

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD EN LA ETAPA DE LAMINADO EN LA
FABRICACIÓN DE LA PASTA WANTAN EN LA EMPRESA
YUC WA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

ALVEAR CHING, EDGAR DANIEL

Chiclayo, 13 de diciembre de 2018

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD EN LA ETAPA DE LAMINADO EN LA
FABRICACIÓN DE LA PASTA WANTAN EN LA EMPRESA
YUC WA**

PRESENTADA POR:

ALVEAR CHING, EDGAR DANIEL

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Dr. Arroyo Ulloa, Maximiliano

PRESIDENTE

Msc. Tesén Arroyo, Martha Elina

SECRETARIO

Ing. Sánchez Pérez, Joselito

ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar a mi abuelo el gestor de esta industria, a mi padre quien en todo momento me ha impulsado a continuar y mejorar cada aspecto de la empresa familiar, a mi madre quien me inyecta esa fortaleza para seguir adelante, a mi hermano quien me acompaña en todo momento y a todas las personas que de alguna manera me han apoyado en la elaboración de este proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios y a mis padres, por guiar mi formación personal y profesional con amor y dedicación.

A mis maestros, a quienes agradezco por la transmisión de sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al asesor de esta tesis y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
CARÁTULA CON JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVES	ix
ABSTRACT AND KEY WORDS	x
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	18
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	18
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.2.1. Proceso industrial	20
2.2.1.1. Proceso continuo	21
2.2.1.2. Mezcladoras horizontales.....	21
2.2.1.3. Mezcladoras de tambor.....	21
2.2.2. Procesos industriales alimentarios.....	21
2.2.3. Mezclado	22
2.2.3.1. Mezcladoras verticales.....	23
2.2.3.2. Mezcladoras horizontales.....	24
2.2.3.3. Mezcladoras de tambor.....	25
2.2.4. Laminado	27
2.2.5. Pastas alimenticias	30
2.2.5.1. Descripción del proceso de elaboración de pastas alimenticias.....	30
2.2.6. Automatización industrial	32
2.2.7. Sistemas automatizados	30
2.2.8. Controlador	34
2.2.9. Controlador lógico programable (PLC).....	35
2.2.10. Entradas y salidas digitales	37
2.2.11. Entradas y salidas analógicas	38

2.2.12.	Sistemas de control.....	38
2.2.12.1.	Sistemas de control de lazo abierto.....	38
2.2.12.2.	Sistemas de control de lazo cerrado.....	39
2.2.13.	Métodos de control.....	40
2.2.13.1.	Métodos de control clásico	41
2.2.13.2.	Métodos de control moderno.....	43
2.2.13.3.	Métodos de control avanzado.....	44
2.2.14.	Procesos industriales a nivel automatización.....	45
2.2.14.1.	Proceso continuo.....	45
2.2.14.2.	Proceso discreto.....	45
2.2.14.3.	Proceso discontinuo o por lotes.....	45
2.2.15.	Pre – actuadores o pre – accionadores	46
2.2.15.1.	Pre – actuadores eléctricos.....	44
2.2.15.2.	Pre – actuadores neumáticos.....	47
2.2.16.	Actuadores o accionadores.....	48
2.2.16.1.	Accionadores eléctricos.....	49
2.2.16.2.	Accionadores neumáticos.....	50
2.2.17.	Captadores o sensores.....	51
2.2.18.	Indicadores de productividad.....	56
2.2.19.	Herramientas de ingeniería de métodos.....	62
2.2.20.	Estudio de tiempos.....	65

III. RESULTADOS 69

3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA 69

3.1.1. Descripción general de la empresa 69

3.1.1.1. Principales productos 69

3.1.1.2. Principales competidores 70

3.1.1.3. Principales proveedores 70

3.1.1.4. Organización de la empresa 71

3.1.2. Descripción general del proceso productivo de la pasta Wantan 71

3.1.2.1. Área de producción 72

3.1.2.2. Producción de pasta Wantan 75

3.1.2.3. Descripción de las etapas de producción 76

3.1.2.4. Diagnóstico por causas 87

3.2.	DESARROLLO DEL DISEÑO MECÁNICO Y AUTOMATIZADO DEL SISTEMA MECÁNICO	118
3.2.1.	Descripción del sistema general propuesto	118
3.2.2.	Desarrollo del diseño mecánico de los subsistemas	122
3.2.2.1.	Subsistema de mezclado con sistema de voleo para descarga de masa	122
3.2.2.2.	Subsistema de fajas transportadoras.....	144
3.2.2.3.	Subsistema de laminado	153
3.2.2.4.	Subsistema de cernidor vibratorio y cepillo reductor....	167
3.2.2.5.	Subsistema de vaivén para acopio de masa.....	176
3.2.3.	Desarrollo del sistema de control automático	190
3.2.3.1.	Parámetros del sistema automático de control.....	190
3.2.3.2.	Selección de actuadores eléctricos.....	196
3.2.3.3.	Selección de pre – actuadores para el control automático	207
3.2.3.4.	Desarrollo de planos eléctrico y neumático	216
3.2.3.5.	Desarrollo de simulación y secuencia lógica automática	218
3.3.	NUEVOS INDICADORES	229
3.4.	ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO	240
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	244
4.1.	CONCLUSIONES	244
4.2.	RECOMENDACIONES	245
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	246
VI.	ANEXOS	252

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Esquemas de controladores clásicos.....	42
Tabla 02: Maquinaria para la producción de la pasta Wantan.....	74
Tabla 03: Ficha técnica pasta Wantan.....	76
Tabla 04: Calculo del tamaño de muestra para cada etapa del proceso productivo.....	81
Tabla 05: Clasificación del ritmo del desempeño del operario en la etapa productiva según factor.....	82
Tabla 06: Cálculo del tiempo normal de acuerdo al valor de actuación.....	83
Tabla 07: Cálculo del tiempo estándar de acuerdo a los suplementos y holgura.....	84
Tabla 08: Diagrama de análisis de procesos del proceso productivo de la pasta Wantan...	86
Tabla 09: Matriz de consistencia para el diagnóstico de la etapa de laminado.....	88
Tabla 10: Cálculo del tamaño de muestra de la etapa de laminado.....	92
Tabla 11: Calificación del ritmo del desempeño del operario en la etapa de laminado Según factor.....	93
Tabla 12: Cuadro resumen de los tiempos normales y estándares.....	95
Tabla 13: Cálculo de la productividad de mano de obra	97
Tabla 14: Registro de inasistencias del operario durante el año 2016.....	99
Tabla 15: Etapa de laminado registrado el 27/04/2016	102
Tabla 16: Producción pasta Wantan durante el año 2016	103
Tabla 17: Cantidad de MP e insumos por cantidad de pasta Wantan establecida.....	105
Tabla 18: Ventas pasta Wantan durante el año 2016	107
Tabla 19: Ficha técnica Laminadora Semiautomática	108
Tabla 20: Cambio de partes de la máquina laminadora en el año 2015.....	115
Tabla 21: Costo por cambio de partes de la máquina laminadora en el año 2015.....	115
Tabla 22: Impacto económico anual en producción.....	116
Tabla 23: Indicadores de la situación actual de producción.....	117
Tabla 24: Leyenda de la matriz Combinada	123
Tabla 25: Matriz Combinada para calificación entre variables.....	123
Tabla 26: Matriz de decisiones entre las alternativas	124
Tabla 27: Forma, tipo y flujo de mezcla de la mezcladora seleccionada.....	125
Tabla 28: Pesado de mezcla, primera y segunda medición	128
Tabla 29: Ficha técnica de la chumacera de pared	136
Tabla 30: Ficha técnica de piñón motriz y conducido.....	140
Tabla 31: Ficha técnica de cadena regulable.....	140
Tabla 32: Ficha técnica de la chumacera de piso	142
Tabla 33: Anchura mínima y velocidad máxima recomendadas de banda.....	148
Tabla 34: Ficha técnica banda transportadora.....	149
Tabla 35: Valores aproximados del peso de los rodillos (en kg) distanciados un metro entre sí.....	150
Tabla 36: Ficha técnica rodillos para laminado	158
Tabla 37: Ficha técnica polea motriz	159
Tabla 38: Ficha técnica polea conducida	159
Tabla 39: Ficha técnica correa dentada de tipo A	162

