En el caso de transporte de raíles puede presentar dos variantes, que las plataformas donde van los objetos avancen sobre los raíles por gravedad o por el arrastre de una cadena, Navarro (1975)” citado por (Gonzalez, 2012)

Bandas transportadoras

“Las bandas y rodillos transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo otro punto. Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continuada”. (Gonzalez, 2012).

Sistema de llenado de botellas

“El llenado de botellas inicia en las maquinas lavadoras, donde varias unidades se someten a un proceso de lavado y esterilización, que garantiza la higiene total de los envases.

Las botellas provenientes de la máquina de lavado son conducidas por una cinta transportadora hacia el equipo de llenado del producto

Las botellas ingresan a este proceso, seca por dentro. Las botellas ingresan a la maquina llenadora, donde efectúan un recorrido circular

La operación de llenado se realiza mediante un sistema de boquillas que llenan la botella con el producto que previamente ha ingresado a una tolva alimentadora, desde donde se reparte por un juego de tuberías y válvulas hacia las boquillas.

Una vez que la botella ha sido llenada, esta sale a un sistema mecánico de colocación de la tapa corona por presión.

Las botellas llenas y selladas se conducen por la banda transportadora hacia el proceso de etiquetado”. (Gonzalez, 2012).

Transportadores de materiales

Existen diversos modelos de transportadores de materiales, los cuales varían su forma constructiva en función de la capacidad de transporte (TM/Hr, botellas/Hr, m/min, productos/Hr, etc.), la densidad del producto, la forma del producto, el área donde será instalado, etc.

El diseño, selección y diseño de fajas transportadoras para productos "pesados" (principalmente minería) está normalizado por la Asociación de Fabricantes de Equipos Transportadores (CEMA).

Por otro lado, tenemos los transportadores para productos livianos, los cuales tienen su principal mercado en el transporte de gaseosas, cervezas, alimentos, conservas, equipaje o cualquier producto liviano, para los que se utiliza principalmente transportadores de tablillas y otros" (Linares, 2010).

Transportadores de tablillas

“Los transportadores de tablillas son un conjunto de eslabones en forma de tablilla, las cuales pueden ser de acero inoxidable, estándar o de baja fricción, nilón, plásticas de poli acetal, etc.; y están conformados por la cadena de transporte, engranajes motrices, superficie de deslizamiento y los rodillos de apoyo. La cantidad de cadenas de transporte y engranajes dependerá fundamentalmente del ancho y del largo del transportador.

La principal característica que deben tener estos transportadores es ofrecer la menor resistencia al avance del producto, es decir, en el caso que el producto sea detenido y la faja siga en funcionamiento, 10 pues la fricción entre ambas debe ser la mínima para asegurar que no exista un bloqueo en el transportador. Para este tipo de aplicaciones es usual tener motores acoplados a reductores y/o a algún elemento de transmisión como fajas y poleas, cadenas y piñones, o engranajes y piñones.” (Linares, 2010).

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL MODELO ACTUAL

3.1. INTRODUCCIÓN

Para entender el objetivo de este proyecto, se procedió a realizar una explicación de la estructura y el funcionamiento de la línea actual, así como los parámetros de velocidad de los transportadores y moto reductores encargados de las mismas y el diagnóstico energético y funcional de la actual línea Zegla.

Todo esto de suma importancia para la elaboración de esta investigación, ya que es la base para la evaluación de la mejora propuesta, y el porqué de su pertinencia ante los requerimientos de la Empresa embotelladora.

3.2 MODELAMIENTO ACTUAL.

3.2.1. Estructura y el funcionamiento actual de la línea Zegla

3.2.1.1 Proceso productivo de la Bebida Gasificada

El procedimiento para iniciar la producción de bebidas refrescantes, empieza con el agua, la cual es tratada y depurada para llevar a cabo de forma correcta las normativas de control de calidad, que acostumbra a estar sobre las del suministro de agua local, exigidas fundamentalmente por las Normas ISO 9001. Este procedimiento es de suma importancia para lograr un producto de alta calidad y con cualidades apropiadas de sabor.

Para el proceso productivo de la bebida gasificada, se debe cumplir con el siguiente conjunto de pasos:

Adquirir el agua, obtenida del propio pozo.

Posteriormente pasa por procedimientos de purificación, filtrado en arena y en carbón activado.

Luego de pasar por esos procedimientos se mezcla con azúcar para la obtención del jarabe simple, al cual se le incorporan preservantes, concentrados, obteniéndose el jarabe terminado.

Asimismo, mientras los ingredientes se mezclan, el agua tratada es trasladada por medio de tuberías a inmensos tanques de acero inoxidable. Siendo esta la fase donde diversos ingredientes entre los que se encuentran los colorantes alimentarios; son incorporados y mezclados.

Para la producción de la carbonatación (absorción de CO₂), se emplean grandes sistemas de refrigeración a base de amoníaco para enfriar las bebidas refrescantes. Esto es lo que permite a los productos carbonatados su textura y efervescencia. El CO₂ es almacenado en estado líquido; siendo trasladado por medio de tuberías a las unidades de carbonatación cada vez que sea necesario. Este procedimiento puede ser manipulado para regular la velocidad de absorción requerida por cada tipo de bebida. Dependiendo del producto, las bebidas refrescantes logran tener desde 15 a 75 libras por pulgada cuadrada de CO₂.

Entre las bebidas que contienen menos carbonatación en comparación a las de agua con gas o colas; se encuentran las refrescantes con sabor a frutas. Una vez que las bebidas son carbonatadas, están listas para envasarse en botellas de latas, vidrios o plástico (PET).

Una vez que la mezcla de jarabe tenga preservantes, CO₂ o concentrados, se dirige a la llenadora de la línea de producción, donde se muestran diversos puntos para que las bebidas gaseosas sean finalmente embotelladas.

3.2.1.2 Descripción del funcionamiento de la línea Zegla

La Planta embotelladora de la Empresa cuenta con cinco líneas de envasado dentro de las cuales se tiene una línea exclusivamente para envases Pet, denominada línea 3 o línea Zegla.

En los meses considerados temporada alta (junio, julio, noviembre y diciembre) las producciones se dan de modo continuo, en tres turnos de lunes a viernes y sábados solo dos turnos. En los meses de temporada baja (enero, febrero, marzo, abril, mayo y desde agosto, setiembre octubre) las producciones solo se dan en 2 turnos de lunes a sábado.

Se trabajan 3 turnos con los siguientes horarios:

- Primer turno 6:00 – 14:00 horas
- Segundo turno 14:00 - 22:00 horas
- Tercer turno 22:00 – 6:00 horas.

Estos turnos tienen intervalos de paro de 4 horas diarias para el saneado de llenadoras y limpieza de toda la línea de producción.

Por otra parte, los domingos se programan actividades de mantenimiento preventivo de limpieza, ajuste y cambio de refacciones, de ser detectadas anomalías entre semana, se realiza un mantenimiento correctivo.

Línea de producción N°3

Es un proceso en donde el envase de gaseosa es inspeccionado, para que al momento de realizar el llenado del producto no se encuentre con algún tipo de partículas. Ya sea por un mal enjuague después de la maquina enjuagadora o por partículas extrañas al momento del proceso de soplado de botellas.

El proceso de producción para la línea Zegla comienza cuando el operador de montacargas va depositando los pallets con botellas vacías, en este punto el encargado del despaletizador será el que continúe con el trabajo. Luego las botellas son transportadas hacia el rinser y luego a la llenadora de botellas.

Después de ser llenado con bebida, el envase pasa al proceso de capsulado, donde se le colocara el tapón de botellas. Posteriormente los transportadores trasladan las botellas llenas hacia el proceso de empaquetado a través de la maquina Packers Vitz, que consta de un agrupador y un horno termoencogible, para su posterior paletizado final.

La línea Zegla es la única línea que produce formatos desde 1000ml hasta 3000ml, además esta cuenta con 15 formatos (recetas) de producción, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Velocidades de llenado y recetas Línea Zegla

línea	Cod. Sap	PRODUCTOS	VELOCIDAD NOMINAL (BPM)	Velocidad REAL (BPM)	CAPACIDAD VOLUMETRICA (lit)	Temperatura refrigeración MIN	Temperatura refrigeración MAX	lit/hor
LINEA 3								
línea 3	25 2434	PET2500ml x 06 COCA COLA	190	190	250	6	8	2500
línea 3	25 1206	PET3000ml x 04 COCA COLA	160	160	300	6	8	3000
línea 3	25 0471	PET2250ml x 06 COCA COLA	205	205	225	6	8	2250
línea 3	25 0070	PET2250ml x 06 INCA KOLA	205	205	225	6	9	2250
línea 3	25 0382	PET3000ml x 04 INCA KOLA	160	160	300	6	9	3000
línea 3	25 0774	PET2250ml x 06 FANTA NARANJA	205	205	225	6	8	2250
línea 3	25 0691	PET3000ml x 06 FANTA NARANJA	160	160	300	6	8	3000
línea 3	25 0456	PET3000ml x 04 FANTA NARANJA	160	160	300	6	8	3000
línea 3	25 0498	PET2250 x 06 SPRITE	205	205	225	6	8	2250
línea 3	25 0411	PET3000ml x 04 CRUSH NARANJA	160	160	300	7	8	3000
línea 3	25 1312	PET3000ml x 06 CRUSH NARANJA	160	160	300	7	8	3000
línea 3	25 4722	PET3000ml x 04 CRUSH MANZANA	160	160	300	7	8	3000
línea 3	25 4723	PET3000ml x 04 CRUSH PIÑA	160	160	300	7	8	3000
línea 3	25 4692	PET3000ml x 04 CRUSH TUTI FRUTTI	160	160	300	7	8	3000
línea 3	25 1641	PET2500ml x 06 SAN LUIS SIN GAS	190	190	250			2500

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se puede indicar que un proceso productivo consta de etapas consecutivas donde los insumos sufren algún tipo de variación hasta obtener un producto final para luego ser ubicado en el mercado. Lo que implica una sucesión de operaciones de diseño, producción y de distribución combinadas, ejecutadas por distintas unidades y recursos tanto humanos, como físicos, económicos y tecnológicos. Abarcando desde la extracción y manufacturación de la materia prima hasta su consumo final.

En el esquema que se muestra en la figura 27, se puede visualizar un plano realizado en AutoCAD de la línea 3 de llenado de la Planta. También se observa la ubicación y distribución de los distintos motores de toda la línea, así como los motores de transmisión de los transportes de botella, de igual manera se puede apreciar las diferentes fases a las que es sometido el proceso; apuntando cada uno de los equipos que la conforman.

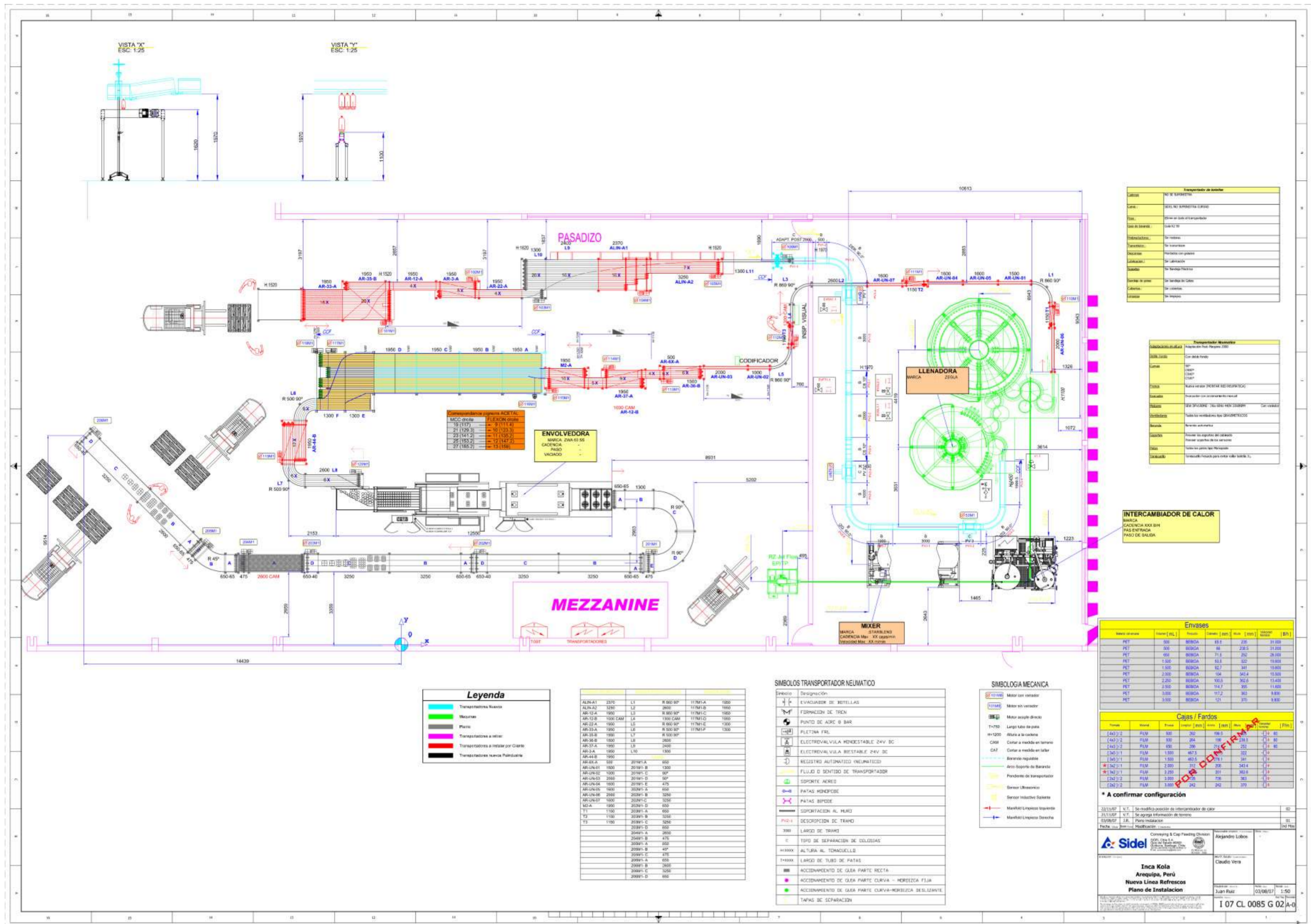


Figura 27.
 Diagrama de proceso productivo para línea Zegla
 Fuente: Elaboración Propia (Registro de la Empresa)

En la siguiente figura se puede observar una vista en tiempo real de la línea de producción, mostrando el proceso descrito en el diseño.

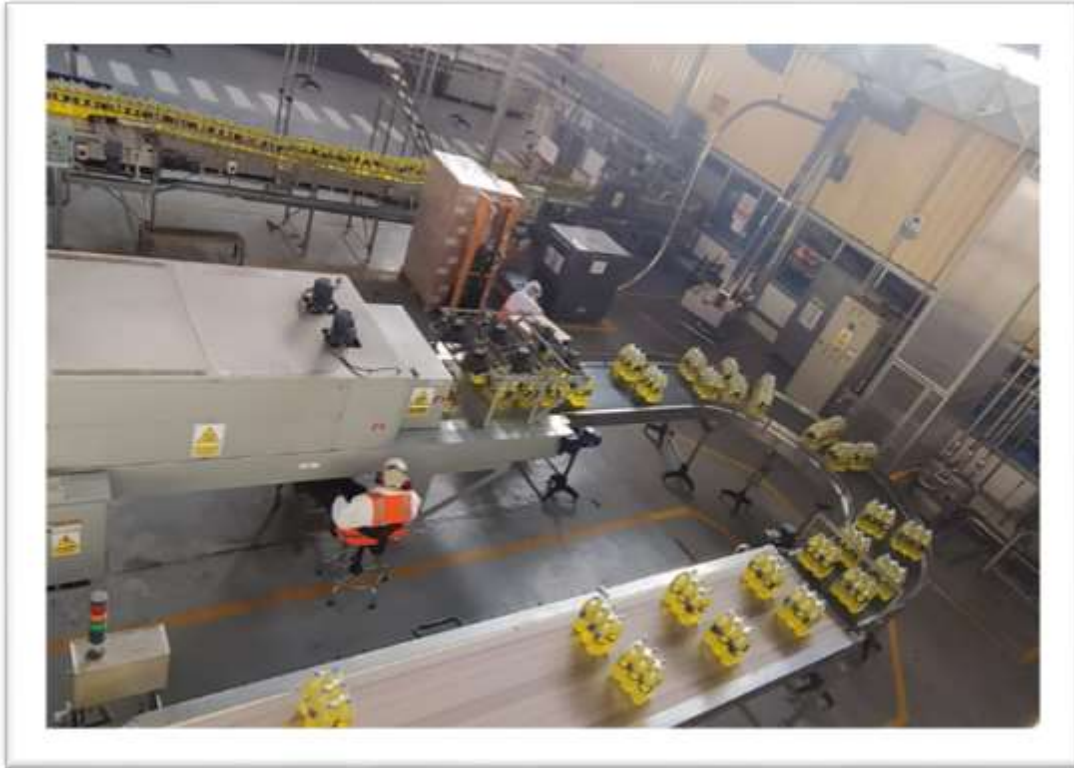


Figura 28.

Vista General de la Línea de Producción

Fuente: Elaboración Propia (Registro de la Empresa)

3.2.1.3 Estructura eléctrica del control de los transportadores

El empleo de la energía eléctrica en toda instalación es fundamental, por esa razón, las organizaciones buscan óptimas alternativas tecnológicas en relación a paneles eléctricos o gabinetes metálicos eléctricos. Los cuales deben respetar una serie de normativas que garantizan el correcto funcionamiento y suministro de energía. De esta manera, con el adecuado flujo de distribución de la energía se puede garantizar la seguridad de las instalaciones que tengan un tablero industrial.

La estructura eléctrica actual de control de arranque y regulación de velocidades de los transportes de la línea Zegla, mantienen una estructura convencional, donde el tablero controla al variador y al mismo tiempo al motorreductor.

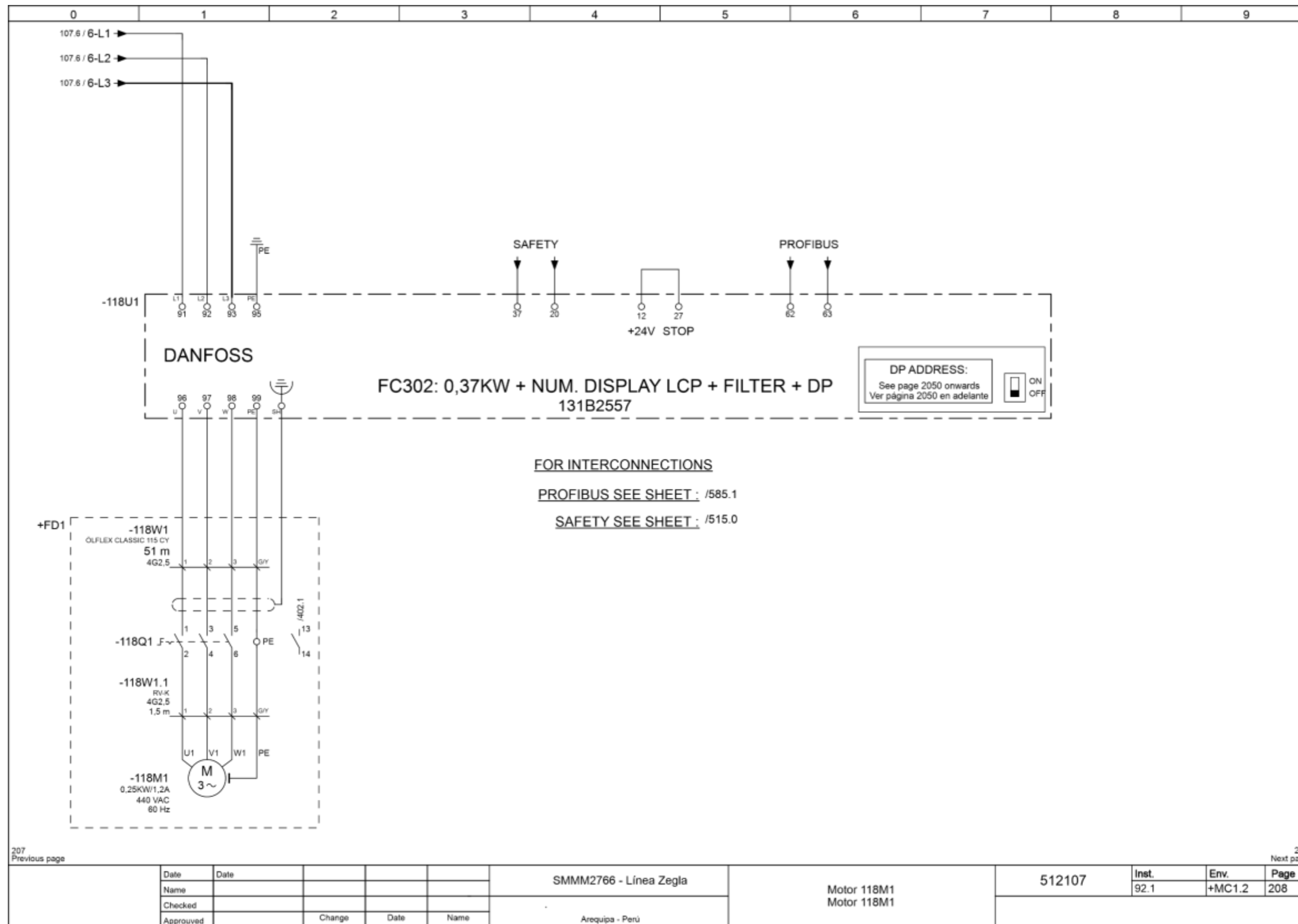


Figura 29.
Estructura eléctrica

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura 30 muestra como es la estructura obtenida con el software de programación de PLC STEP 7 de Siemens, mostrando el control desde el PLC.

Asimismo, se puede apreciar, la existencia en el circuito de 22 variadores, 3 módulos periféricos que reciben las señales de campo de los sensores y un PLC cuyo modelo es CPU 414-2DP (PLC) que controla el funcionamiento de todo el sistema.

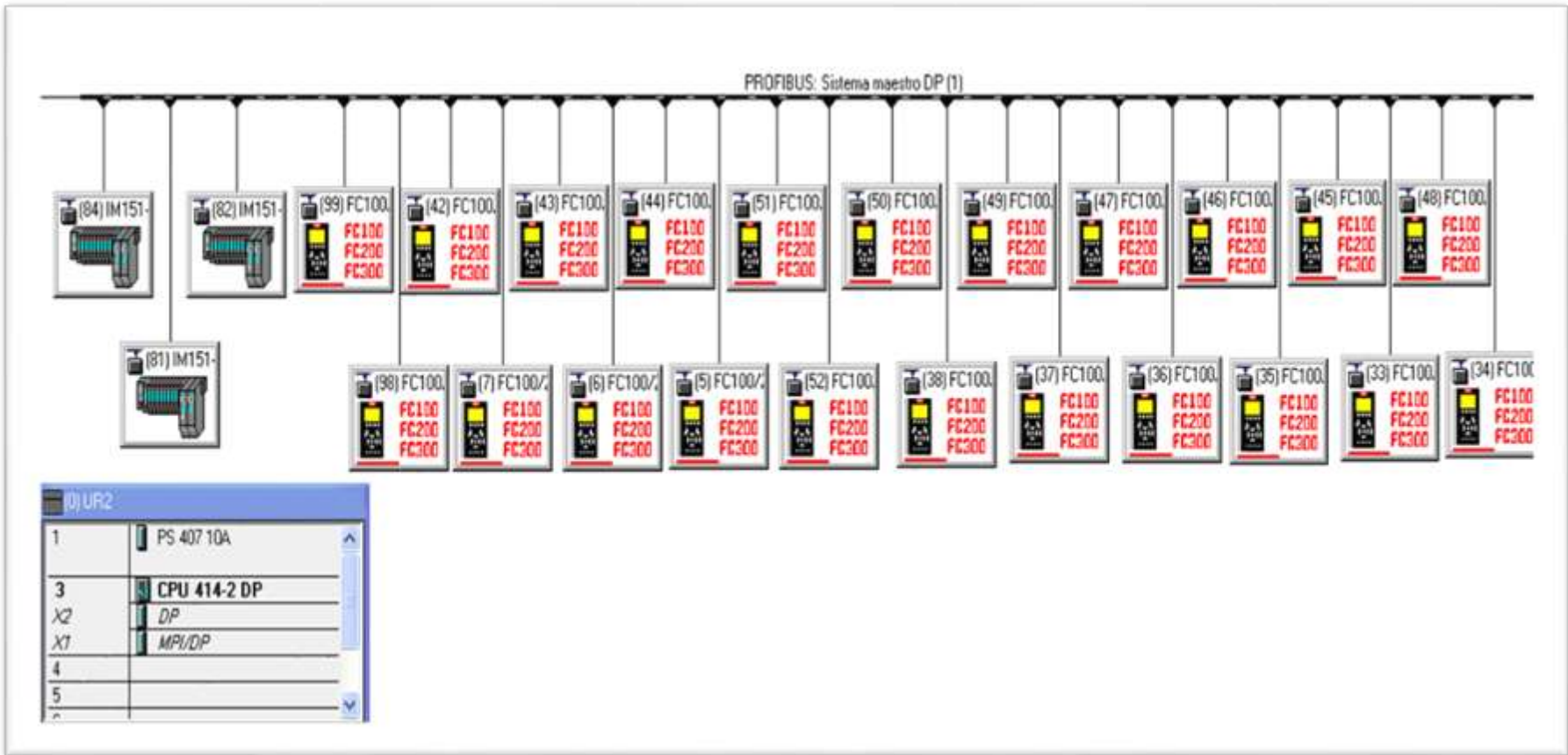


Figura 30.
 Diagrama configuración en el tablero Macro

Fuente: Elaboración Propia

Tablero de control de variadores

En los últimos años ha surgido gran demanda de energía creciente en las instalaciones y procedimientos industriales, lo que hace necesario la búsqueda de soluciones efectivas para mejorar la eficiencia energética, generando ahorros económicos relevantes. El variador de frecuencia adecua la velocidad del motor a la verdaderamente necesaria para su aplicación en cada momento.

A todo esto, se le debe agregar la mejora de la productividad que se encuentra de manera indirecta al generarse un menor desgaste mecánico del sistema y una mejor operación y monitorización.

En la figura 31 se muestra el gabinete eléctrico con la instalación de los variadores de frecuencia usados para el control de velocidades de los motorreductores.



Figura 31. Parte física tablero

Fuente: Elaboración Propia

Variadores de frecuencia:

Son dispositivos electrónicos, que controlan completamente a los motores eléctricos de inducción, estos pueden ser de variación de la tensión (DC) y de variación de la frecuencia (AC), los de mayor uso son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar. De igual manera se les conoce como inversores o variadores de velocidad.

Los motores son fabricados para determinados trabajos con velocidad nominal, pero a través del variador de frecuencia la misma puede ser controlada progresivamente. Los variadores suministran frecuencias de salidas por encima a las del trabajo del motor, lo que permite gire a más velocidad que la nominal.

Motorreductores:

En la siguiente figura se puede observar el accionamiento mecánico eléctrico del transporte de botellas, es realizado por un motorreductor SEW, al igual que estos existen 20 motorreductores que realizan el movimiento del transporte de botellas.



Figura 32.
Variador de Velocidad

Fuente: Manual de la Empresa

3.3 PARÁMETROS DEL MODELO ACTUAL

3.3.1 Especificación Técnica

Las unidades incluidas en esta investigación corresponden al fabricante SEW Eurodrive cuyas características en el diseño de la placa son la siguiente:



Figura 33.
Placa típica de un motorreductor marca SEW Eurodrive.

Fuente: Manual de la Empresa

La figura 33, presenta el registro de un equipo motorreductor SEW Eurodrive, que permite conocer una cantidad de datos importantes como lo son; Tipo de designación, Número de serie, Frecuencia nominal 50 Hz, Velocidad del motor / reductor, Voltaje nominal, Potencia nominal y modo de funcionamiento, Corriente nominal, Factor de potencia, Eficiencia, Frecuencia nominal 60 Hz, Velocidad del motor / reductor, Voltaje nominal, Potencia nominal y modo de funcionamiento, Corriente nominal, Factor de potencia, Eficiencia, Clase térmica, Factor de servicio S.F., Relación del reductor, Par máximo, Posición de montaje, Tipo de aceite / volumen de llenado de aceite, Masa, Número de fases / estándar y Grado de protección (IP 54).

En un motorreductor frecuentemente, se especifican dos voltajes por ejemplo 230 V / 400 V. El voltaje máximo, 400 V es el voltaje que puede operar el conductor externo del motor. El funcionamiento en una red de 400 V principalmente requiere de conexión en estrella, mientras que una de 230 V, una en triángulo.

El motorreductor, debe tener una placa que indique el rango de tensión permitido. Sin embargo, en su mayoría indican un rango de tensión ligeramente más amplio ya que en las máquinas eléctricas se permite que la tensión fluctúe con una tolerancia estándar del +/- 5%.

En la placa también podemos observar las salidas de velocidades del motor y motorreductor, el amperaje para los dos tipos de voltaje con los que puede trabajar el motor.

Asimismo, muestra el coeficiente de reducción i (ratio de reducción), el torque de salida del motorreductor, índice que determina que Movigear desplazaría este motor. Y por último también muestra la potencia del motor en KW.

En la figura que se muestra a continuación, se observan los datos obtenidos en campo de la placa de los motorreductores y variadores

Tabla 3.
Relación de Motores y variadores de velocidad

RELACION DE VARIADORES DE VELOCIDAD TRANSPORTE SIDEL													
ITEM	REFERENCIA	CODIGO DE MOTOR	MARCA	RPM(MOTOR)	RELACION DE VELOCIDAD	I: RATIO DE REDUCCION	POTENCIA MOTOR (KW)	VOLTAJE DE MOTOR	MARCA VARIADOR	CODIGO VARIADOR	POTENCIA DEL VARIADOR(KW)	VOLTAJE	COMENTARIOS
1	M101	SA67DT80N4/T/VS	SEW EURODRIVE	1680	1680/12	140	0,75	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1,10	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
2	M102	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/30	56	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K55T5E20	0,55	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
3	M103	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/30	56	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K55T5E20	0,55	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
4	M104	SA67DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/73	24	1,50	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1,10	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
5	M105	SA57/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/88	20	1,10	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0,75	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
6	M106	SA57/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/88	20	1,10	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0,75	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
7	M110	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/92	18	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0,75	400 A 500	Transporte salida Llenadora
8	M111	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/92	18	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1,10	400 A 500	Transporte salida Llenadora
9	M112	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/92	18	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1,10	400 A 500	Transporte salida Llenadora
10	M113	SA57DT90S4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/68	25	1,10	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1,10	400 A 500	Transporte salida Llenadora
11	M114	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/30	56	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0,75	400 A 500	Transporte salida Llenadora
12	M115	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/23	73	0,55	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0,75	400 A 500	Transporte salida Llenadora
13	M116	R17DR63L4	SEW EURODRIVE	1680	1680/41	41	0,25	220 / 440	DANFOSS	FC-302P0K37T5E20	0,37	400 A 500	Transporte salida Llenadora
14	M117	SA77DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/16	108	1,50	220 / 440	DANFOSS	FC-302P2K2T5E20	2,20	400 A 500	Transporte salida Llenadora
15	M118	SA67/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/58	30	1,10	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K5T5E20	1,50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
16	M119	SA67/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/58	30	1,10	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K5T5E20	1,50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
17	M120	SA67DT90S4/T	SEW EURODRIVE	1700	1700/22	77	1,10	220 / 440	DANFOSS	FC-302P1K5T5E20	1,50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
18	M201	SA67/DTRS90L4	SEW EURODRIVE	1715	1715/64	27	2,20	220 / 440	DANFOSS	FC-302P3K0T5E20	3,00	400 A 500	Transporte salida Empacador
19	M202	SA57DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/74	23	1,50	220 / 440	DANFOSS	FC-302P3K0T5E20	1,50	400 A 500	Transporte salida Empacador
20	M203	SA57DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/74	23	1,50	220 / 440	DANFOSS	FC-302P3K0T5E20	1,50	400 A 500	Transporte salida Empacador

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Consumos de potencias mecánicas - eléctricas, corriente eléctrica de moto reductores y variadores.

Para medir el estado de carga y velocidad angular de los motorreductores se tomará de referencia la línea 3 del proceso de llenado.

Condiciones operativas

Al realizar un análisis del estado de operación y evaluar el consumo energético, los cálculos corresponden a la corriente alterna demandada al momento del proceso productivo y la velocidad de salida en el eje de salida de cada reductor.

Al obtener estos datos es probable establecer como referencia la condición operativa a utilizar en la unidad de reemplazo, donde el porcentaje de carga calculado nos dará una certeza para la aproximación de la eficiencia real.

Los valores de corriente y velocidad son mediciones directas tomadas con un amperímetro de gancho marca Fluke 376FC (fig.30) y para el cálculo de salidas de velocidades de motorreductor se tomó como referencia las rpm de salida del variador, se realizó la conversión de la potencia a torque, tomando en consideración el ratio de reducción para determinar la salida del motorreductor.



Figura 34.
Gancho marca Fluke 376FC

Fuente: Elaboración Propia

A partir de dichos valores se obtiene la estimación de porcentaje de carga, el cálculo de torque en eje de salida, porcentaje de eficiencia del motor al nivel de carga específico y frecuencia parametrizada en cada control de velocidad por unidad.

En la siguiente tabla se aprecia los cálculos realizados a 4 formatos (recetas), en fechas y horarios distintos, tomando los valores reales de corriente y temperatura (cada motor).

Asimismo, se observa el porcentaje de carga de cada uno de los motores, así como del total de ellos, indicando que los motores trabajan a la mitad de su capacidad nominal de acuerdo al amperaje.