Tabla 40: Factor “i” para cada tipo de correa	163
Tabla 41: Ficha técnica de piñón motriz y conducido.....	166
Tabla 42: Ficha técnica de malla cernidora	174
Tabla 43: Ficha técnica de cepillo lineal.....	175
Tabla 44: Ficha técnica de plataforma de apoyo	180
Tabla 45: Ficha técnica de guía lineal con patines	182
Tabla 46: Ficha técnica de rail	182
Tabla 47: Ficha técnica del actuador neumático.....	185
Tabla 48: Ficha técnica de compresor	189
Tabla 49: Variables del sistema automatizado.....	194
Tabla 50: Ficha técnica motoreductor para mezclado.....	196
Tabla 51: Ficha técnica motoreductor para descarga de masa.....	197
Tabla 52: Ficha técnica motoreductor para faja.....	198
Tabla 53: Ficha técnica motoreductor para laminadora	199
Tabla 54: Parámetros de motores trifásicos.....	199
Tabla 55: Parámetros 1 para el análisis de la velocidad en motor trifásico.....	201
Tabla 56: Parámetros 2 para el análisis de la velocidad en motor trifásico.....	201
Tabla 57: Ficha técnica del reductor para mezcladora.....	202
Tabla 58: Ficha técnica del reductor para fajas	203
Tabla 59: Ficha técnica de motor vibrador	206
Tabla 60: Selección de contactores y guardamotors según voltaje, potencia y amperaje	209
Tabla 61: Cuadro resumen de selección de dispositivos de coordinación tipo 2.....	209
Tabla 62: Cables sólidos azul, rojo y vulcanizado.....	214
Tabla 63: Selección de pre – actuadores para el control automático.....	215
Tabla 64: Entradas digitales del sistema automático	217
Tabla 65: Salidas digitales del sistema automático	217
Tabla 66: Diagrama de movimientos para el sistema automatizado	220
Tabla 67: Tiempos después del sistema propuesto.....	235
Tabla 68: Diagrama de análisis de procesos para la etapa de laminado después de la propuesta de diseño.....	236
Tabla 69: Contrastación 1 de indicadores en diagnóstico y en desarrollo.....	237
Tabla 70: Contrastación 2 de indicadores en diagnóstico y en desarrollo.....	238
Tabla 71: Cotización de materiales para la fabricación de máquinas.....	240
Tabla 72: Cotización de mano de obra para fabricación de maquinaria.....	241
Tabla 73: Beneficios anuales del proyecto	241
Tabla 74: Flujo de caja de la propuesta proyectado en 5 años	242
Tabla 75: Periodo de recuperación de la inversión total.....	243

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Proceso productivo	20
Figura 02: Mezcladora vertical.....	23
Figura 03: Patrón de mezclado en mezcladoras verticales.....	24
Figura 04: Mezcladora horizontal.....	25
Figura 05: Patrón de mezclado en mezcladoras horizontales.....	25
Figura 06: Mezcladora de tambor.....	26
Figura 07: Patrón de mezclado en mezcladoras de tambor.....	26
Figura 08: Formas de actuar un laminador.....	27
Figura 09: Fuerzas que actúan en el proceso de laminado.....	28
Figura 10: Máquina laminadora semiautomática.....	29
Figura 11: Sistema de automatización.....	33
Figura 12: Parte de mando y parte operativa.....	33
Figura 13: Controlador lógico programable.....	35
Figura 14: Esquema de funcionamiento de PLC.....	37
Figura 15: Sistema de control Open Loop.....	39
Figura 16: Sistema de control con realimentación positiva.....	40
Figura 17: Sistema de control con realimentación negativa.....	40
Figura 18: Sistema de control anticipatorio.....	43
Figura 19: Sistema de control con realimentación de estados.....	43
Figura 20: Sistema de control con lógica difusa.....	44
Figura 21: Contactor trifásico.....	46
Figura 22: Guardamotor o disyuntor.....	47
Figura 23: Electroválvula de 5/2 vías.....	48
Figura 24: Motoreductor asíncrono trifásico de jaula ardilla.....	49
Figura 25: Cilindro neumático de doble efecto.....	51
Figura 26: Cabezales de finales de carrera.....	53
Figura 27: Esquema de sensor inductivo.....	53
Figura 28: Funcionamiento de sensor inductivo en un piñón.....	54
Figura 29: Esquema de sensor capacitivo.....	54
Figura 30: Funcionamiento de sensor capacitivo en proceso de llenado.....	55
Figura 31: Esquema de sensor fotoeléctrico.....	55
Figura 32: Esquema de fatiga laboral.....	60
Figura 33: Diagrama de procesos Hombre – máquina modelo 1.....	63
Figura 34: Diagrama de procesos Hombre – máquina modelo 2.....	64
Figura 35: Diagrama de análisis de procesos.....	65
Figura 36: Variables de valoración.....	68
Figura 37: Pasta Wantan en estado fresco.....	70
Figura 38: Organigrama de la empresa.....	71
Figura 39: Área de producción de la empresa.....	72
Figura 40: Plano general de la empresa Yuc Wa.....	73
Figura 41: Pasta Wantan en empaque.....	75
Figura 42: Diagrama pictórico del proceso productivo de la pasta Wantan.....	78