De igual manera, se observa el consumo de cada motor, donde se determina el promedio de carga de todos los motores, siendo esta de 57%, lo que indica que los motorreductores actuales están trabajando en promedio a un 50% de su corriente nominal

Tabla 4.
Estimación de carga

			TRANSPORTADORES																																							
			MOTOR REDUCTOR																																							
CODIGO			M11/101		M12/102		M13/103		M14/104		M15/105		M16/106		M17/110		M18/111		M19/112		M20/113		M21/114		M22/115		M23/116		M24/117		M25/118		M26/119		M27/120		M28/201		M29/202		M30/203	
KW/RPM			0.75/1680		0.55/1680		1.5/1720		1.1/1725		1.1/1725		0.55/1680		0.55/1680		0.55/1680		1.1/1680		0.55/1680		0.55/1680		0.25/1680		1.5/1720		1.1/1725		1.1/1725		1.1/1700		2.2/1715		1.5/1720		1.5/1720			
I _{NOML}			1,9		1,6		3,22		2,5		2,5		1,6		1,6		1,6		2,5		1,6		1,6		0,6		3,2		2,2		2,23		2,5		4,5		3,22		3,22			
FECHA	RECETA	HORA	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C	I _{MED}	°C		
10/09/2019	3000ml FANTA NARANJA	9:40	1,1	36	0,8	30	1,0	35	2,0	34	1,5	39	1,5	35	1,0	41	0,9	47	1,0	64	1,3	48	1,0	40	1,0	29	0,3	60	2,0	42	1,5	42	1,2	47	1,5	38	2,1	48	2,0	46	1,8	41
16/10/2019	3000ml INCA KOLA	15:00	1	40	1	37	1,0	39	1,8	38	1,5	42	1,5	38	0,8	44	0,8	47	0,8	60	1,3	49	0,9	37	0,8	27	0,3	48	2,0	45	1,3	41	1,3	47	1,5	36	2,1	44	1,9	39	1,9	41
20/11/2019	2250ml COCA-COLA	4:00	1	38	0,8	38	0,9	41	1,8	38	1,5	40	1,5	38	0,9	44	0,9	47	0,9	59	1,3	50	0,9	40	0,8	27	0,3	60	2,1	40	1,3	42	1,1	47	1,6	38	2,1	49	1,8	42	1,8	45
21/12/2019	2500ml SAN LUIS SIN GAS	23:30	1,2	40	0,8	39	0,8	42	1,8	39	1,4	45	1,5	41	0,9	47	1,0	52	0,8	68	1,2	55	0,8	39	0,8	43	0,4	48	2,1	42	1,4	45	1,2	48	1,5	35	2,1	55	2,0	42	2,0	42
Promedio			1,1	38,5	0,9	36,0	0,9	39,3	1,9	37,3	1,5	41,5	1,5	38	0,9	44	0,9	48,25	0,875	62,75	1,275	50,5	0,9	39	0,85	31,5	0,325	54	2,05	42,25	1,375	42,5	1,2	47,25	1,525	36,75	2,1	49	1,925	42,25	1,875	42,25
% Carga			57		53		58		57		59		60		56		56		55		51		56		53		54		64		63		54		61		47		60		58	
% Promedio Carga Total			57																																							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.
Cálculos Potencia Instalada para Motores y Variadores

ITEM	REFERENCIA	CODIGO DE MOTOR	MARCA	RPM(MOTOR)	POTENCIA MOTOR (KW)	VOLTAJE DE MOTOR	Cos PI	POTENCIA MOTOR (KVAR)	MARCA VARIADOR	CODIGO VARIADOR	POTENCIA DEL VARIADOR (KW)	VOLTAJE	COMENTARIOS
1	M 101	SA67DT80N4/T/VS	SEW EURODRIVE	1680	0.75	220 / 440	0.72	0.72	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1.10	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
2	M102	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P0K55T5E20	0.55	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
3	M 103	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P0K55T5E20	0.55	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
4	M 104	SA67DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1.50	220 / 440	0.72	1.45	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1.10	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
5	M 105	SA57/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1.10	220 / 440	0.84	0.71	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0.75	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
6	M 106	SA57/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1.10	220 / 440	0.84	0.71	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0.75	400 A 500	Transporte entrada Llenadora
7	M 110	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0.75	400 A 500	Transporte salida Llenadora
8	M111	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1.10	400 A 500	Transporte salida Llenadora
9	M 112	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1.10	400 A 500	Transporte salida Llenadora
10	M 113	SA57DT90S4/T	SEW EURODRIVE	1680	1.10	220 / 440	0.75	0.97	DANFOSS	FC-302P1K1T5E20	1.10	400 A 500	Transporte salida Llenadora
11	M 114	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0.75	400 A 500	Transporte salida Llenadora
12	M 115	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	0.55	220 / 440	0.72	0.53	DANFOSS	FC-302P0K75T5E20	0.75	400 A 500	Transporte salida Llenadora
13	M 116	R17DR63L4	SEW EURODRIVE	1680	0.25	220 / 440	0.81	0.18	DANFOSS	FC-302P0K37T5E20	0.37	400 A 500	Transporte salida Llenadora
14	M 117	SA77DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1.10	220 / 440	0.78	0.88	DANFOSS	FC-302P2K2T5E20	2.20	400 A 500	Transporte salida Llenadora
15	M 118	SA67/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1.50	220 / 440	0.75	1.32	DANFOSS	FC-302P1K5T5E20	1.50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
16	M 119	SA67/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1.10	220 / 440	0.75	0.97	DANFOSS	FC-302P1K5T5E20	1.50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
17	M120	SA67DT90S4/T	SEW EURODRIVE	1700	1.10	220 / 440	0.76	0.94	DANFOSS	FC-302P1K5T5E20	1.50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
18	M201	SA67/DTRS90L4	SEW EURODRIVE	1715	2.20	220 / 440	0.78	1.77	DANFOSS	FC-302P3K0T5E20	3.00	400 A 500	Transporte salida Llenadora
19	M202	SA57DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1.50	220 / 440	0.76	1.28	DANFOSS	FC-302P3K0T5E20	1.50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
20	M203	SA57DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1.50	220 / 440	0.76	1.28	DANFOSS	FC-302P3K0T5E20	1.50	400 A 500	Transporte salida Llenadora
		Potencia (KW) Motoreductores			19.65	Potencia (KW) Variadores			23.42	Total (KW)	43.07		
		Potencia (KVAR) Motoreductores			16.90	Potencia (KVAR) Variadores			0.00	Total (KVAR)	16.90		
		PROMEDIO	COS Φ	0.753	0.874								

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se observan los cálculos realizados para la potencia de motorreductores y variadores, donde se pudo determinar el consumo de potencias activa y reactiva de los motores en condiciones nominales en función del factor de potencia de cada motor, adicionalmente se determinó el consumo de potencia activa de los variadores de velocidad, tomando en consideración que un variador no consume potencia reactiva. Obteniendo finalmente el factor promedio de potencia.

3.4 DIAGNOSTICO ENERGÉTICO Y FUNCIONAL DE LA ACTUAL LÍNEA ZEGLA.

El diagnóstico energético tiene como objetivo identificar oportunidades para desarrollar un uso eficiente de la energía y establecer una línea base contra la cual se deberán evaluar los beneficios obtenidos como resultado de la implementación de las mejoras propuestas. Los diagnósticos se desarrollan en función del tipo y tamaño de una instalación y la disponibilidad de recursos para su ejecución.

Para la toma de energía eléctrica línea Zegla se realizó la instalación de un medidor PM500, con la cual se tomó las lecturas diarias, solo del consumo de la línea, como se muestra en la siguiente figura:

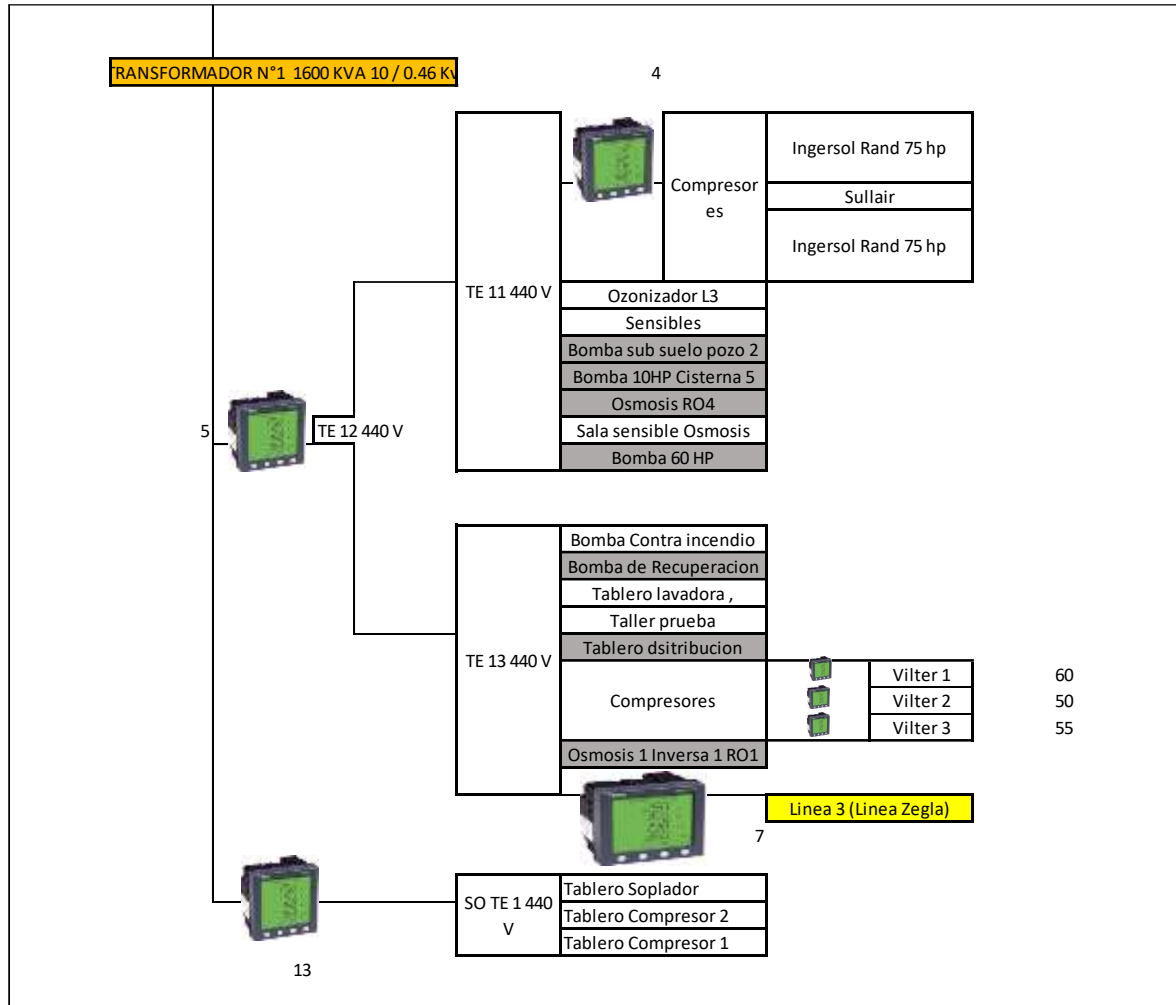


Figura 35.
Consumo total de toda la línea Zegla

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al consumo energético de todos los equipos que conforman la línea Zegla, la siguiente figura muestra las lecturas tomadas del consumo de energía en Kwh y Kvarh de tres líneas de producción por mes, durante un periodo de 2 años; donde la línea 3 (Zegla) tiene un consumo total de 1335035 Kwh representando en el proceso de envasado el 30% de consumo de toda la Planta. Por otro lado, tiene un consumo de energía reactiva de 156046 Kvarh.

Tabla 6.
Consumo energético total de la línea Zegla

MESES	CONSUMO DE ENERGIA KWH			FP	CONSUMO DE ENERGIA KVARH		
	LINEA 3 (Zegla)	LINEA 4	LINEA 7	COS Φ	LINEA 3 (Zegla)	LINEA 4	LINEA 7
ene-18	38043	51775	61977	0.9948	3913	5325	6375
feb-18	49321	59820	63167	0.9955	4701	5702	6021
mar-18	48711	51718	84833	0.9961	4298	4564	7486
abr-18	47746	53058	71418	0.9947	4922	5470	7363
may-18	63365	53255	65483	0.9951	6322	5314	6534
jun-18	49492	43741	80946	0.9929	5917	5230	9678
jul-18	57129	46154	77441	0.9933	6639	5363	8999
ago-18	74393	56792	94324	0.9954	7166	5471	9086
sep-18	55525	56653	87232	0.9943	5957	6078	9359
oct-18	55868	53672	86489	0.9943	5977	5742	9253
nov-18	63048	53022	76071	0.9900	8968	7542	10821
dic-18	60222	52358	72172	0.9906	8301	7217	9948
ene-19	51066	55364	70651	0.9890	7626	8268	10551
feb-19	46206	47108	55509	0.9904	6457	6583	7757
mar-19	50955	50892	69710	0.9897	7367	7358	10078
abr-19	50429	52067	61670	0.9890	7553	7799	9237
may-19	50606	53687	60262	0.9873	8137	8633	9690
jun-19	33158	43500	47117	0.9938	3722	4883	5289
jul-19	45418	48513	56201	0.9948	4656	4973	5761
ago-19	50077	52603	65468	0.9949	5084	5340	6646
sep-19	52938	37262	63558	0.9954	5120	3604	6148
oct-19	56058	50500	70706	0.9950	5651	5091	7128
nov-19	57301	78063	66608	0.9954	5499	7492	6393
dic-19	63104	76016	66718	0.9943	6759	8142	7146
ene-20	63281	79834	69990	0.9893	9331	11772	10321
Total *Linea	1335035	1357427	1745721		156046	158955	203066
Total envasado		4438182				518068	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADA A CADENAS TRANSPORTADORAS DE BOTELLAS PET DEL SISTEMA DE EMBOTELLADO PLANTA LOCAL – AREQUIPA

4.1 INTRODUCCIÓN

La tecnología mecatrónica realizada por el fabricante SEW Eurodrive para la gama MOVIGEAR, es el diseño en que se basa la propuesta planteada en esta investigación, ya que se sostiene en el modelo de control distribuido donde los motorreductores regulan la velocidad contenida en el motor eléctrico.

4.2 MODELO DE LA TOPOLOGÍA ELÉCTRICA PROPUESTA

Para este modelo la forma apropiada al requerimiento de la línea 3 del proceso de llenado es la forma SNI (Single Line Network Installation) ya que por sus características permitirá la reducción de la complejidad de su instalación, con este paquete existe una solución eficiente para hasta 10 segmentos de transporte por rodillos, cintas o cadenas conectados para el transporte en seco.

Movigear®-SIN tiene como característica que el reductor, el motor síncrono y la electrónica ajustada perfectamente, están integradas en una misma estructura, donde la eficiencia energética de su tipo, disminuye las necesidades energéticas al instalarse en un 50%. Por otro lado, su diseño ofrece en cuanto a la higiene soluciones adecuadas para espacios sensibles, así como una emisión de ruidos claramente menor a través de la reducción de remolinos de aire, convirtiendo a este paquete en la solución óptima para zonas secas.

Para la nueva topología eléctrica se requiere trabajar en niveles dentro del entorno de automatización integrada, permitiendo el intercambio de información entre los elementos de la propia capa o de niveles inmediatamente superior o inferior.

De acuerdo a las formas de control escogido acorde al comportamiento de transportadores contiguos y la aplicación de los equipos en diferentes fases del procedimiento, en la figura 36 se puede observar la topología de red a emplear de acuerdo a lo siguiente:

Cada nivel está compuesto por ciertos elementos, que otorgan la funcionalidad deseada, y por medio de la configuración de la comunicación entre los niveles. Para el presente proyecto, los elementos son:

Nivel de línea Ethernet: Grupo de máquinas conectadas

Nivel PC: Se utilizará un ordenador convencional dotado de hardware adicional (Unidad de Programación, Switch Ethernet) y de software industrial.

Nivel de línea transportadora:

PLC Principal: se empleará como unidad de control local y realizará actividades de comunicación.

El PLC a utilizar es el actual, interactuará mediante señales de control digital sobre los movigears, movifits, gateway y señales de campo (HMI, sensores y actuadores).

En relación a los requerimientos de comunicación, existe un bus de campo según la tecnología PROFIBUS-DP; el cual pasando a Ethernet (ethernet dedicado Sew) a través de un gateway Sew, va a comunicar al PLC con cada Movifit.

De los 3 módulos periféricos remotos I/O de la configuración actual (figura 36) solo quedaran 2, debido a que las señales de campo que iban al tercer módulo, ahora estarán conectadas a un Movifit que de igual manera tiene la funcionalidad de recibir señales de campo. Estos módulos periféricos aun mantendrán la comunicación con el PLC a través de la red Profibus-DP actual.

Asimismo, se utilizará el panel de operación HMI actual, este mantendrá la comunicación con el PLC a través de la misma red Profibus DP.

Se va a instalar a la nueva configuración, equipos gateway de Sew, los cuales serán los que conviertan la comunicación Profibus-DP a comunicación ethernet con la finalidad de transmitir la información del PLC hacia los Movifit.

Únicamente se requerirán 2 equipos Gateway, ya que se tomó en consideración lo estipulado por el fabricante quien indica que solo se pueden conectar 2 movigears a un Gateway.

Para la nueva configuración se va a instalar equipos Movifit SNI de Sew, estos serán los que controlen a los 20 movigears que darán el accionamiento a los transportadores de botellas. Cada Movifit puede controlar máximo hasta 10 Movigear con una distancia máxima de 100 mt. entre el Movifit y el último Movigear conectado en su red SNI, a su vez la red SNI, no debe llegar a sobrepasar los 20 amp. Bajo las consideraciones del fabricante es que se ha determinado utilizar 3 Movifit para todo el control de movigears.