Figura 43: Diagrama de flujo en bloques para la elaboración de la pasta Wantan.....	79
Figura 44: Posición del maestro de producción en la etapa de laminado.....	90
Figura 45: Posición del colaborador/operario en la etapa de laminado.....	90
Figura 46: Diagrama Hombre – Máquina: Etapa laminado	96
Figura 47: Gráfico de líneas: Productividad Mano de obra	98
Figura 48: Movimiento repetitivo y agotador de levantar la masa de Wantan.....	98
Figura 49: Movimiento repetitivo en llevar masa hacia laminador.....	101
Figura 50: Gráfico de barras (Etapa de laminado registrado el 27/04/2016).....	102
Figura 51: Saco de harina especial de 50 kg	105
Figura 52: Laminadora Semiautomática.....	109
Figura 53: Componentes de la máquina laminadora (Bocinas de bronce grafitado).....	114
Figura 54: Cambio de partes/componentes de la máquina laminadora.....	114
Figura 55: Esquema renderizado de prototipo mecánico de laminado automático propuesto en vista isométrica.....	120
Figura 56: Plano esquemático del sistema general con sus vistas principales.....	121
Figura 57: Diagrama pictórico del análisis de laboratorio	127
Figura 58: Flujo del material que ingresa y forma de mezclado	129
Figura 59: Elementos del cono truncado	131
Figura 60: Esquema renderizado del subsistema de mezclado	132
Figura 61: Esquema renderizado del subsistema de mezclado con guarda de seguridad... 133	133
Figura 62: Plano esquemático del subsistema de mezclado con sus vistas principales.....	134
Figura 63: Plano de materiales del subsistema de mezclado.....	135
Figura 64: Eje inferior para el giro a 360°	136
Figura 65: Chumacera de pared.....	137
Figura 66: Cremallera circular y piñón para el movimiento rotacional.....	137
Figura 67: Paletas mezcladoras.....	138
Figura 68: Esquema de posición de volteo para descarga de masa	139
Figura 69: Piñón motriz y conducido.....	140
Figura 70: Cadena regulable.....	141
Figura 71: Esquema renderizado de ejes del sistema de volteo.....	141
Figura 72: Chumacera de piso	142
Figura 73: Sensor de posición (sensor mecánico).....	143
Figura 74: Funcionamiento del sensor mecánico.....	144
Figura 75: Esquema renderizado de faja transportadora 1, 2, 3, 4 y 5.....	145
Figura 76: Plano esquemático de faja transportadora 1, 2, 3, 4 y 5 con sus vistas principales.....	146
Figura 77: Plano de materiales de faja transportadora 1, 2, 3, 4 y 5.....	147
Figura 78: Banda del transportador.....	149
Figura 79: Tambor transportador.....	150
Figura 80: Esquema de giro del tambor de la faja	151
Figura 81: Detector fotoeléctrico (sensor óptico).....	153
Figura 82: Funcionamiento del sensor óptico.....	153
Figura 83: Esquema renderizado de máquina laminadora.....	154
Figura 84: Esquema renderizado de máquina laminadora con guarda de seguridad.....	155

Figura 85: Plano esquemático de la máquina laminadora con sus tres vistas principales	156
Figura 86: Plano de materiales de máquina laminadora	157
Figura 87: Rodillos de laminación	158
Figura 88: Polea motriz	159
Figura 89: Polea conducida	160
Figura 90: Correa dentada de tipo A	162
Figura 91: Esquema renderizado de la transmisión de polea y faja	165
Figura 92: Piñón motriz y conducido	166
Figura 93: Esquema renderizado del sistema de transmisión de piñones	167
Figura 94: Esquema renderizado de cernidor y cepillo	167
Figura 95: Funcionamiento del cernidor	168
Figura 96: Nonios para regulación de altura de cepillo lineal	169
Figura 97: Funcionamiento del cepillo reductor acoplado en la faja transportadora 5	169
Figura 98: Plano esquemático de cernidor vibratorio y cepillo reductor con sus tres vistas principales	170
Figura 99: Plano de materiales de cepillo reductor	171
Figura 100: Esquema de un paralelepípedo	173
Figura 101: Esquema renderizado del tamiz cernidor	173
Figura 102: Malla para cernir	174
Figura 103: Cepillo lineal	175
Figura 104: Esquema renderizado de subsistema de vaivén	176
Figura 105: Esquema renderizado de subsistema de vaivén acoplado en faja transportadora	177
Figura 106: Plano esquemático del subsistema de vaivén con sus tres vistas principales	178
Figura 107: Plano de materiales subsistema de vaivén	179
Figura 108: Plataforma de apoyo	180
Figura 109: Carro lineal	182
Figura 110: Rail lineal	183
Figura 111: Funcionamiento de la guía lineal	183
Figura 112: Funcionamiento del actuador neumático en posición inicial	184
Figura 113: Funcionamiento del actuador neumático en posición final	184
Figura 114: Cilindro neumático de doble efecto	185
Figura 115: Compresor 8 bar	189
Figura 116: Representación de lazo abierto en el subsistema de volteo	191
Figura 117: Representación de lazo abierto en la detección de masa en el subsistema de faja	192
Figura 118: Representación de lazo abierto durante accionamiento de pistón neumático	192
Figura 119: Representación de la señal digital del sensor de posición y/o fotoeléctrico	193
Figura 120: Esquemización del sistema a nivel automatización	195
Figura 121: Motoreductor de 4 kw (5 hp)	196
Figura 122: Motor trifásico de 2,2 kw (3 hp)	197
Figura 123: Motoreductor de 0,75 kw (1 hp)	198
Figura 124: Motor trifásico de 0,75 kw (1 hp)	198
Figura 125: Reductor WEG 1 (worm box)	203
Figura 126: Reductor WEG 2 (worm box)	203
Figura 127: Motor vibrador	206

Figura 128: Contactor tripular	207
Figura 129: Guardamotor magneto térmica.....	208
Figura 130: Interruptor o llave termomagnética tripolar.....	210
Figura 131: Pulsador de paro	211
Figura 132: Pulsador de marcha:	211
Figura 133: Piloto de señalización de paro	212
Figura 134: Piloto de señalización de marcha	212
Figura 135: Botón pulsador de emergencia.....	213
Figura 136: Tablero mural de acero	214
Figura 137: MODICON TM241CE40R.....	218
Figura 138: Secuencia N° 01 en SO MACHINE	221
Figura 139: Secuencia N° 02 en SO MACHINE	222
Figura 140: Secuencia N° 03 en SO MACHINE	223
Figura 141: Secuencia N° 04 en SO MACHINE	224
Figura 142: Secuencia N° 05 en SO MACHINE	225
Figura 143: Secuencia N° 06 en SO MACHINE	226
Figura 144: Secuencia N° 07 en SO MACHINE	227
Figura 145: Diagrama Hombre – Máquina para la etapa de laminado automático.....	228

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

La empresa YUC WA, se dedica a la producción y comercialización de pasta Wantan, cuyos principales consumidores son los restaurantes orientales “*chifas y snacks*”, en Chiclayo. Del análisis efectuado se determinó que durante el proceso productivo, en la etapa de laminado se genera una baja productividad de mano de obra (10 kg/hora – hombre); cuyas principales causas se enfocaron en: mano de obra y máquina, causando el cuello de botella.

La mano del hombre interviene en un 100%, generando saturación en sus labores. Por otro lado, la máquina laminadora es obsoleta, lo que conlleva a averías constantes, cambios de piezas mensuales y un sinnúmero de mantenimientos. La máquina es utilizada en 43,13%, no en su totalidad, dejando de producir una gran cantidad de pasta Wantan (30378,24 kg/año). Además se calcularon indicadores de productividad de materiales, de máquina y de energía: 1,27 kg de pasta Wantan/kg de harina; 80 kg de pasta Wantan/máquina laminadora y 11 kg de pasta Wantan/kWh respectivamente. Como consecuencia a todas las causas analizadas, se tuvieron pérdidas económicas importantes en todo un año y fueron de S/ 380 184,54 (año 2016).