Asimismo, se consideraron las cualidades tales como el ciclo de trabajo para cada transportador, así como la sincronía entre bandas contiguas y las maneras de desplazar la carga.

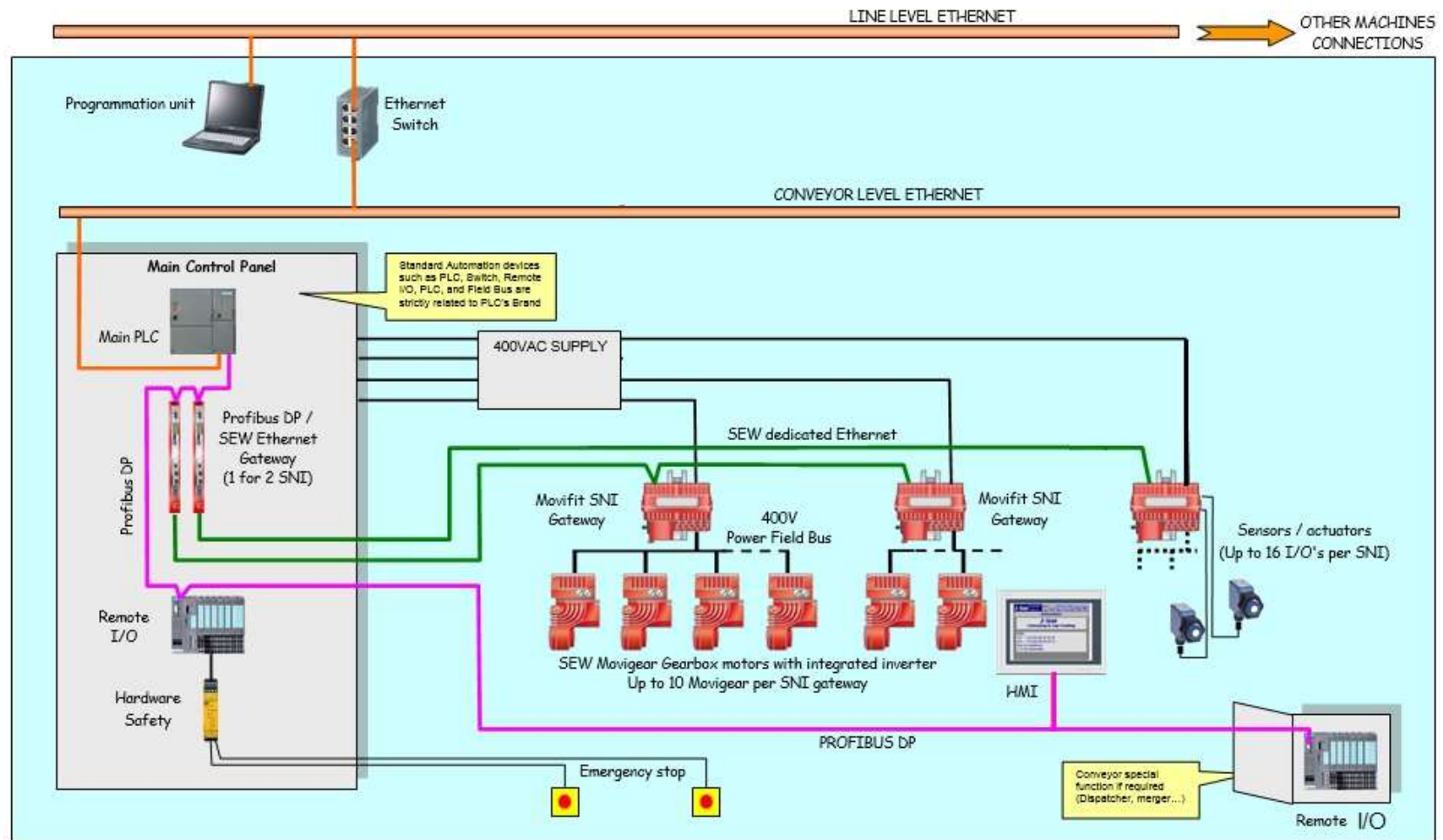


Figura 36.
 Topología de red de unidades alimentadas y controladas desde el HMI.

Fuente: Elaboración Propia

4.3 SELECCIÓN DE SERVOMOTORES POR POTENCIA, TORQUE Y RANGOS DE VELOCIDAD.

Para que en la practica la unidad de reducción haga su trabajo en óptimas condiciones, se debe multiplicar la potencia requerida por la maquina; por el factor de servicio (Fs), que contempla las características propias de las actividades a realizar y su resultado, denominado Potencia de selección (Ps), el cual se utiliza para determinar el tamaño del reductor en las tablas de selección.

En situaciones específicas como lo es las altas frecuencias de arranque-parada o de inversiones de marcha en el motor, aplicaciones especiales o construcciones y temperatura ambiente o alta humedad, es necesario tomar en consideración el factor servicio al momento de culminar la potencia manejada por el reductor.

El Torque o Par es una fuerza de giro representada en unidades de kg/mt o new/mt este mezclado con un tiempo de ejecución se transforma en potencia. En la práctica se puede decir que es la fuerza de empuje que tiene el eje de salida, referencia completamente independiente del tiempo que tarda en realizar esa fuerza, siendo esto la potencia.

Para un motorreductor por par (M) se entiende la fuerza que realiza el eje de salida, la cual va a depender del motor y se incrementara en correspondencia con la reducción (grado de reducción de la caja reductora).

El Motor eléctrico tiene una potencia definida en watts teniendo una velocidad de ejecución a la cual gira al eje de salida. Estos atributos; velocidad y potencia determinan un torque que puede librar el motor.

$$\text{Torque}_{Nm} = \frac{9550 \times \text{Potencia de Salida}_{kw}}{n_{rpm}}$$

Motor

Ahora para poder determinar el torque desarrollado en la salida de la caja reductora de un motorreductor se debe multiplicar el torque de salida del motor por el ratio de velocidades.

$$T_{\text{caja reductora}} = T_{\text{Motor}} \times \text{Ratio}_{\text{velocidades}} R(i)$$

Donde el ratio de velocidades esta dado por la relacion de velocidades de salida del motor entre la velocidad de salida de la caja reductora, como se muestra a continuacion:

$$\text{Ratio}_{\text{velocidades}} = \frac{n_{\text{Motor}}}{R(i) \cdot n_{\text{caja reductora}}}$$

Dádonos la fórmula de torque de salida del motorreductor.

$$T_{\text{caja reductora}} = T_{\text{Motor}} \times \frac{n_{\text{Motor}}}{n_{\text{caja reductora}}}$$

La unidad de reemplazo Movigear que se propone, se hace partiendo de los valores de velocidad real, medido en el eje de salida del reductor existente, el requerimiento de consumo de carga real y torque en operación. SEW Eurodrive como Empresa fabricante aconseja realizar un proceso de verificación de las capacidades nominales dispuestas en el catálogo en relación a las capacidades requeridas por el proceso de producción.

En la siguiente tabla 7 se puede observar los datos obtenidos, los mismos que son los valores nominales de la placa, también se puede observar los valores de operación donde se puede notar la velocidad de salida del motorreductor en operación, el porcentaje de corriente con respecto a su nominal, se estima que los motores en promedio se encuentran funcionando al 57% en operación el cual es deficiente, y de igual manera se estimó el torque desarrollado en operación.

En función del torque y la velocidad se va a determinar el ratio adecuado de las nuevas unidades movigears de reemplazo, donde este debe ser igual o mayor al ratio de velocidad y torque de los motorreductores actuales.

Tabla 7.

Valores de trabajo y valores nominales del motorreductor

ITEM	REFERENCIA	CODIGO DE MOTOR	MARCA	VALORES NOMINALES						VALORES EN OPERACIÓN		
				RPM(MOTOR)	RELACION DE VELOCIDAD	I: RATIO DE REDUCCION	POTENCIA MOTOR (KW)	VOLTAJE DE MOTOR	TORQUE MOTOREDUCTOR(NM)	VELOCIDAD DE SALIDA MOTOREDUCTOR	% CARGA EN OPERACIÓN	TORQUE REAL MOTOREDUCTOR (NM)
1	M 101	SA67DT80N4/T/VS	SEW EURODRIVE	1680	1680/12	140	0.75	220 / 440	596.88	12	57	338
2	M102	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/30	56	0.55	220 / 440	175.08	41	53	93
3	M 103	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/30	56	0.55	220 / 440	175.08	41	58	101
4	M 104	SA67DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/73	24	1.50	220 / 440	199.88	73	57	115
5	M 105	SA57/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/88	20	1.10	220 / 440	121.80	98	59	72
6	M 106	SA57/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/88	20	1.10	220 / 440	121.80	98	60	73
7	M 110	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/92	18	0.55	220 / 440	56.28	129	56	32
8	M111	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/92	18	0.55	220 / 440	56.28	129	56	32
9	M 112	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/92	18	0.55	220 / 440	56.28	129	55	31
10	M 113	SA57DT90S4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/68	25	1.10	220 / 440	156.32	75	51	80
11	M 114	SA57DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/30	56	0.55	220 / 440	175.08	41	56	98
12	M 115	SA47DT80K4/T	SEW EURODRIVE	1680	1680/23	73	0.55	220 / 440	228.23	32	53	121
13	M 116	R17DR63L4	SEW EURODRIVE	1680	1680/41	41	0.25	220 / 440	58.27	52	54	32
14	M 117	SA77DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/16	108	1.50	220 / 440	899.48	17	64	576
15	M 118	SA67/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/58	30	1.10	220 / 440	182.70	57	63	114
16	M 119	SA67/TDRS80M4	SEW EURODRIVE	1725	1725/58	30	1.10	220 / 440	182.70	58	54	98
17	M120	SA67DT90S4/T	SEW EURODRIVE	1700	1700/22	77	1.10	220 / 440	475.81	25	61	290
18	M201	SA67/DTRS90L4	SEW EURODRIVE	1715	1715/64	27	2.20	220 / 440	330.77	67	47	154
19	M202	SA57DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/74	23	1.50	220 / 440	191.56	80	60	115
20	M203	SA57DT90L4/T	SEW EURODRIVE	1720	1720/74	23	1.50	220 / 440	191.56	80	58	112

Fuente: Elaboración propia (MS Excel 2013)

En la siguiente figura 37., se observa la ficha técnica de los movigears, los cuales fueron extraídos de los manuales del fabricante SEW, esta ficha nos ayudara a la selección preliminar de la unidad Movigear que cumple con los requerimientos del proceso.

MGF..2../ECR													
MGF..2../ECR (Rango de regulación ampliado)													
	n_a		M_a					M_{zph}			$M_{zParEinar}$	i_{tot}	Pe- so
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a			
	$n_a=$ 1 min ⁻¹	$n_a=$ 2000 min ⁻¹	$n_a=$ 5 min ⁻¹	$n_a=$ 500 min ⁻¹	$n_a=$ 1000 min ⁻¹	$n_a=$ 1500 min ⁻¹	$n_a=$ 2000 min ⁻¹	$n_a=$ 5 – 1500 min ⁻¹	$n_a=$ 1750 min ⁻¹	$n_a=$ 2000 min ⁻¹			
	[min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]		[kg]
2 eta- pas	0.29	593.5	14	14	14	14	14	51**	30	22	65	3.37	15
	0.24	473.9	17	17	17	17	17	64**	38	28	85	4.22	
	0.20	400.0	20	20	20	20	20	76**	45	33	210	5.00*	
	0.19	374.5	21	21	21	21	21	81**	48	35	215	5.34	
	0.16	320.0	25	25	25	25	25	95**	56	41	225	6.25*	
	0.14	285.7	28	28	28	28	28	106**	63	46	235	7.00*	
	0.12	242.7	33	33	33	33	33	125**	74	54	245	8.24	
	0.10	206.0	39	39	39	39	39	147**	87	64	330	9.71	
	0.10	192.9	42	42	42	42	42	158**	93	68	330	10.37	
	0.08	164.7	49	49	49	49	49	185**	109	80	330	12.14	
	0.07	147.1	54	54	54	54	54	207**	122	90	330	13.60*	
0.06	125.0	64	64	64	64	64	220**	144	106	330	16.00		
0.05	108.0	74	74	74	74	74	220**	167	122	330	18.52		

Figura 37.
Selección preliminar de catálogo del fabricante de los movigears

Fuente: Catálogo Movigear B (2012)

Para realizar la correcta selección de los movigears se debe considerar 2 aspectos:

El primero corresponde al parámetro de torque nominal (M_a).

El segundo es el valor del rango de velocidad de salida del motorreductor (n_a).

En la figura 37, se puede observar como los movigears conservan su torque a diferentes velocidades, es por ello que debe ser el que se considere de acuerdo al valor calculado de la tabla #7 en la columna torque real motorreductor.

Por otro lado, en relación al valor n_a debe ser seleccionado según los datos de la tabla #7 en la columna velocidad de salida del motorreductor.

Asimismo, entre los datos reflejados en la tabla, se puede observar a través de su nomenclatura que nos indica:

- * : El índice de reducción finita
- ** : Alcance de los valores representados si se incrementa el ajuste de los parámetros 8518.0 (límite de corriente) y 8688.0 (límite de par) a hasta 350 [% I] (ajuste de fábrica: 250 [% I]).
- M_{pk} : Par máximo admisible en funcionamiento en intervalos cortos. Si se presenta más de 10 veces por hora.
- $M_{aPwEmer}$: par máximo admisible para cargas especiales no cíclicas, máximo 1000 conmutaciones
- M_w : Par de salida continua MOVIGEAR. Para velocidades del motor $n < 5 \text{ min}^{-1}$ el par de salida M , se debe reducir al 90%.
- n_m : Velocidad de salida
- n_m : Velocidad del motor

El procedimiento anterior se repite para todas las unidades sin tomar en cuenta otros datos propios del proceso o diseño del transportador.

A distintas velocidades el torque mantiene su valor nominal.

4.4 PARÁMETROS DE MODELO PROPUESTO

Para realizar el dimensionamiento de todas las unidades del modelo propuesto de la línea de Transportadoras de Botellas Pet se hace uso del manual propiedad de SEW Eurodrive.

Dentro de la estructura mostrada en la figura 38, solo el PLC y el switch ethernet son equipos que se van a mantener de la instalación actual y solo se procederá a determinar los equipos conformados por los gateway, Movifit y movigears. De estos últimos se debe determinar los modelos y diseños adecuados siguiendo las recomendaciones del fabricante y según los parámetros de torque nominal y velocidad.

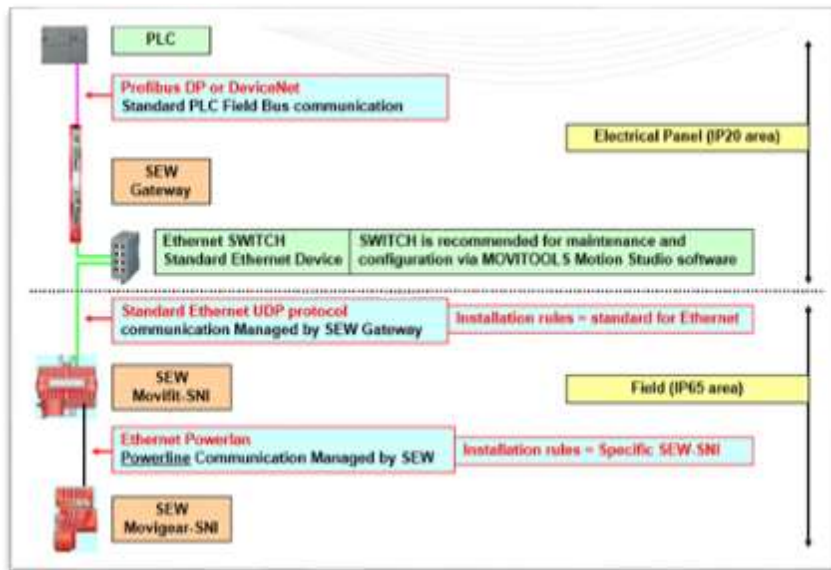


Figura 38.
Conexión modelo propuesto

Fuente: Manual Sew Eurodrive

4.4.1 Accionamiento Mecatrónico Movigear

La siguiente imagen es el modelo de placa de características de accionamiento a emplear con la siguiente información:

El código 2D en la placa de características reproduce el número de serie

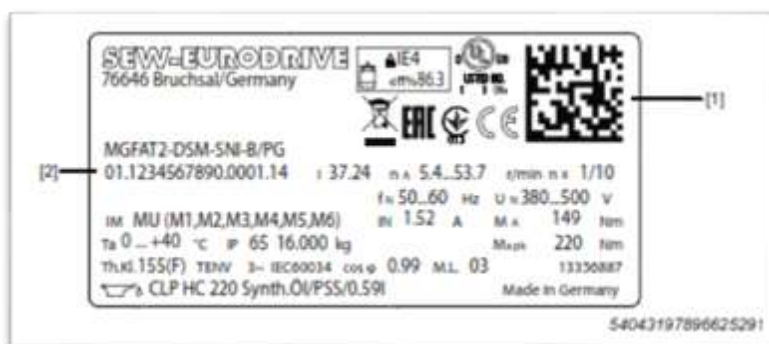


Figura 39. Placa

Fuente: Manual Sew Eurodrive

También contamos con los datos de tensión, corriente, torque, frecuencia, ratio de reducción i y velocidad de salida del Movigear todo en valores nominales.