Para dar solución a la problemática de la empresa generada durante el proceso productivo, se logró realizar el diseño de un sistema automatizado de una máquina laminadora. Para su desarrollo se efectuaron diversos cálculos de ingeniería; se utilizó catálogos y se obtuvieron las especificaciones técnicas adecuadas del prototipo diseñado. El diseño mecánico de la máquina laminadora se realizó en SolidWorks, un software asistido por computadora de modelación con sistema CAD, cuya visualización es en 3D. Además, se realizó la programación del controlador lógico programable con su respectiva simulación de control de toda la etapa de laminado en el software So Machine, y los planos eléctricos se presentan en formato CAD para una mejor apreciación de cada símbolo de los dispositivos a utilizar.

Con el nuevo sistema diseñado, los indicadores de productividad mejoraron notablemente, la productividad de mano de obra aumentó en 217,39 kg/hora – hombre, la productividad de energía a 17,15 kg de pasta Wantan/kWh y la productividad de máquina a 200 kg/máquina. Por otro lado la utilización de la máquina y el rendimiento de la producción aumentaron en un 100%, los niveles de saturación del operario disminuyeron de 100% a 0,00%, teniendo un incremento en la productividad de mano de obra en un 2074 %; de esta manera se reducen y/o eliminan los problemas originados durante el proceso productivo (cuello de botella); por lo tanto, se considera que el proyecto es viable y rentable para la empresa, puesto que tendrá una inversión total de S/ 64 254,09; con un período de recuperación de 90 días calendarios y por cada sol invertido, se recuperan 17,92 soles, lo que conllevaría a una rentabilidad a gran escala.

Palabras clave: Automatización, controlador lógico programable, So Machine, SolidWorks, productividad, laminado, pastas frescas.

ABSTRACT AND KEY WORDS

The company YUC WA, is dedicated to the production and marketing of Wantan pulp, whose main consumers are the oriental "*chifas and snacks*" restaurants in Chiclayo. From the analysis carried out, it was determined that during the production process, low productivity is generated in the rolling stage (10 kg / hour - man); whose main causes were focused on: labor and machine, causing the bottleneck.

The hand of man intervenes in a 100%, generating saturation in their work. On the other hand, the laminating machine is obsolete, which leads to constant breakdowns, changes of monthly parts and a number of maintenance. The machine is used in 43,13%, not in its entirety, stopping producing a large amount of Wantan pulp (30378,24 kg / year). In addition, material, machine and energy productivity indicators were calculated: 1,27 kg of Wantan pulp / kg of flour; 80 kg of Wantan pulp / rolling machine and 11 kg Wantan pulp / kWh respectively. As a consequence of all the causes analyzed, there were significant economic losses in a whole year and were S / 380 184,54 (year 2016).

To solve the problem of the company generated during the production process, it was possible to design an automated system for a laminating machine. For its development several engineering calculations were carried out; catalogs were used and the appropriate technical specifications of the designed prototype were obtained. The mechanical design of the laminating machine was made in SolidWorks, a computer-aided modeling software with CAD system, whose visualization is in 3D. In addition, programming of the programmable logic controller with its respective control simulation of the entire stage of rolling in the So Machine software was carried out, and the electrical drawings are presented in CAD format for a better appreciation of each symbol of the devices to be used.

With the new designed system, productivity indicators improved significantly, labor productivity increased by 217,39 kg / hour - man, energy productivity to 17,15 kg of Wantan pulp / kWh and machine productivity to 200 kg / machine. On the other hand the use of the machine and the yield of the production increased by 100%, the levels of saturation of the operator decreased from 100% to 0,00%, having an increase in the productivity of labor by 2074 % ; in this way the problems originated during the productive process (bottleneck) are reduced and / or eliminated; therefore, it is considered that the project is viable and profitable for the company, since it will have a total investment of S / 64 254,09; with a recovery period of 90 calendar days and for each sun invested, 17,92 soles are recovered, which would lead to a large-scale profitability.

Keywords: Automation, programmable logic controller, So Machine, SolidWorks, productivity, laminate, fresh pasta.

I. INTRODUCCIÓN

Según la organización Oxfam, la pasta es el plato más popular del mundo, por encima de la carne, el arroz y la pizza. (McClatchey. 2011). La producción mundial de pastas se sitúa en el entorno de los 13,5 millones de toneladas, y en el Perú, las cifras de producción reflejan la preferencia del consumidor peruano por los fideos envasados, pastas orientales y productos farináceos, entre ellos destacan la pasta Wantan y los fideos chinos. Esta tendencia se puede apreciar desde los últimos doce años, debido a la creciente demanda de restaurantes orientales a lo largo del tiempo en todo el Perú. La investigación detalló que entre el 2001 y 2013, la producción de fideos envasados y pasta Wantan creció a una tasa promedio anual de 4,7%. (Sociedad Nacional de Industrials 2016).

Esta gran demanda de pastas alimenticias tanto mundial como peruana, puede llegar a convertirse en una gran oportunidad para aquellas micro – empresas que desean incursionar en el mundo de las pastas, por ser un producto de alto valor nutricional como también por formar parte de una dieta balanceada y saludable en la población.

Actualmente las micro – empresas dedicadas a la producción de pastas orientales no cuentan con sistemas automatizados especializados ni con una tecnología avanzada, es por ello que la innovación, el desarrollo y la inversión en tecnología son otras de las oportunidades para obtener mayor competitividad, mejor productividad, productos terminados de calidad, entregas satisfechas al cliente y cero reprocesos. (Sociedad Nacional de Industrias 2016)

Según el diario web del grupo Milenio, en la sección de ciencia y tecnología, Mariscal. (2014) menciona que, mediante la adopción de la automatización electro – mecánica y sistemas de automatización industrial integral de la industria se conseguirá una mejora sustancial de todos sus procesos productivos siendo mucho más competitivo. Hoy en día es posible automatizar prácticamente cualquier proceso productivo industrial mediante el diseño y la implementación de automatismos, robots (robótica), sistemas de control servo, PLC's y cualquier otro elemento necesario para conseguir una respetabilidad de un proceso con tiempos de ciclo muy inferiores a los que se conseguirían de una forma manual o semiautomática. El objetivo es muy claro: optimizar cualquier proceso industrial.

YUC WA, es una industria perteneciente al rubro de industrias de pastas orientales y desde hace 40 años aproximadamente se dedica a la producción de pasta Wantan, la cual se comercializa a la cartera de clientes “*chifas y snacks*” (90 establecimientos en el distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque).

Para la elaboración de la pasta Wantan se debe pasar por distintas etapas durante todo el proceso productivo, principalmente por la etapa de laminado, en la cual, el operario

lamina la masa mezclada a través de unos rodillos semiautomáticos hasta lograr el espesor requerido.