Las siglas MGFAT2-DSM-SIN-B/PG determinan la designación del modelo, indicando:

MG: Serie de la unidad

MG: MOVIGEAR

F: Tipo de reductor

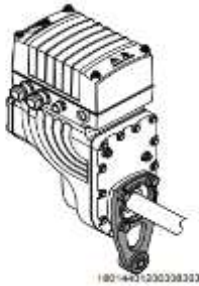
F: Reductor de ejes paralelos

A: Versión de eje

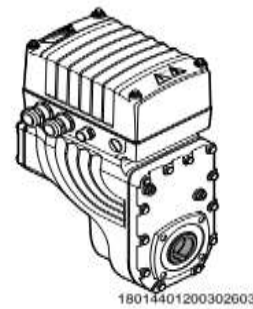
A: Reductor de eje hueco (eje hueco con chaveta)

T: Sistema de montaje de eje hueco TorqLOC

Brazo de par para MGF-T



Unidad MOVIGEAR con eje hueco y chavetero



S: tipo de montaje de carcasa

T: Accionamiento con brazo de par

S: Carcasa con roscas para la fijación de un brazo de par

2: Tamaño

2: Clase de par 200Nm

4: Clase de par 400Nm

DSM: Tipo de motor

SIN: Tecnología de instalación MOVIGEAR

SIN: Single Line Network Installation

B: Versión de Construcción MOVIGEAR

PG: Opción de MOVIGEAR

DSP = Función de deceleración electrodinámica DynaStop

ECR =Encoder Mono-Vuelta/rango de regulación ampliado

ACR =Encoder Multi-Vuelta/rango de regulación ampliado

XT = Par aumentado

IV	= Conector enchufable
WA	= Versión para zonas húmedas
PG	= Compensación de presión integrada en el reductor
PE	= Racor de compensación de presión electrónica
EBW	= Posibilidad de conexión para resistencia de frenado externa
A	= Tapa de la electrónica con ranura de aplicación

4.4.2 Datos Técnicos

Para los datos técnicos, se muestra la siguiente tabla 8, de los modelos de Movigear y sus distintos tamaños como: MGF.2 (clase de par: 200 Nm, hasta 0,8 kW), MGF.4 (clase de par: 400 Nm, hasta 1,6 kW), MGF.4 / XT = Opción "Par ampliado" (par motor nominal ampliado en servicio continuo) (clase de par: 400 Nm, hasta 2,1 kW)

Tabla 8
Datos técnicos generales MOVIGEAR

Modelo de MOVIGEAR®		MGF.2	MGF.4	MGF.4/XT
Clase de par	M	200 Nm	400 Nm	
Tensiones de conexión Rango permitido	U_{Red}	3 x 380 V CA - 5 % a 500 V CA +10 %		3 x 400 V CA - 5 % a 500 V CA +10 %
Frecuencia de red	f_{Red}	50 Hz ... 60 Hz		
Corriente de entrada	I_N	1,52 A ($n_{motor} = 2.000$ r.p.m.)	2,72 A ($n_{motor} = 2.000$ r.p.m.)	3,46 A ($n_{motor} = 2.000$ r.p.m.)
	$I_{m\acute{a}x}$	5,32 A	9,52 A	11,42 A

Fuente: *Elaboración Propia*

4.4.3 Valores de equipo de reemplazo

Para los valores de equipos de reemplazo en los modelos DCR2 Y MGFAT, se determinó el ratio de reducción, la velocidad de salida del motorreductor, el torque y torque pico, así como el valor nominal del equipo. En la tabla 9, se puede observar los valores de equipos en operación y valores de equipos de reemplazo de los diferentes motores; donde se muestra que para el M101 y el M117 se mantiene el modelo DCR2 ya que no existe Movigear para ese torque, es por ello que se conservara la misma caja reductora que tiene actualmente adaptándola al nuevo motor. Lo que permitirá conservar las mismas características del Movigear, así como la comunicación (SNI), cable de fuerza y mismo performance del torque.

Tabla 9

Tabla de valores de equipos de reemplazo

ITEM	REFERENCIA	VALORES EN OPERACIÓN			VALORES DE EQUIPOS DE REEMPLAZO					
		VELOCIDAD DE SALIDA MOTOREDUCTOR	% CARGA EN OPERACIÓN	TORQUE REAL MOTOREDUCTOR (NM)	Modelo Equipo SEW	I: Ratio de Reducción	Vel salida Motoreductor (rpm)	TORQUE MOTOR/REDUCTOR (Nm)	Torque Pico Motor/Reductor (Nm)	I nominal (Amp)
1	M 101	12	57	338	DRC2-015-SIN-A-ECR	140	14	7.2 / 1008	18 / 2520	2.8
2	M102	41	53	93	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28.07	71.3	112	220	1.52
3	M 103	41	58	101	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28.07	71.3	112	220	1.52
4	M 104	73	57	115	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19.7	101.5	134	475	2.7
5	M 105	98	59	72	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	19.81	101	79	220	1.52
6	M 106	98	60	73	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	19.81	101	79	220	1.52
7	M 110	129	56	32	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9.71	206	39	147	1.52
8	M111	129	56	32	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9.71	206	39	147	1.52
9	M 112	129	55	31	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9.71	206	39	147	1.52
10	M 113	75	51	80	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	22.86	87.5	91	220	1.52
11	M 114	41	56	98	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28.07	71.3	112	220	1.52
12	M 115	32	53	121	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19.7	101.5	134	475	2.7
13	M 116	52	54	32	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9.71	206	39	147	1.52
14	M 117	17	64	576	DRC2-015-SIN-A-ECR	108	19	7.2/ 778	7.2/2250	2.8
15	M 118	57	63	114	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19.7	101.5	134	475	2.7
16	M 119	58	54	98	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28.07	71.3	112	220	1.52
17	M120	25	61	290	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	48	41.7	326	475	2.7
18	M201	67	47	154	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	25.72	77.8	175	475	2.7
19	M202	80	60	115	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19.7	101.5	134	475	2.7
20	M203	80	58	112	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19.7	101.5	134	475	2.7

Fuente: Elaboración Propia

Motor electrónico DRC es eficiente y compacto, tiene una eficiencia del motor mayor que IE4, con costos de energía reducidos en hasta 50% y alta capacidad de sobrecarga de hasta 250%, y tiene una alta eficiencia en una gran área de trabajo.

Por otra parte, dentro de sus ventajas se encuentra que es flexible, escalable, integrado, combinable con el SEW-EURODRIVE R, F, K y W reductores y accionamiento universal, con un amplio rango de voltaje a 50/60 Hz, cumpliendo con todos los estándares aplicables y regulaciones de eficiencia en todo el mundo.



Figura 40
Motor electrónico DRC

Fuente: Manual Sew Eurodrive

	DRC1	DRC2	DRC3	DRC4
Continuous power P_n	0.55 kW	1.5 kW	3.0 kW	4.0 kW
Nominal torque M_n	2.65 Nm	7.2 Nm	14.3 Nm	19.1 Nm
Maximum torque M_{max}	6.6 Nm	18.0 Nm	35.8 Nm	36.2 Nm
Nominal speed n_n	2000 min ⁻¹	2000 min ⁻¹	2000 min ⁻¹	2000 min ⁻¹

Figura 41
Datos técnicos del motor electrónico DRC

Fuente: Manual Sew Eurodrive

Dentro de los datos técnicos del motor se considera la capacidad de sobrecarga desde el estado frío inicial.

250% de sobrecarga durante 5 segundos (DRC1 a DRC3)

190% de sobrecarga durante 5 segundos (DRC4)

150% de sobrecarga durante 5 minutos

4.5 SELECCIÓN DE CABLES Y CONECTORES

La utilización de un cableado híbrido es esencial para cada modo de control, este debe ser compatible con EMC para aislar cualquier interferencia electromagnética externa. Este cableado contempla la transmisión de potencia y de señales, por lo que se toma en consideración lo sugerido por el fabricante SEW en su catálogo para cables prefabricados ordenado por aplicación y tipos de conexión con los diferentes dispositivos.

Para la forma de control SNI se ha seleccionado conectores tipo M23 H-Tec y cable marca Helukabel tipo TOPFLEX®-EMV-UV-2XSLEYK-J, calibre AWG 16. Este tipo de configuración facilita la transmisión, alimentación y comunicación por un solo cable para las unidades en la misma red.



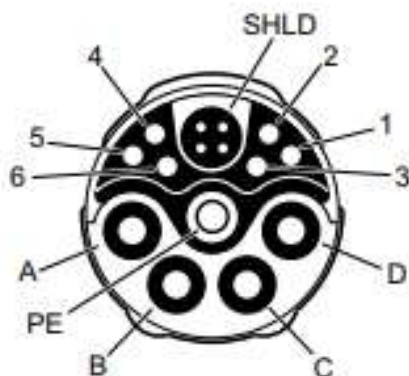
Figura 42

Cable de conexión de motor TOPFLEX-EMV-UV-2XSLEYK-J

Fuente: Elaboración Propia

El cable TOPFLEX-EMV-UV-2XSLEYK-J posibilita una superior capacidad de carga de corriente por su mejorada resistencia a la temperatura del conductor de 90 ° C., es por ello que se puede escoger una sección transversal más pequeña en relación a los cables estándar al momento de diseñar la red eléctrica de una máquina o sistema.

A parte de los bajos costos y la utilización de cobre resultantes, asimismo, el diámetro externo mucho más pequeño otorga ventajas para la instalación en espacios reducidos. En el caso para SNI, los conectores entre cada unidad deben ser colocados en Planta, una vez que sea recortada la sección de cable necesaria.



Posición	Asignación
A, B, C	Alimentación L1, L2, L3, respectivamente
PE	Tierra
D	Sin asignación
1, 2, 3, 4, 5, 6	Sin asignación, designado a señales
SHLD	Apantallado

Figura 43

Representación de la sección transversal para el cable de comunicación para modo de control SIN.

Fuente: Catálogo Movigear B (2012)

4.5.1 Cables de comunicación de red

Cables de conexión y conectores para una red Profibus, poseen protección contra EMI y otras interferencias gracias a su doble apantallado y su tierra universal, a causa de los conectores con cable Fast Connect se obtiene un ahorro de tiempo de implementación.

Los cables Profibus se utilizan para el cableado de la automatización en sistemas industriales de bus de campo con tipo de conexión rápida y están desarrollados especialmente para aplicaciones de procesos. Ofrecen un excelente rendimiento de transmisión eléctrica en

sus aplicaciones respectivas de periféricos descentralizados (DP) y automatización de procesos (PA).

Estos cables están diseñados específicamente para ofrecer comunicación entre sistemas de automatización de procesos y periféricos distribuidos en casos en los que el tiempo es un factor decisivo. Su uso está muy extendido en procesos de fabricación y en comunicaciones de campo en redes celulares.

Estos cables están fabricados según la norma europea para buses de campo EN 50170 y proporcionan velocidades de transmisión de hasta 12 Mbits/segundo.

Entre sus características destacan que tiene capacidad para soportar hasta 32 dispositivos por segmento y, por tanto, hasta un total de 126 dispositivos en función de la corriente del sistema. Así como las de construcción donde se indica una TENSION NOMINAL de 300V, CONDUCTOR Cobre Sólido (Clase 1), AISLAMIENTO Espuma de Piel de PE (Polietileno), SEPARADOR PET (Cinta de Poliéster), REVESTIMIENTO INTERIOR FRNC-LSZH (Retardante de llama, no corrosivo y de baja emisión de humos y sin halógenos), FILLER HFFR (Retardante de Llama), PANTALLA Al/PET (Cinta de Aluminio/Poliéster), MALLA TCWB (Malla Trenzada de Cobre Estañado), ARMADURA GSWB (Malla de alambre de acero galvanizado), REVESTIMIENTO EXTERIOR FRNC-LSZH (Retardante de llama, no corrosivo y de baja emisión de humos y sin halógenos).

En cuanto a los cables Ethernet Flexible 4x2 CAT6, de par trenzado está compuesto por ocho hilos de cobre con aislamiento individual de PVC, entrelazados por pares helicoidalmente. Estos cables son recubiertos por apantallado (si procede) y recubrimiento de cubierta en PVC libre de halógenos.

El comportamiento de dos cables paralelos sobre los que discurre una corriente con una determinada frecuencia hace que las ondas generadas sean canceladas gracias al trenzado.

Debido a esta disposición entrelazada, las interferencias entre los pares interiores y las exteriores son mínimas.

La codificación de colores de los conductores permite su identificación, el estándar utiliza cuatro colores: naranja, verde, marrón y azul; combinados con blanco para completar los cuatro restantes y que componen las parejas.

Cable de Comunicación Profibus



Cable Ethernet Flexible 4x2 CAT6



En la siguiente tabla se puede observar la información técnica de los cables de conexión del Movifit al Movigear empleando un cable TOPFLEX-EMV-UV-2YSLCYKJ con una distancia total de 135 mt, mientras que el cable de comunicación que conecta el PLC al Gateway es el modelo 6XV1830-OEH10 Siemens Profibus DP el cual tendrá una distancia de 10mts, y el que conecta el Gateway al Movifit será un cable Ethernet flexible 4x2 CAT6 AWG24 con una distancia de 100mts.

Tabla 10
Cables de Comunicación

ITEM	REFERENCIA	Modelo Equipo SEW	I nominal (Amp)	Equipos Movifit	Gateway de comunicación	Cable de conexión 3Ø de Movifit a Movigear	Cables de Comunicación
1	M 101	DRC2-015-SIN-A-ECR	2.8	MTN12A000503E42A50/U11	UFF41B\OMG42B\UOH21B	TOPFLEX-EMV-UV-2YSLCYK-J - 0.6/1kv	Conexión PLC- Gateway 6XV1830-0EH10 Siemens Profibus DP Distancia: 10 mts
2	M102	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	In: 20 A/ Max: 10 Movigears			
3	M 103	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	Distancia Max: 100 m			
4	M 104	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	Operación			
5	M 105	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	I: 12 A- 6 Movigears			
6	M 106	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	Distancia: 20 mts			
7	M 110	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	MTN12A000503E42A50/U11	UFF41B\OMG42B\UOH21B Max: 2 Movifit por gateway	Distancia total: 135 mts Conexión Gateway- Movifit 6XV1878-2B SIEMENS SIMATIC CABLE ETHERNET FLEXIBLE 4X2 CAT6 AWG24 Distancia: 100 mts	
8	M111	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	In: 20 A/ Max: 10 Movigears			
9	M 112	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	Distancia Max: 100 m			
10	M 113	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52				
11	M 114	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	Operación			
12	M 115	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	I: 15 A- 8 Movigears			
13	M 116	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	Distancia: 65 mts			
14	M 117	DRC2-015-SIN-A-ECR	2.8				
15	M 118	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	MTN12A000503E42A50/U11			
16	M 119	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1.52	In: 20 A/ Max: 10 Movigears			
17	M120	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	Distancia Max: 100 m			
18	M201	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	Operación			
19	M202	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	I: 15 A- 6 Movigears			
20	M203	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2.7	Distancia: 50 mts			

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2 Selección del controlador para modo de instalación SNI

Un dispositivo que controle la alimentación y administración de la lógica de control que se genera en el PLC es esencial para efectuar el control de velocidades y accionamiento y de las unidades Movigear en red SNI. Este dispositivo debe ser compatible con el tipo de red y tener las características necesarias para la instalación.



Figura 44
Dispositivo Movifit FDC.

Fuente: Catálogo Movigear B (2012)



Figura 45
MOVIFIT-SIN en la versión Hygienic^{plus}

Fuente: elaboración Propia (manual Movigear)

La versión Hygienic^{plus} destaca por ser de carcasa de fácil limpieza, recubrimiento de superficie con antiadherente, superficie con gran resistencia frente a daños mecánicos y tolera agentes de limpieza como los alcalinos, ácidos y desinfectantes.

Para estas aplicaciones el fabricante SEW Eurodrive ha diseñado una serie de dispositivos Movifit, los cuales son capaces de realizar funciones independientes de la programación del PLC, es por ello que pueden ser ubicados en cualquier parte de la línea, requiriendo únicamente de alimentación de potencia y una fuente de 24V en corriente directa.

Admite la alimentación de sensores e ingreso de señales digitales y binarias, haciéndolo apropiado para aplicaciones básicas de control de velocidad de transportadores. Asimismo, tiene funciones de programación por módulos de aplicación; adaptables a los requerimientos de los procedimientos del usuario.

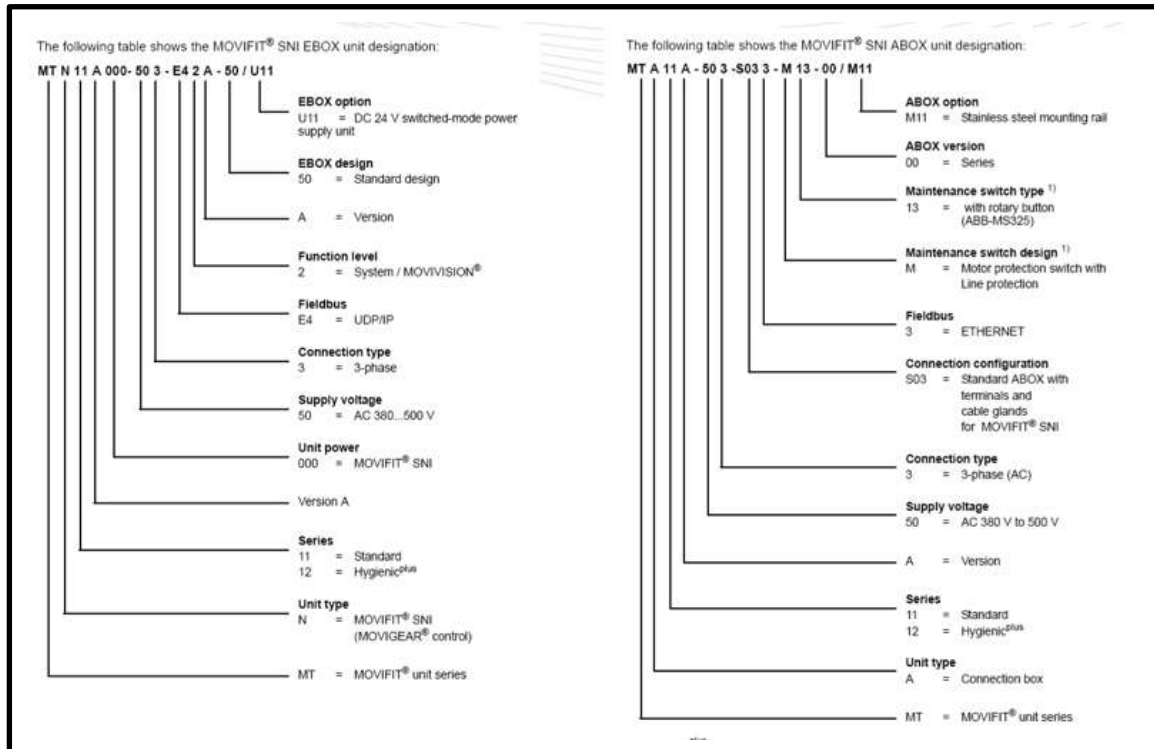


Figura 46
Datos técnicos y dimensiones

Fuente: elaboración propia (manual Movigear)

La figura anterior muestra la designación de 2 modelos del Movifit, donde describiremos algunas de sus siglas:

Modelo MTN12A 000- 50 3-E42A-50/U11

Opción EBOX U11: Es la fuente de alimentación de conmutación 24V_{cc}

E42A: A es la versión

Nivel funcional: 2 (sistema /MOVIVISION)

Bus de campo: E4 (UDP/IP)

Tipo de conexión: 3 (trifásica)

Tensión de conexión: 50=380...500V_{CA}

Potencia de unidad: 000=MOVIFIT-SIN

Modelo MT A 11A - 50 3-S03 3- M13- 00 /M11

Opción EBOX M11: Carril de montaje de acero inoxidable

Versión de ABOX: 00 = serie

Tipo de interruptor de mantenimiento: 13 con botón giratorio (ABB-MS325)

Versión- interruptor de mantenimiento: M= interruptor de protección del motor con protección de línea.

Bus de campo: 3 ETHERNET

Tipo de unidad: A= caja de conexiones

El dispositivo Movifit seleccionado es del tipo FDC (Fieldbus Drive Communication) y su especificación de catálogo es MTN12A000503E42A50/U11. Las especificaciones técnicas de restricción y los datos de operación se pueden ver en la columna Equipos Movifit de la siguiente tabla.

Asimismo, se muestran dos equipos Movifit, donde se indica que el primero controlara los motores del M101 al M106 Movifit con operación de 6 Movigears a una distancia de 20 mt y un amperaje de 12A y el segundo Movifit controlara los motores del M110 al M117, donde tiene una operación de 8 Movigears con una distancia de 65 mt y un amperaje de 15A y el tercer Movifit controlara los motores del M118 al M120 y los M201 al M203, con operación de 6 Movigears a una distancia de 50 mt y un amperaje de 15A.

Tabla 11
Valores Equipos Movifit

ITEM	REFERENCIA	VALORES DE EQUIPOS DE REEMPLAZO		EQUIPOS AUXILIARES DE CONTR
		Modelo Equipo SEW	I nominal (Amp)	Equipos Movifit
1	M 101	DRC2-015-SIN-A-ECR	2,8	MTN12A000503E42A50/U11 In: 20 A/ Max: 10 Movigears Distancia Max: 100 m Operación I: 12 A- 6 Movigears Distancia: 20 mts
2	M102	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
3	M 103	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
4	M 104	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	
5	M 105	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
6	M 106	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
7	M 110	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	MTN12A000503E42A50/U11 In: 20 A/ Max: 10 Movigears Distancia Max: 100 m Operación I: 15 A- 8 Movigears Distancia: 65 mts
8	M111	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
9	M 112	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
10	M 113	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
11	M 114	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
12	M 115	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	
13	M 116	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
14	M 117	DRC2-015-SIN-A-ECR	2,8	
15	M 118	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	MTN12A000503E42A50/U11 In: 20 A/ Max: 10 Movigears Distancia Max: 100 m Operación I: 15 A- 6 Movigears Distancia: 50 mts
16	M 119	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	
17	M120	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	
18	M201	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	
19	M202	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	
20	M203	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	

Fuente: Elaboración Propia

4.5.3 Selección de Gateway

Debido a la potente interface de bus de campo la opción UFF41B otorga el acceso digital a la mayoría de los parámetros y funciones, así como la posibilidad no solo de especificar valores de condigna sino también de activar diferentes funciones de control.

Asimismo, se puede consultar valores reales como por ejemplo corriente, velocidad real y estado de la unidad; en el funcionamiento Profibus, el intercambio de datos de procesos se logra por medio de datos de entrada y salida en el maestro.



Figura 47
Gateway de comunicación UFF41B/UOH21B

Fuente: Elaboración Propia (Sew Eurodrive)

Generalmente, la conexión de la puerta de acceso del bus de campo UFF41B al sistema PROFIBUS se lleva a cabo a través de un cable de dos hilos trenzado y apantallado. Al seleccionar el conector de bus, de debe tomar en cuenta la velocidad de transmisión máxima soportada.

La conexión del cable de dos hilos al conector del PROFIBUS se lleva a cabo a través del pin 3 y del pin 8. La comunicación se establece a través de estos dos contactos. Las señales RS485 y de los pines 3 y 8 deben tener los mismos contactos en todas las unidades PROFIBUS. De lo contrario, las unidades del bus no pueden comunicarse a través del bus.

El funcionamiento de la puerta de acceso del bus de campo UFF41B con una velocidad de transmisión en baudios $> 1,5$ MBaudios sólo es posible con conectores de PROFIBUS especiales de 12MBaudios.

En la puerta de acceso del bus de campo UFF41B se encuentran para el diagnóstico del sistema PROFIBUS dos diodos luminosos de dos colores que indican el estado actual de la UFF41B y del sistema PROFIBUS.

Con la puerta de acceso del bus de campo UFF41B, SEW-EURODRIVE ofrece soluciones innovadoras para poder integrar la tecnología de variadores SEW en sistemas de bus de campo.

Para tal fin, en la puerta de acceso del bus de campo se procesan los datos de proceso de control superior y dichos datos se transmiten a las unidades conectadas a la puerta de acceso del bus de campo a través de CAN (SBus). Dichas puertas pueden transmitir un máximo de 64 datos de proceso (PD) desde el bus de campo a un máximo de 16 unidades de esclavo de nivel inferior. La longitud de dichos datos por unidad de esclavo está limitada a 16 datos de proceso.

En la siguiente tabla 12 se muestran dos equipos Gateway, donde se indica que el primero controlara 1 Movifit con operación de 6 Movigears a una distancia de 20 mts y el segundo Gateway controlara 2 Movifit, donde el primero tiene una operación de 8 Movigears con una distancia de 65 mts. Y el segundo una operación de 6 Movigears a una distancia de 50 mts.

Tabla 12
Datos técnicos Gateway

ITEM	REFERENCIA	VALORES DE EQUIPOS DE REEMPLAZO		EQUIPOS AUXILIARES DE CONTROL	
		Modelo Equipo SEW	I nominal (Amp)	Equipos Movifit	Gateway de comunicación
1	M 101	DRC2-015-SIN-A-ECR	2,8	MTN12A000503E42A50/U11	UFF41B\OMG42B\UOH21B
2	M102	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	In: 20 A/ Max: 10 Movigears	
3	M 103	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	Distancia Max: 100 m	
4	M 104	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	Operación	
5	M 105	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	I: 12 A- 6 Movigears	
6	M 106	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	Distancia: 20 mts	
7	M 110	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	MTN12A000503E42A50/U11	UFF41B\OMG42B\UOH21B Max: 2 Movifit por gateway
8	M111	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	In: 20 A/ Max: 10 Movigears	
9	M 112	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	Distancia Max: 100 m	
10	M 113	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52		
11	M 114	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	Operación	
12	M 115	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	I: 15 A- 8 Movigears	
13	M 116	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	Distancia: 65 mts	
14	M 117	DRC2-015-SIN-A-ECR	2,8		
15	M 118	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	MTN12A000503E42A50/U11	
16	M 119	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	1,52	In: 20 A/ Max: 10 Movigears	
17	M120	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	Distancia Max: 100 m	
18	M201	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	Operación	
19	M202	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	I: 15 A- 6 Movigears	
20	M203	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	2,7	Distancia: 50 mts	

Fuente: elaboración propia

4.6 PROGRAMACIÓN DE LOS SERVOMOTORES EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

Para la investigación se emplearon paquetes de software industrial. Uno de ellos el SIMATIC, de la marca SIEMENS, con el cual se realizó la programación del PLC y configuro los componentes activos de la red (PLC y Gateway).

Este software es un sistema de herramientas adecuado para los sistemas de automatización SIMATIC S7. El cual se basa en estándares de productividad. Al momento de realizar la programación del PLC, se ha trabajado con Step7 (Kop/Awl/Fup), orientado a la programación de bloques de funciones y de datos.

Dentro del Step7 se utilizó el lenguaje AWL siendo este un lenguaje de bajo nivel, a por medio del cual se programaron todos los bloques y funciones necesarias.

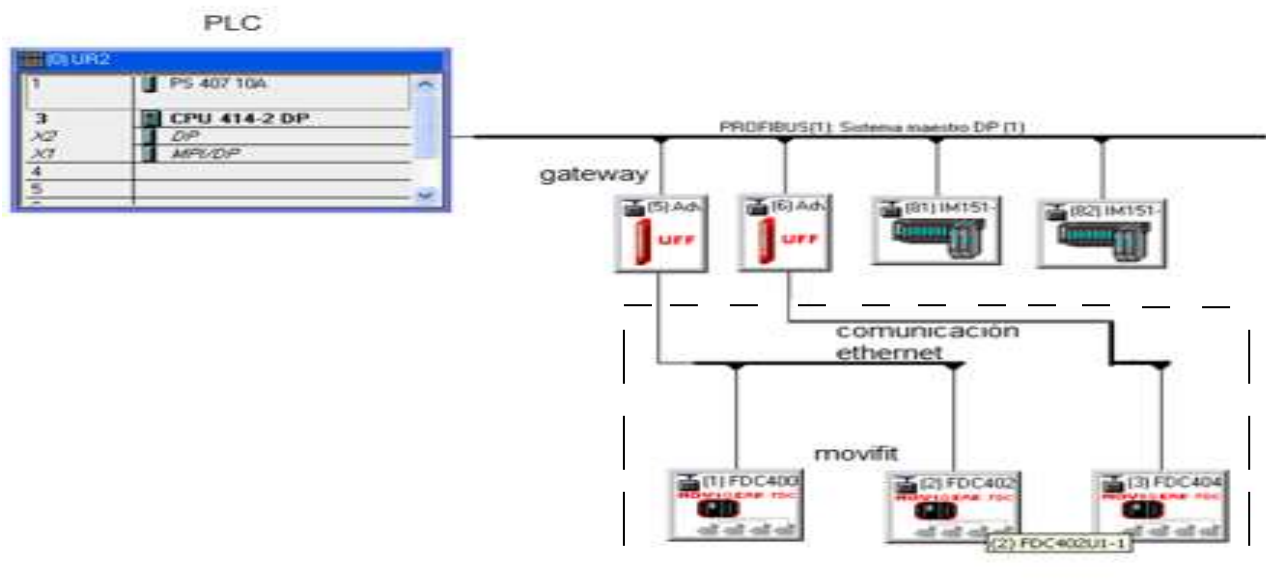


Figura 48
Configuración del Hardware del PLC

Fuente: Elaboración Propia

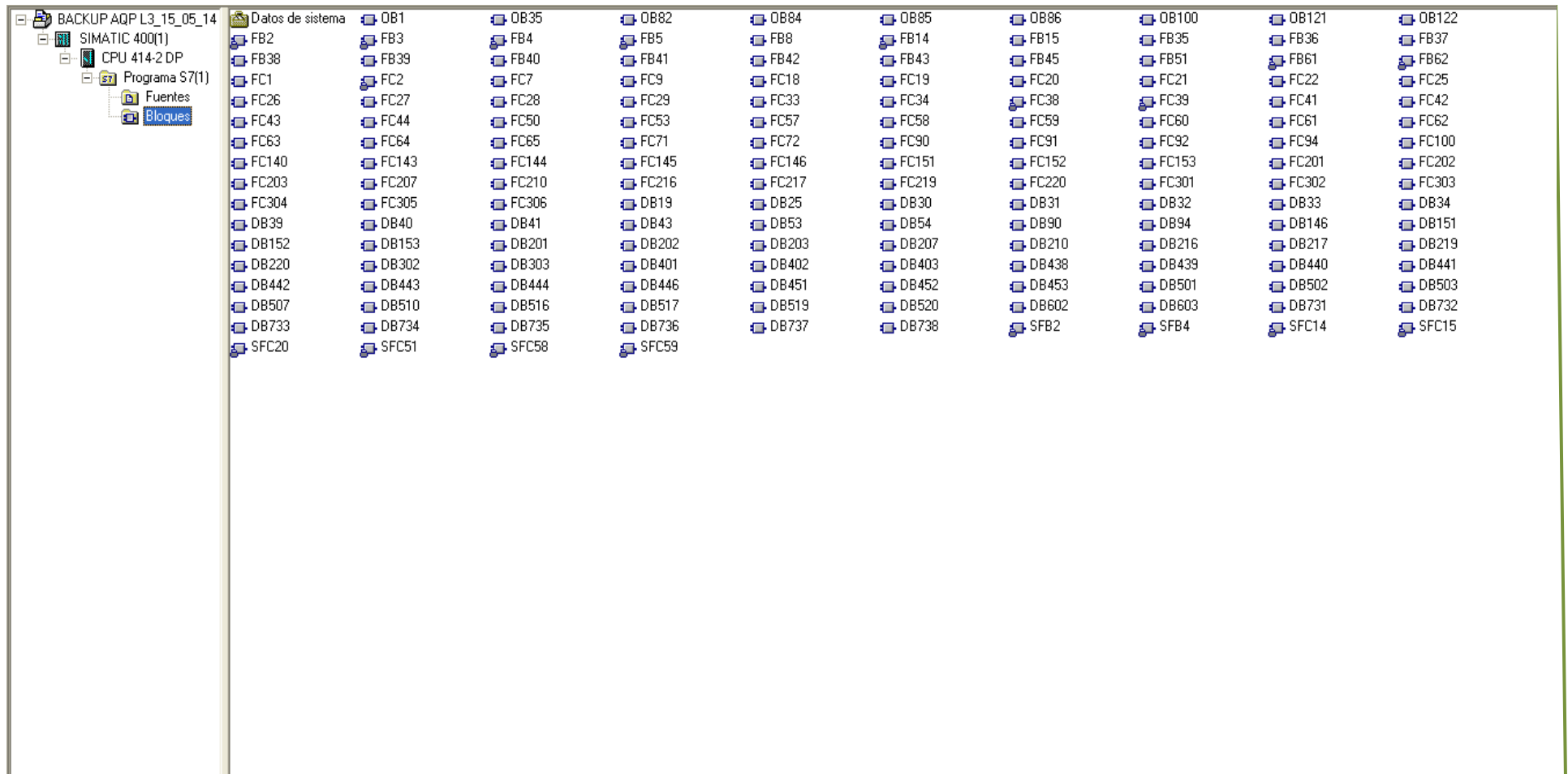


Figura 49

*Bloque de programación**Fuente: Elaboración Propia*

Los datos de las figuras 48 y 49, han sido recolectados directamente en Planta a través de la configuración del Hardware, mostrando los equipos conectados al PLC, observándose características PS 407 10ª, el uso de un CPU 414-2 DP, 2 entradas de comunicación DP y 2 salidas de comunicación MPI-DP con una comunicación PROFIBUS y un sistema maestro DP.

Asimismo, se observa su conexión con el Gateway, con 4 esclavos, donde 2 son Gateway 5 y 6 (estos números corresponden al direccionamiento del nodo) y 2 periféricos 81 y 82.

Posteriormente, se realiza una adaptación mediante la transformación del Profibus a Ethernet para comunicar los Gateway a los Movifit, donde el primero se conecta a los Movifit de dirección 1 y 2 y el segundo Gateway al tercer Movifit de dirección 3 ya que originalmente solo se contempla la conexión entre 2 gateway y 2 Movifit.

Por último, se observa la imagen del bloque de programación, empleándose la lógica del PLC anterior, modificándose la configuración del Ladder y algunos bloques del motor.