En el presente estudio, se propone automatizar la etapa de laminado mediante el diseño de una maquina laminadora automatizada, puesto que es la etapa en donde se generan mayor cantidad de problemas: la saturación en los operarios; es decir, la exigencia física del hombre interviene en un 100%, ocasionando que el operario sienta cansancio y la productividad de mano de obra disminuya notablemente alcanzando niveles inferiores al 50%, ralentizando todo el proceso. Por otro lado, la utilización de la máquina laminadora es inferior al 50% debido a tiempos improductivos que se generan durante la etapa de laminado; además, el estado en que se encuentra la máquina laminadora es obsoleta y antigua lo que conlleva a desgastarse diariamente y/o requiriendo un mantenimiento constante (5 veces a la semana) traduciéndose en costos innecesarios para la empresa; y como consecuencia a todo ello se genera un cuello de botella, lo que es necesario reducirlo. Por lo tanto, ¿El diseño de un sistema automatizado mejorará la productividad de la etapa de laminado en la fabricación de pasta Wantan en la empresa YUC WA?

Para la realización de esta propuesta, en primer lugar, se realizará un diagnóstico detallado de la situación actual de la empresa. De esta manera se analizarán las causas que originan la baja productividad en la etapa de laminado determinando las evidencias y el impacto anual que se genera. Una vez calculado estos datos, se diseñará un equipo laminador automático que sea beneficioso para la empresa en términos monetarios. El diseño de un prototipo mecánico de una máquina laminadora automática con su respectivo sistema automatizado, controlado mediante una unidad de control (PLC), tendrá la capacidad de mejorar la productividad, eliminando defectos durante el proceso productivo, mejorar la calidad de vida del operario, reducir y/o eliminar la fatiga laboral, los tiempos improductivos y los errores del operario, realizando toda la producción programada de pasta Wantan, con un tiempo de ciclo inferior al actual, favoreciendo positivamente a la empresa. Asimismo, se analizará el costo beneficio de la propuesta con sus respectivos indicadores financieros los cuales se interpretarán para comprobar si el proyecto es viable y rentable para la empresa.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

- En el artículo de investigación se presentó el “Diseño de un prototipo mecánico para automatizar el proceso de clasificación del mango de azúcar (*Mangifera Indica L*) tipo exportación”. Este prototipo está constituido por un sistema de bandas que permite transportar y rotar el fruto para que un sistema de adquisición capture diferentes caras de este. Las imágenes obtenidas se analizaron mediante técnicas computacionales que permiten obtener una aproximación tridimensional, lo que posibilita la estimación del volumen de cada fruto. Para la evaluación del clasificador global se realizó un análisis de indicadores de desempeño derivados de la matriz de confusión construida a partir de los resultados obtenidos de un grupo de 150 mangos previamente clasificados por parte de un experto. El método de clasificación global presentó una exactitud promedio de 90,5%: de los 150 mangos, 136 fueron clasificados correctamente, a comparación de la clasificación manual que se seleccionaban en menores cantidades. Los resultados de la operación del mecanismo, y la aplicación de los métodos mostraron una precisión superior al 90%. (Ballesteros, Moreno y Sánchez 2012)
- In the scientific article "Design, construction and implementation of an automated integrating system for the flow, pressure and temperature modules of the advanced manufacturing center"; an alternative for the manufacturing and process industry was presented, the main objective being to integrate the automated flow, pressure and temperature modules of the Advanced Manufacturing Center (CEMA-UNMSM), by means of microcontrollers, responding to the need of the business sector, to improve their productivity by 80% using economic technology in order to increase the quality of their products and reduce manufacturing costs. The result achieved in the research is the integration of the process control systems of the CEMA, which concludes the feasibility of making functional devices with a small installation space, versatile in the process and easy to operate using automatic control software, such as also to integrate and provide a connection between the control systems of each process. (Poma, Raffo and Berrospi 2012)
- In the article "Design of a semi-automated lid machine for SME bakeries", he presented the prototype of machinery, which eliminates the lids of the baking molds. The design was elaborated using the calculations of a mechanical design. The results were simulated using AUTOCAD for the analysis of the finite elements to validate the model. The project focused on the transfer of technology and the national economic recovery plan. This research aims to automate and, therefore, improve productivity in bakeries using mechanical design calculations and finite element analysis. The machine has a collection and placement unit that

uses electromagnetism, along with a material handling chain and a control circuit. The automated system consists of pneumatic cylinders, electromagnet sensor and conveyor chain. The machine was able to increase the rate of removal of the lid to 26%. The results were in line with the objectives set. (Masike, Museka y Taderera 2014)

- In the article "Proposal for automation in the finished product warehouse in the personal hygiene products manufacturing industry in Costa Rica", he presents the automation proposal for the finished product warehouse and parquet area of the Kimberly Clark company, where makes the product selection, inventoried, palletized and parquet of the final product. It was proposed to automate part of this process by reading the barcode of their products and distributing them through specific channels where the human operator intervenes until the final stage of placement on pallets for palletizing, so that the personnel do not have to be doing repetitive and exhausting jobs; and so you can keep a detailed inventory control automatically. The proposal is raised to the company's plant in San Antonio de Belén de Heredia, Costa Rica and it is concluded that automation would reduce the number of places that operate in that area, from six to four people per shift, therefore Salaries equivalent to \$ 4,600.00 in savings for labor / month would be saved. In addition, it will be possible to have a more agile and efficient distribution of the finished product in the cellar and parquet area, achieving that the employees of this area have an adequate ergonomics in the performance of their work and do not have to be doing routine movements, tired by inadequate and exhausting displacements due to excessive weight accumulated at the end of the day, reducing operator saturation by 90%. (Pérez 2015)
- En el artículo científico "Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico", describe la implementación de un prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico, con la finalidad de incrementar el nivel de calidad de los productos así como la productividad en el envasado de las botellas en un 90%. El prototipo ha sido desarrollado con actuadores neumáticos, sensores, electroválvulas, solenoides, motores y un controlador lógico programable (PLC S7-1200) así como también una rueda de ginebra para que este pueda controlar el proceso de manera automática, reduciendo los cuellos de botella y permitiendo un llenado uniforme. Para la implementación del proyecto, la parte mecánica se conectó con la parte neumática y eléctrica. En este presente proyecto se concluyó que mediante el diseño, el tiempo del proceso se pudo reducir de 13 segundos a 11 segundos, la reducción del tiempo de embotellado fue de un 36 %, se disminuyó en un 90 % las devoluciones de botellas por parte del consumidor final y la producción se ve incrementada en un 36 %. (Velásquez y Gonzales 2017)

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Proceso industrial

Un proceso industrial es un conjunto de actividades enlazadas entre sí que, partiendo de uno o más inputs o entradas los transforma, generando un output o resultado (Hermida. 2000)

Un proceso industrial es un conjunto de actividades enlazadas lógicamente que toman una materia prima e insumos añadiendo un valor con sentido específico para un cliente o grupo de interés, obteniendo así un resultado o servicio. (Hermida. 2000)

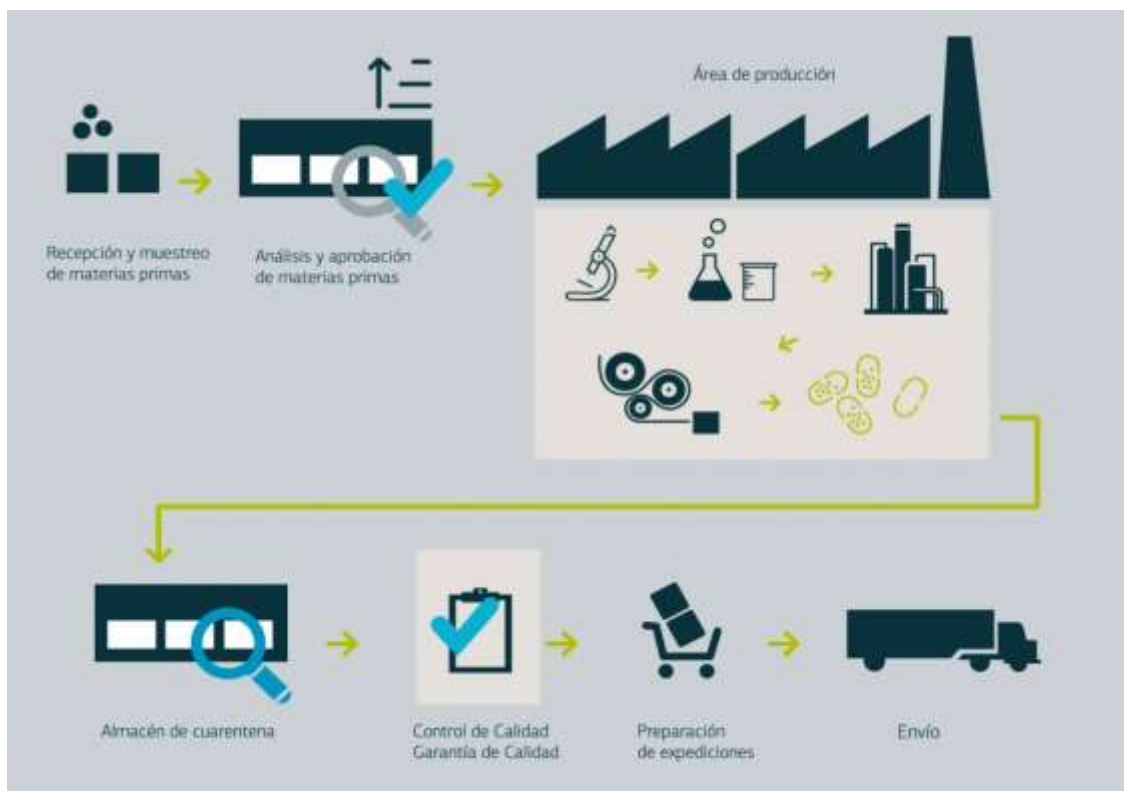


Figura 01: Proceso productivo

Fuente: Grupo Juste (2017)

En la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones del Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control de la Universidad del Cauca se realizó el proyecto de automatización: Ingeniería de proceso; desarrollado por Geanioplis, C. J (1999), el cual en su resumen refiere la clasificación de los procesos, y son los siguientes:

2.2.1.1. Continuos: Los productos se fabrican transportando el material entre los diferentes equipos especializados en la realización de un objetivo determinado del proceso. Cada uno de estos equipos opera en un solo estado estable. La producción continua tiene una salida permanente de producto.

2.2.1.2. Discretos: Los productos son elaborados en lotes de producción, formado en grupos de productos que tienen en común las materias primas con las cuales son fabricados como los históricos de producción. Un proceso discreto es una cantidad específica del producto lo cual es movida como una unidad (grupo de partes) entre estaciones y cada parte mantiene su única identidad. La salida de un proceso discreto aparece una por una o en cantidades de partes

2.2.1.3. Batch: Este tipo de procesos son discontinuos. No son continuos ni discretos, tienen características tanto de procesos continuos como de discretos, además puede llegar a equivocarse con los últimos. La salida aparece en lotes o en cantidades de material. Un proceso batch es un proceso que impulsa a la producción de cantidades finitas de material, sometiendo a las cantidades de material de entrada a un conjunto ordenado de actividades de procesamiento sobre un periodo finito de tiempo usando una o más piezas de equipo.

2.2.2. Procesos industriales alimentarios

El término industrias alimentarias conforma un conjunto de actividades industriales orientadas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. (Berkowitz. 1998)

Según Ecured. (2017), las materias primas de esta industria se centran en los productos de origen vegetal (agricultura), animal (ganadería) y fúngico, principalmente.

Por lo tanto, los procesos alimentarios se encargan de convertir los productos procedentes del sector agropecuario, es decir, de la agricultura y la ganadería. Los procesos habituales de la elaboración de alimentos, tienen como objeto la transformación inicial del alimento crudo para la obtención de otro producto distinto y transformado, generalmente más adecuado para su ingesta. Algunos de los procesos de elaboración tienen su fundamento en la conservación del alimento.

Aunque exista una gran variedad de industrias alimentarias, Ecured. (2017) clasifica los procesos de fabricación en:

- Manipulación de los alimentos
- Almacenamiento de los mismos y de las materias primas

- La extracción de sus propiedades
- La elaboración hasta un producto final
- El envasado
- La conservación de los alimentos.

2.2.3. Mezclado

Según Rodríguez J. (2017), Gerente de aseguramiento de la calidad en la empresa Nutrimentos Concentra S.A. de C.V., afirma que:

El mezclado del alimento ocurre cuando las partículas de un ingrediente están en movimiento, permitiendo que las partículas de otros ocupen sus lugares. La función de una mezcladora es mover las partículas de los ingredientes y permitir el proceso anterior; por este motivo las mezcladoras que impulsan un máximo movimiento de partículas efectuaran un mezclado más rápido y eficiente.

Cada ingrediente, contiene propiedades físicas que alteran su capacidad para ser mezclado con otros ingredientes; entre estas podemos destacar tamaño de partícula, densidad, forma y características de superficie, higroscopicidad, adhesividad y susceptibilidad a cargas electrostáticas. Por lo tanto, el tamaño de partícula es el factor que más influye sobre el mezclado uniforme del alimento. Teóricamente si todos los ingredientes tuvieran el mismo tamaño de partícula, sería muy fácil mezclarlos y no ocurriría segregación. Mediante varios estudios se ha confirmado que conforme se incrementa el tamaño de las partículas, se requiere más tiempo para obtener un mezclado uniforme (con menos de un 10 % de coeficiente de variación entre muestras); sin embargo, en la práctica es importante mezclar partículas con un amplio rango de tamaños. (Rodríguez. 2017)

En la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, en la Escuela Académica de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo se presentó el libro titulado: Apuntes de estudio de operaciones y procesos unitarios; desarrollado por Espinoza M. (2012), el cual menciona que:

El término mezcla o mezclado, se usa en una gran variedad de operaciones que difieren complejamente en el grado de homogeneidad del material mezclado. El éxito de muchas operaciones industriales depende de la eficaz mezcla, ya sean de sólidos o fluidos. La mezcla es una distribución al azar de dos o más fases inicialmente separadas. Un único material homogéneo, tal como un tanque con agua fría, puede ser agitado pero no puede mezclarse mientras no se le añade otro material, tal como una cierta cantidad de agua caliente o algún sólido pulvurento

Según Rodríguez J. (2017), existen tres tipos básicos de mezcladoras:

2.2.3.1. Mezcladoras Verticales

En algunos lugares son muy populares debido, principalmente, a su bajo costo y a la facilidad de poder adaptarse a equipos móviles de alimentación.