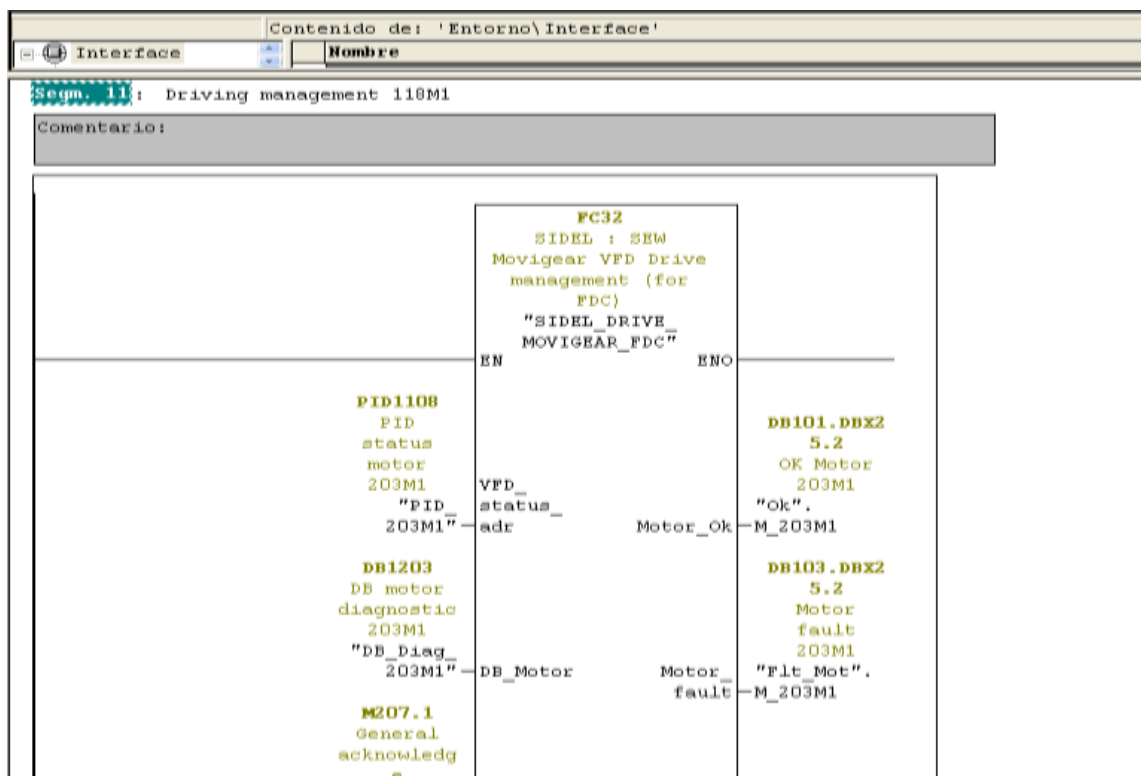


Figura 50
Programación del PLC

Fuente: Elaboración Propia

4.7 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL MODELO PROPUESTO

Empleando el manual del fabricante SEW Eurodrive, se realizó la evaluación técnica, considerando los datos relacionados a la topología de red de diseño y a la carga estimada para efectuar un análisis de las condiciones de todos los componentes que conforman la red.

Dicha evaluación comienza desde cada unidad por separado de acuerdo a los valores nominales del equipo y posteriormente analizar la red de dispositivos a nivel general.

Para la evaluación de cada equipo, se tomó en consideración:

- Condición de carga del motor en los detalles de carga nominal.
- Condición de carga de la caja reductora en los detalles de carga nominal según características para el reglamento continuo y el temporal de arranque con carga.

Para la evaluación de la red, se tomó en consideración:

Confirmación de tipo y calibre de cableado apropiado para el nivel de corriente máximo y nominal, así como para el tipo de comunicación seleccionado.

- Especificaciones reales de los dispositivos.
- Sistema bus de PLC acorde con controlador Movifit FDC.
- Disposición de red (ordenamiento permitido de los dispositivos).
- Sistema de alimentación y nivel de voltaje acorde con el requerimiento de los dispositivos, por ejemplo, alimentación trifásica de 380 a 460vac para equipos Movigear.
- Instalación de reactancias de línea HLD110-500/16 para controlador Movifit FDC.
- Verificación de carga de cada actuador ejecutada y aceptada.
- Inclinación de voltaje en corriente alterna y corriente directa no mayor a 5% para la longitud de cableado total.

Para toda validación técnica se debe tomar en consideración los cuidados de línea fundamentales para cada unidad y para la línea principal, de estar marcado un equipo con protección añadida para sobre - corriente, no se esencial incorporar protección adicional. Cada equipo Movigear en su cabezal electrónico posee su protección de sobrecarga insertada en el cabezal electrónico. Asimismo, el dispositivo Movifit FDC posee una protección de sobrecarga incluida en el modelo MS325 de la marca ABB.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

La Industria de bebidas es muy variada, con diferentes líneas de producción y por ende cuenta con diferentes equipos consumidores de energía tanto eléctrica como térmica, de acuerdo a los requerimientos de su proceso productivo.

Es por ello, que cuenta con un potencial significativo de ahorro de energía en sus diferentes etapas de producción.

La eficiencia energética es una herramienta útil para reducir el consumo de energía y optimizar el proceso productivo; es decir producir más o igual, pero con menos energía. En consecuencia, los Empresarios tienen la oportunidad de aumentar productividad y maximizar el beneficio, ya que el consumo energético en la industria es proporcional a la situación económica y los ciclos económicos.

5.2 CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL Y PROPUESTO.

En la siguiente tabla se muestra los resultados comparados de los consumos energéticos que actualmente emplea cada máquina en operación y los consumos energéticos estimados por los motores de alta eficiencia que se seleccionó para cada máquina, se puede ver que existe una reducción de consumo energético al momento.

Para el cálculo se consideró el consumo desde el año 2018 hasta enero 2020, en base a las horas producidas, se puede observar que para el año 2018 los motorreductores y variadores de velocidad en 3518 horas producidas y para 2019 a enero 2020 de 3755 horas, donde se tiene para el 2018 una potencia de 43 KW y 17 de potencia KVAR, con un consumo de energía de 151540 KWH y 59456 KVARH, con proyección hasta Enero 2020 de 161738 KWH y 63457 KVARH con un costo de energía de S/4.16 por KVARH y de S/0.23 de KWH durante ese periodo. Teniendo un costo total de energía en soles con Motoreductor y variadores de velocidad de S/282,192 para el 2018 y de S/301.181 para el 2019 a enero 2020.

En cambio, con el sistema mecatrónico movigears con el mismo periodo de tiempo y número de horas producidas se puede observar una potencia de 21KW y 3 de KVAR con una

energía de 74977 KWH para el 2018 y de 80022 KWH para 2019-2020 y en 10684 KVARH para el 2018 y 11403 KVARH para 2019-2020, con un costo de S/4.16 por KVARH y S/0.23 por KWH, presentando un costo total de energía en soles con movigears de S/61,688 para el 2018 y S/65,840 para el 2019 a enero de 2020.

Analizando el cuadro se puede señalar que existe un ahorro de energía activa para el año 2018 de 76564 KWH y para el año 2019 a enero 2020 de 81716 KWH, asimismo en relación a la energía reactiva el ahorro corresponde para el 2018 de 48773 KVAH y para el 2019 a enero 2020 de 52055 KVARH.

Tabla 13

Cuadro Comparativo Ahorro Energético

		Horas producidas			
		Años	2018	2019	ene-20
		Horas Producidas	3518	3456	300
Cuadro comparativo ahorro energetico					
		Años (Enero 2018-Enero 2020)	2018	2019- Enero20	
		Horas Producidas (Enero 2018-Enero 2020)	3518	3755	
Sistema Mecatronico Movigears	Potencia (KW) Movigears	21			
	Potencia (KVAR) Movigears	3			
	Energia (KWH) Movigears	74977	80022		
	Energia (KVARH) Movigears	10684	11403		
	Costo de Energia en soles * KVARH	S/ 4,16			
	Costo de Energia en soles * KWH	S/ 0,23			
	Ahorro Proyectado en Energia Reactiva	S/ 44.444	S/ 47.434		
	Ahorro Proyectado en Energia Activa	S/ 17.245	S/ 18.405		
	Costo total de energia en soles con movigears	S/ 61.688	S/ 65.840		
Motoreductores y Variadores de velocidad	Potencia (KW) Motoreductores/VF	43			
	Potencia (KVAR) Motoreductores/VF	17			
	Energia (KWH) Motoreductores/VF	151540	161738		
	Energia (KVARH) Motoreductores/VF	59456	63457		
	Costo de Energia en soles * KVARH	S/ 4,16			
	Costo de Energia en soles * KWH	S/ 0,23			
	Ahorro Proyectado en Energia Reactiva	S/ 247.338	S/ 263.982		
	Ahorro Proyectado en Energia Activa	S/ 34.854	S/ 37.200		
	Costo total de energia en soles con Motoreductores y V/F	S/ 282.192	S/ 301.181		
		Ahorro soles proyectado por años	S/ 220.504	S/ 235.342	
		Ahorro soles proyectado total	S/ 455.846		

Fuente: Elaboración Propia

5.3 FUNCIONABILIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN SISTEMA PROPUESTO

El éxito en la producción de las bebidas gaseosas requiere centrarse en la flexibilidad y la eficiencia general, con una gestión rentable de los recursos y oportunidades de diferenciación de la marca que brindan óptimos resultados a lo largo de su cadena de suministro.

La línea Movigears proporciona un accionamiento mecatrónico que integra reductor, motor y variador electrónico en una unidad compacta. Asimismo, cumple con los requerimientos de diseño higiénico y diseño de superficie higiénica con protección IP69K (protección IP65 como estándar). Es un accionamiento de bajo ruido, dado la no existencia de ventilador y dependiendo en la solución y el punto de operación, la eficiencia mejora entre 10 a 25 % respecto a los accionamientos convencionales.

MOVIGEAR® permite ahorrar energía entre 15% y 30%, variando en función de las condiciones del sistema, logrando así una reducción en los costos de instalación y puesta en marcha.

Posee un sistema descentralizado, con control independiente de cada MOVIGEAR®; reduciendo el número de componentes (variadores de frecuencia, tableros, cables de fuerza y control), donde no es necesario un cableado adicional para el bus de comunicación, ni un tablero de control; presentando reducción del Tiempo de Instalación y del costo del proyecto.

En relación al MOVIFIT ® SIN este soporta hasta 10 MOVIGEAR® (longitud de cable máx. 100m) con un voltaje de 380...500V / 50...60Hz en un grado de protección IP65 (Opcional IP69K), posee un switch de Mantenimiento (no disponible en versión IP69K), maneja una comunicación Ethernet (UDP/IP) de 100Mbits/s (full dúplex) y 12 Entradas digitales y 4 entradas/Salidas Digitales (24V).

La Comunicación SNI maneja una rápida parametrización de equipos mediante una PC con MOVIVISION, donde requiere de un PLC que controle el sistema. Trabaja con una distancia máxima armario de conexiones a MTN de 100 m y con un máximo 10 MOVIFIT en un tramo, así como un máximo 10 MOVIGEAR en un tramo SNI.

En cuanto a los costos que presenta estos equipos la Empresa SEW Eurodrive en una evaluación interna de los mismos, indica que:

Reducción de Costos

Menor tiempo de ingeniería:

- Módulos de la máquina disponibles debido al concepto modular.
- Instalación estructurada y esquema de cableado sencillo.
- Interfaces universales.

Menor tiempo de instalación y puesta en marcha:

- Ahorro de cables y reducción del trabajo de instalación.
- Puesta en marcha de secciones de máquina por separado.
- Uso de un software de control modular.

Asimismo, en una comparación de costos, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14
Comparación de Costos de Componentes

Motorreductores	MOVIGEAR ®
50 motorreductores SA	50 accionamientos MOVIGEAR®
50 variadores de frecuencia	6 distribuidores de campo MOVIFIT-SNI
5 tableros para 10 variadores	
100% Precio neto total	110.7% Precio neto total

Fuente: Manual SEW Eurodrive

Basados en esos datos la Empresa SEW Eurodrive muestra a través de la siguiente gráfica, el por qué se ahorra con la implementación de esos equipos.

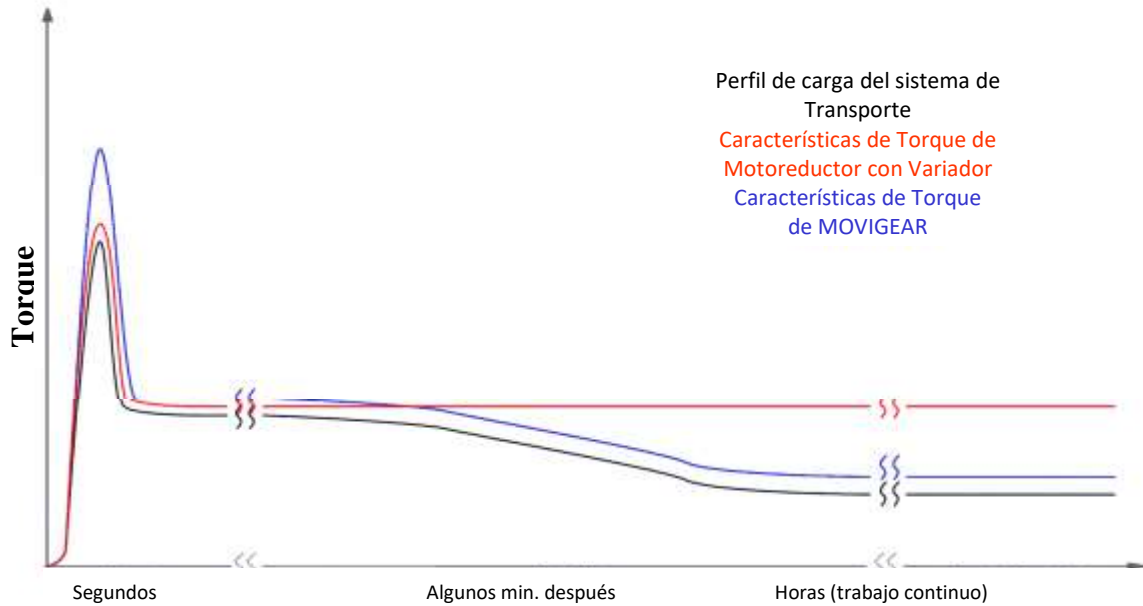
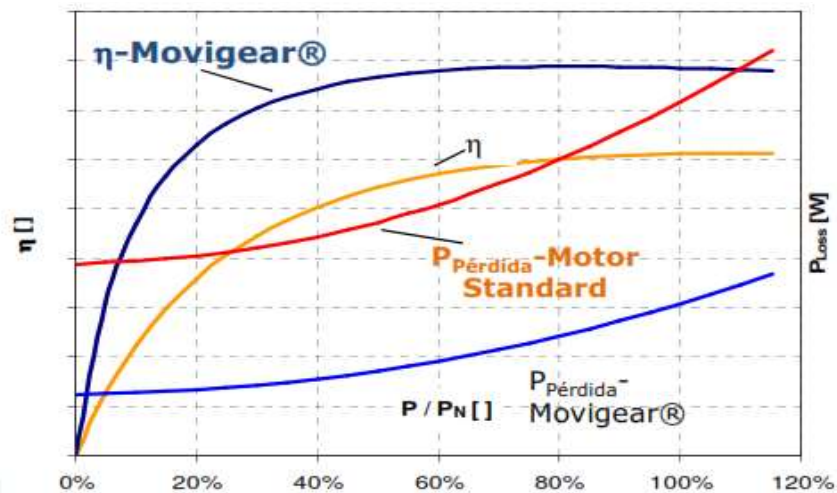


Figura 51
Ahorro de Energía

Fuente: Manual SEW Eurodrive



Comparación de un motor de CA estándar con un Variador de Frecuencia (VF) y un MOVIGEAR®

Figura 52
Ahorro de energía

Fuente: Manual SEW Eurodrive

Asimismo, la Empresa SEW Eurodrive presenta los cálculos para indicar la eficiencia de los accionamientos, dando como resultado lo que se observa en la siguiente tabla:

Los accionamientos seleccionados para transportadores de cajas suman un total de 50 accionamientos.

La eficiencia de cada accionamiento para una velocidad de proceso de 32 m/min con una carga del 100% es:

Tabla 15
Eficiencia de los Accionamientos.

Cantidad	Movigear	Torque	Eficiencia	Cantidad	Motorreductor	Potencia	Torque	Eficiencia
19	MGFAT2- DSM-SNI	49	75%	19	SA47TDT71D4	0.37	30	52%
6	MGFAT2- DSM-SNI	49	75%	6	SA47TDT80K4	0.55	49	56%
5	MGFAT2- DSM-SNI	49	75%	5	SA47TDT80N4	0.75	62	60%
6	MGFAT2- DSM-SNI	49	75%	6	SA57TDT90S4	1.1	91	61%
3	MGFAT4- DSM- SNI/DynaStop	96	86%	3	SA57TDT90S4	1.1	91	64%
4	MGFAT4- DSM-SIN	96	86%	4	SA57TDT90L4	1.5	123	68%
2	MGFAT4- DSM-SIN	96	86%	2	SA57TDT90S4	1.1	91	64%
5	MGFAT4- DSM-SIN	96	86%	5	SA67TDV100M4	2.2	194	70%

Fuente: Manual SEW Eurodrive

Eficiencia Total = Efic. Motor + Efic.

Reductor + Efic. VF

Empleando los accionamientos MOVIGEAR se logra un ahorro de energía del 24% con respecto a los accionamientos tradicionales.