Una mezcladora vertical en buen estado mecánicas a veces tarda de 12 a 15 minutos con una velocidad de operación entre 200 a 300 rpm para producir una mezcla uniforme, este tiempo puede disminuir a 8 ó 10 minutos si se utiliza un sistema de doble gusano. En las mezcladoras verticales solo un pequeño porcentaje (10 %) de alimento es trasladado a un mismo tiempo. La mayoría del mezclado se lleva a cabo mediante la recirculación de los ingredientes a través de un tubo elevador, y un gusano (Ver Figura 02 y 03). Debido a que el alimento fuera del tubo no es movido activamente, el mezclado requiere más tiempo.

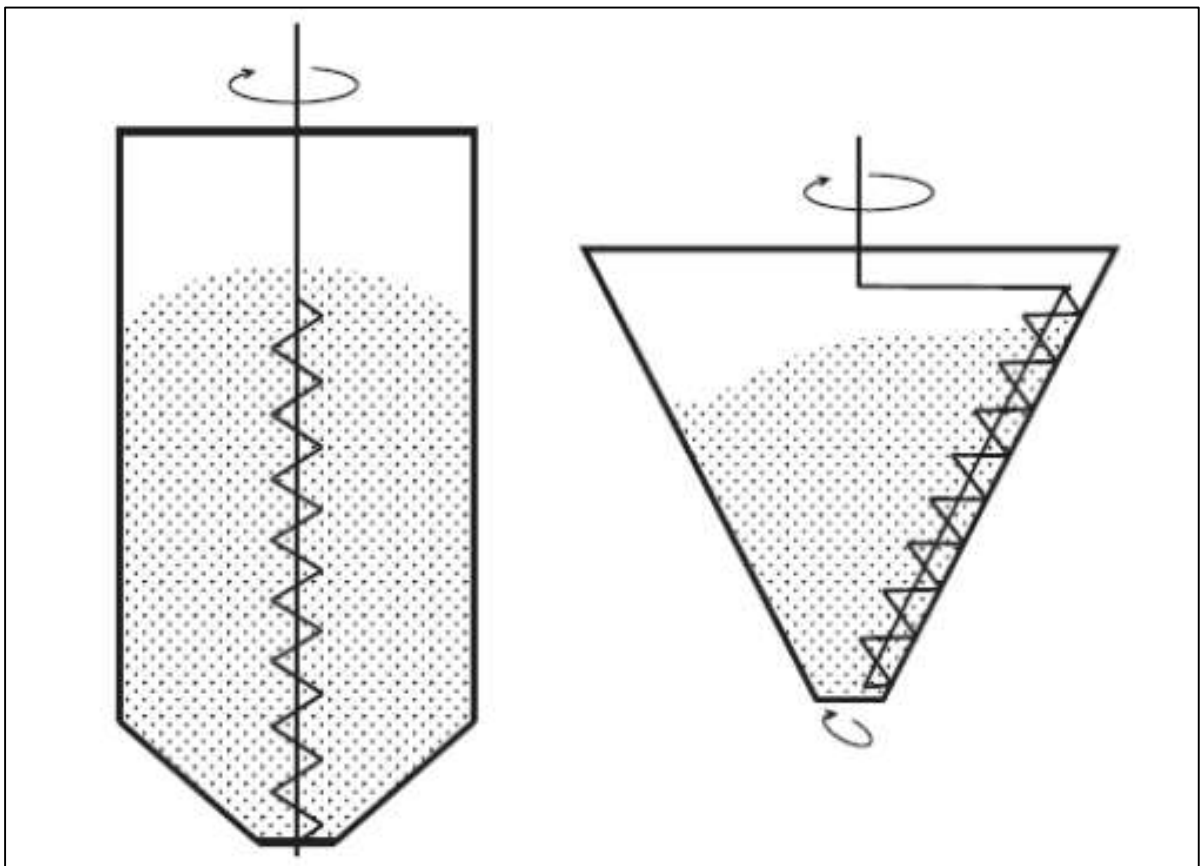


Figura 02: Mezcladora vertical

Fuente: Barbosa (2016)

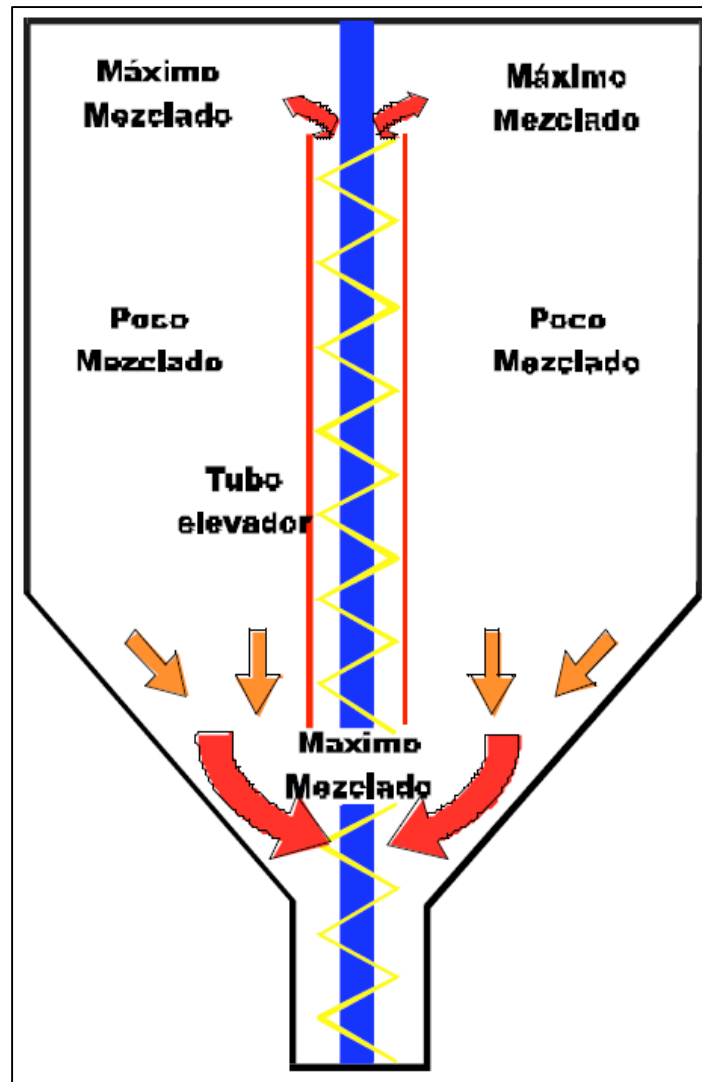


Figura 03: Patrón de mezclado en mezcladoras verticales

Fuente: Rodríguez (2017)

2.2.3.2. Mezcladoras Horizontales (listones o paletas)

Este tipo de equipo casi siempre puede producir una mezcla homogénea en 2 a 4 minutos, considerando de 30 a 40 rpm.