Tabla 16
Consumo de Energía Anual

Consumo de Energía Anual [kW-h]		
Motorreductores	[kW-h]	372727
MOVIGEAR	[kW-h]	281821
Ahorro	%	24.39

Fuente: Manual SEW Eurodrive

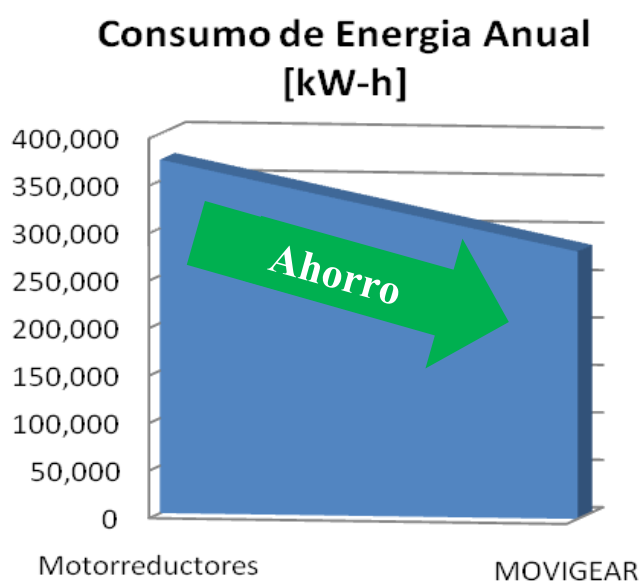


Figura 53
Consumo de energía anual

Fuente: Manual SEW Eurodrive

5.4 PROYECCIÓN AHORRO EN EL COSTO DE CONSUMO ACTUAL Y PROPUESTO

En la Empresa siempre están presentes las ventajas de implementar medidas de eficiencia energética, como mejorar el proceso productivo y consumo de energía.

En la tabla 17 se muestran resultados con una proyección al año 2022, tomando como periodo de inicio el año 2016 debido a que eran las estadísticas disponibles, observándose una tendencia en relación al número de horas producidas, las cuales se mantenían desde el año 2016 al año 2019, por lo que se consideró pertinente hacer la proyección con ese periodo de tiempo.

Se puede observar una proyección para el año 2021 con el sistema mecatrónico movigears con 3470 horas producidas maneja una energía activa de 73948 KWH y con una energía reactiva 10537 KVARH y para el año 2022 con 3465 horas producidas contempla una energía activa de 73846 KWH y una energía reactiva de 10522 KVARH ; lo que implica un ahorro proyectado en soles de energía activa para el año 2018 de S/17,008 y de energía reactiva para el mismo año de S/43,834, para el año 2022 un ahorro proyectado en soles de energía activa para de S/16,985 y de energía reactiva para el mismo año de S/43,773, lo que genera un costo total de energía en soles con movigears de S/ 60,842 para el 2021 y S/ 60,758 para el 2022.

Por otra parte, para los motorreductores y variadores de velocidad, con igual números de horas producidas se tiene una energía activa para el año 2021 de 149462 KWH y una energía reactiva de 58641 KVARH y para el año 2022 una energía activa de 149255 KWH y una energía reactiva de 58560 KVARH, obteniendo un costo total de energía en soles con motorreductores y V/F de S/ 278,321 para el año 2021 y S/ 277,936 para el año2022.

Al realizar un análisis de los datos se puede observar que existe un ahorro total en soles proyectado de S/ 434,657 para el 2022.

Tabla 17

Proyección de horas producidas (2021-2022) y Ahorro en soles proyectado

Proyeccion de horas producidas (2021-2022) y Ahorro en soles proyectado						
Años	2016	2017	2018	2019	2021	2022
Simulacion	3480	3494	3518	3456	3470	3465
Sistema Mecatronico Movigears	Potencia (KW) Movigears				21	
	Potencia (KVAR) Movigears				3	
	Energia (KWH) Movigears				73948	73846
	Energia (KVARH) Movigears				10537	10522
	Costo de Energia en soles * KVARH				S/ 4,16	
	Costo de Energia en soles * KWH				S/ 0,23	
	Ahorro Proyectado en soles de Energia Reactiva				S/ 43.834	S/ 43.773
	Ahorro Proyectado en soles de Energia Activa				S/ 17.008	S/ 16.985
	Costo total de energia en soles con movigears				S/ 60.842	S/ 60.758
	Motoreductores y Variadores de velocidad	Potencia (KW) Motoreductores/VF				43
Potencia (KVAR) Motoreductores				17		
Energia (KWH) Motoreductores/VF				149462	149255	
Energia (KVARH) Motoreductores/VF				58641	58560	
Costo de Energia en soles * KVARH				S/ 4,16		
Costo de Energia en soles * KWH				S/ 0,23		
Ahorro Proyectado en Energia Reactiva				S/ 243.945	S/ 243.608	
Ahorro Proyectado en Energia Activa				S/ 34.376	S/ 34.329	
Costo total de energia en soles con Motoreductores y V/F				S/ 278.321	S/ 277.936	
Ahorro soles proyectado por años				S/ 217.479	S/ 217.178	
Ahorro soles proyectado total				S/ 434.657		

Fuente: Elaboración Propia

5.4.1 Evaluación del costo de implementación y retorno de inversión

Las Empresas constantemente tienen presente la necesidad de implementar medidas de eficiencia energética, que mejoren el proceso productivo y consumo de energía, así como la reducción de costos por consumo de energía, acciones que permiten emplear los recursos a otros usos y reducir los costos.

El beneficio económico está vinculado, esencialmente, con el ahorro en el consumo de energía eléctrica en el proceso productivo de la Planta. El costo de implementación vinculado a la propuesta ha sido calculado teniendo en cuenta el ahorro de energía proyectado representando un ahorro de S/ 217,479 anual.

Para la implementación de las mejoras se realizó conforme a la adquisición e instalación de los equipos de reemplazo, los equipos auxiliares como 3 Movifit dando un costo total de S/5155, 2 Gateway de comunicación con un costo total de S/2380 y cables con un total de S/6425.41, las asesorías por parte del 1 técnico especialista de SEW con un costo de S/7525 y 1 servicio de tercero encargados de la colocación de cables así como los componentes necesarios para dicha implementación con un costo de S/2500. Es decir, el costo de implementación es de S/ 163.021.

Para el presente proyecto se realizó el cálculo de retorno simple ya que es el apropiado para la evaluación de la rentabilidad en proyectos con retornos menores a los 2 o 3 años.

El periodo de retorno o retorno de la inversión simple se calcula mediante:

$$RI = \frac{IMP}{BE}$$

Dónde:

IMP = Costo de implementación de la mejora (S/.)

BE = Ahorro económico (S/. / Año)

RI = Retorno de inversión (años)

$$RI = \frac{163021 \text{ soles}}{217479 \text{ soles}}$$

RI = 0,749594

RI= 8.99 meses

RI = 9 meses. Se estima un retorno de la inversión en 9 meses

Tabla 18
Costo de la Inversión

ITEM	REFERENCIA	VALORES DE EQUIPOS DE REEMPLAZO						Presupuesto
		Modelo Equipo SEW	I: Ratio de Reducción	Vel salida Motoreductor (rpm)	TORQUE MOTOR/REDUCTOR (Nm)	Torque Pico Motor/Reductor (Nm)	I nominal (Amp)	Costo de Materiales (soles)
1	M 101	DRC2-015-SIN-A-ECR	140	14	7.2 / 1008	18 / 2520	2,8	3666
2	M102	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28,07	71,3	112	220	1,52	7025
3	M 103	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28,07	71,3	112	220	1,52	7025
4	M 104	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19,7	101,5	134	475	2,7	8300
5	M 105	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	19,81	101	79	220	1,52	7025
6	M 106	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	19,81	101	79	220	1,52	7025
7	M 110	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9,71	206	39	147	1,52	7025
8	M111	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9,71	206	39	147	1,52	7025
9	M 112	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9,71	206	39	147	1,52	7025
10	M 113	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	22,86	87,5	91	220	1,52	7025
11	M 114	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28,07	71,3	112	220	1,52	7025
12	M 115	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19,7	101,5	134	475	2,7	8300
13	M 116	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	9,71	206	39	147	1,52	7025
14	M 117	DRC2-015-SIN-A-ECR	108	19	7.2/ 778	7.2/2250	2,8	3666
15	M 118	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19,7	101,5	134	475	2,7	8300
16	M 119	MGFAT2-DSM-SIN/B/ECR	28,07	71,3	112	220	1,52	7025
17	M120	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	48	41,7	326	475	2,7	8300
18	M201	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	25,72	77,8	175	475	2,7	8300
19	M202	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19,7	101,5	134	475	2,7	8300
20	M203	MGFAT4-DSM-SIN/B/ECR	19,7	101,5	134	475	2,7	8300
21	Equipos auxiliares	Movifit				Unidades		
22		MTN12A000503E42A50/U11				3		5155
23		Gateway de comunicación						
24		UFF41B\OMG42B\UOH21B				2		2380
25		Cables						
26		TOPFLEX-EMV-UV-2YSLCYK-J - 0.6/1kv (Cable de Fuerza)				200 mt		3883
27		6XV1830-0EH10 Siemens Profibus DP				10 mt		301
28		6XV1878-2B SIEMENS SIMATIC CABLE ETHERNET FLEXIBLE				100 mt		1105
29		Reactancia de Linea HLD110-500/16				3		1136,41
30	Asesoría	Tecnico especialista de sew (Asistencia Tecnica)				1 tecnico		7525
31	Servicios Terceros	Tendido de cables nuevos(altura), retiro de cables antiguos, retiro de variadores y tablero antiguo, retiro de componentes electricos auxiliares(Contactores, Llaves termomagneticas)				1 Servicio		2500
Costo Total proyecto							S/ 163.021	

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis de la estructura y funcionamiento de la línea actual, donde se determinó que el promedio de carga de todos los motores, era de 57%, lo que indicaba que los motorreductores actuales están trabajando en promedio a un 50% de su corriente nominal, lo que los hace trabajar de forma ineficiente.
- Al realizar el diagnóstico energético, de lecturas tomadas mensualmente por un periodo de 2 años, a todos los equipos que conforman la línea 3, se determinó que tienen un consumo total de 1335035 Kwh representando en el proceso de envasado el 30% de consumo de toda la Planta y un consumo de energía reactiva de 156046 Kvarh.
- Se determinó que la tecnología a proponer es el modelo de control distribuido donde los motorreductores regulan la velocidad contenida en el motor eléctrico, fabricado por SEW Eurodrive para la gama MOVIGEAR SIN dada sus características, donde la eficiencia energética de su tipo disminuye las necesidades energéticas al instalarse en un 50%. Realizando una evaluación técnica empleando el manual del fabricante, considerando los datos de referencia de carga estimada y la topología de red de diseño.
- Se realizó una proyección entre el consumo energético y económico que genera el sistema actual y el sistema propuesto donde se señala claramente las ventajas energéticas y económicas que trae la implementación del sistema propuesto.
- Se realizó el cálculo del beneficio económico vinculado, esencialmente, con el ahorro en el consumo de energía eléctrica en el proceso productivo de la Planta. El mismo se ha calculado teniendo en cuenta el ahorro de energía proyectado representando un ahorro de S/ 217,479 anual, con un costo de implementación de S/ 163.021; realizándose el cálculo de retorno simple Permitiendo conocer que se estima un retorno de la inversión para el presente proyecto en 9 meses. Lo que permite soportar la hipótesis al indicar que el uso de motores síncronos de imanes permanentes auto controlados en sustitución de motores asíncronos con reductores mecánicos de velocidad, mejoraran la eficiencia energética de la línea de producción Zegla (PET) mejorando la calidad del proceso industrial.

RECOMENDACIONES

- Es importante realizar una revisión de la situación actual de las maquinas mientras se encuentran operando, dado que es el momento donde es posible observar el funcionamiento de cada una y la condición en la que se encuentran los motores, ya que estos puntos permiten determinar con que energía trabajan y así poder realizar las mediciones específicas.
- Al elaborar una investigación vinculada a la eficiencia energética de cualquier equipo, es indispensable conocer los datos técnicos como: fichas técnicas, datos de la placa, entre otros; para que con ello se pueda establecer los cálculos necesarios al efectuar una evaluación de eficiencia energética.
- Se recomienda realizar la implementación de esta tecnología con la ayuda de expertos fabricantes SEW Eurodrive.
- Se recomienda la tecnología Movigear ya que aporta vida útil a las maquinas, minimiza perdidas de potencia y reduce los costos de consumo energético, lo que muestra los beneficios de emplear este tipo de motores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autycom. (07 de agosto de 2019). *Partes o componentes de un variador de frecuencia*. Obtenido de Autycom: <https://www.autycom.com/componentes-variador-de-frecuencia/>
- Bennett, C., wells, R. . (2002). *Planning for Energy-Based Business Risks. Executive Action*.
- Brunssen. (2005). Obtenido de BRUNNSSEN.com.mx.: <http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=btrans&mt=bandas>
- Díaz, A. J. (2011). *Sistemas de regulación y control*. Barcelona, España: Marcombo. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=nIzEf4wAESoC&pg=PA110&dq=servomotor+que+es&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwji04yw9LLkAhXyuFkKHYfqC80Q6AEINDAC#v=onepage&q=servomotor%20que%20es&f=false>
- Dirección General de Eficiencia Energética. (2019). *Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético industria de bebidas*. Obtenido de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/14_%20guia%20industria%20de%20bebidas%20DGEE.pdf
- Gonzalez, B. (2012). *Sistema automatizado para el control de embotellado*. Obtenido de Tesis ipn: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/99/tesis%20buenagonzalezmonroy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herice, D. A. (2013). *Diseño de experiencias prácticas de control de movimiento coordinado, mediante el uso de servomotores, orientado a la cátedra de accionamientos eléctricos (Tesis de pregrado)*. Universidad José Antonio Páez. Carabobo, Venezuela.
- Linares, V. P. (2010). *Estudio de los tipos de accionamiento para el transporte de cajas de gaseosas en la línea 140 - corporación J.R. Lindley (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Matesanz Parellada, Á. (2008). *Eficiencia energética*. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-eficiencia-energetica.html>
- Mecafenix, F. (18 de abril de 2017). *Servomotor ¿qué es y cómo funciona?* Obtenido de Ingeniería mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/servomotor/>

- Moreno, A., & Córcoles, S. (2018). *Arduino curso práctico*. Madrid, España: RAMA. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=yo6fDwAAQBAJ&pg=PA174&dq=servomotor+que+es&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwji04yw9LLkAhXyuFkKHYfqC80Q6AEIOjAD#v=onepage&q=servomotor%20que%20es&f=false>
- MOVIFIT®-FDC-SNI. (2010). *Operating Instructions* . Obtenido de <https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/17040426.pdf>
- Peltoniemi, J. (2016). *La modernización de la unidad transportadora y la mejora de la eficiencia energética*. Recuperado el 28 de abril de 2016
- Pernia, M. A. (2015). *Motores de inducción conceptos básicos*. Obtenido de https://www.academia.edu/14566955/MOTORES_DE_INDUCCI%C3%93N-CONCEPTOS_B%C3%81SICOS
- Piñero, B. .. (06 de 06 de 2012). *Centro de Experimentacion e Investigación*. Obtenido de <http://www.ceiarteuntref.edu.ar/badarte/node/89>
- Porcuna, P. (2016). *Robótica y domótica básica con Arduino*. Madrid, España: RA-MA. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=UI6fDwAAQBAJ&pg=PA236&dq=servomotor+que+es&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwji04yw9LLkAhXyuFkKHYfqC80Q6AEIJzAA#v=onepage&q=servomotor%20que%20es&f=false>
- Prieto, P. (8 de octubre de 2007). *Ministerio de Educación Cultura y Deporte*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502>
- Quiminet. (16 de junio de 2011). *¿Qué es un variador de frecuencia y cómo es que funciona?* Obtenido de Quiminet: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-functiona-60877.htm>
- R, T. (2012). K. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, 50-72.
- Rojano, S. (2014). *Instruemntación y control de instalaciones de proceso, servicios auxiliares*. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=aqenBAAAQBAJ&pg=PT193&dq=tipos+servomotor&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjF5M3X_7LkAhVOwVkJHdZhA4YQ6AEIWTAI#v=onepage&q=tipos%20servomotor&f=false

- RUSSELL, C. (2003). *Strategic industrial energy efficiency: reduce expenses, build revenues and control risk. Alliance to Save Energy.* .
- Sánchez, F. T., Pérez, A., Rodríguez, P. J., & Sancho, J. L. (2007). *Mantenimiento mecánico de máquinas.* Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=4oZdks_uORsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- SEW Eurodrive. (02 de setiembre de 2019). *MOVIGEAR el sistema de accioanamiento mecatrónico.* Obtenido de Sew eurodrive: <http://www.sew-eurodrive.com.ve/produkt/movigear-sni.htm>
- Taylor. R., Govindarajalu. C., Levin, J., Meyer, A., Ward, W. (2008). *Financing energy efficiency: lessons from Brazil, China, India, and Beyond.*
- UNAM. (2017). *Motor de inducción.* Obtenido de Feria de las ciencias: <https://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria17/56.pdf>
- Villardel, E. N. (julio de 2014). *FIDESTEC.* Obtenido de <https://fidestec.com/blog/sensores-fotoelectricos-industriales-fotocelulas/>