Este tipo de mezcladoras prácticamente el 100 % de las partículas están en movimiento (*Ver figura 04 y 05*) La mayoría de las mezcladoras horizontales son estacionarias, pero es posible hacerlas portátiles; por lo general, son más caras que las mezcladoras verticales debido a que sus componentes deben ser más resistentes. Tienen la ventaja de que su desgaste es relativamente lento en comparación con las mezcladoras verticales por lo que el costo de producción por año es más bajo. Las mezcladoras horizontales pueden ser usadas para incorporar niveles de líquido del 8 -10 % como grasas o melaza.

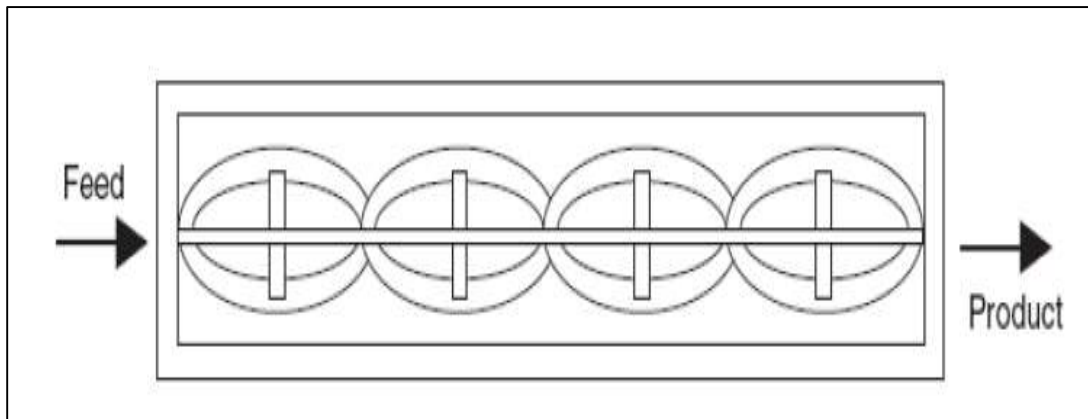


Figura 04: Mezcladora Horizontal

Fuente: Barbosa (2005)

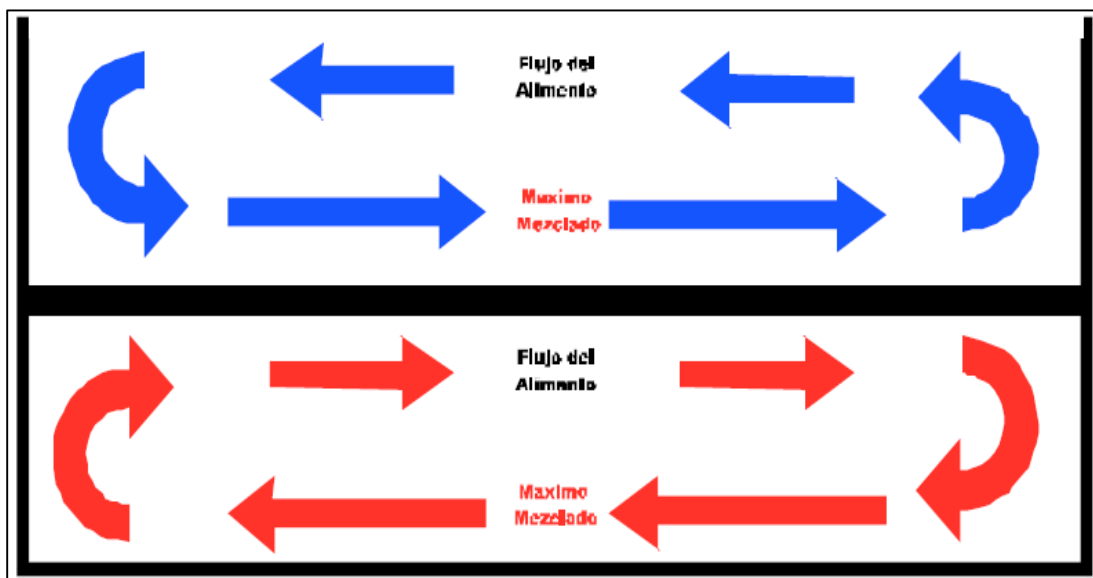


Figura 05: Patrón de mezclado en mezcladoras horizontales

Fuente: Rodríguez (2017)

2.2.3.3. Mezcladoras de tambor o tómbola

En este tipo de mezcladoras, el alimento se mezcla de la misma forma que las revolvedoras de concreto (*Ver figura 06 y 07*) en teoría, pueden efectuar un buen mezclado cuando se les llena a la capacidad recomendada y se le da un tiempo adecuado de mezclado. Sin embargo, puede haber algunos problemas de atascamiento cuando se adicionan líquidos pegajosos (aceite o melaza). Aunque el uso de este tipo de equipos ha aumentado recientemente, por causa principal del bajo consumo de energía, en la actualidad existe poca información disponible

respecto a la confiabilidad o capacidad de este tipo de mezcladoras para obtener una mezcla uniforme.

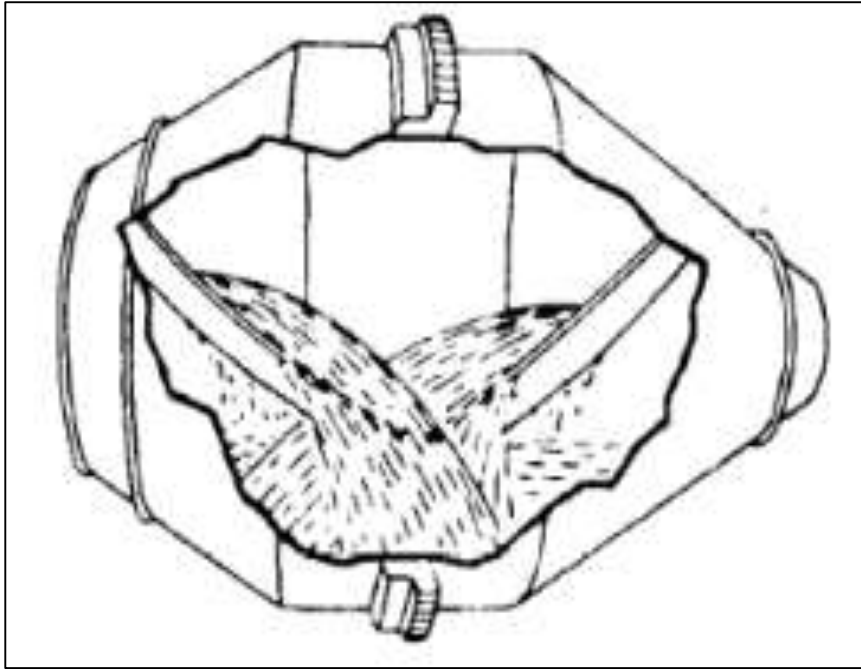


Figura 06: Mezcladora de tambor

Fuente: Walas (1990)

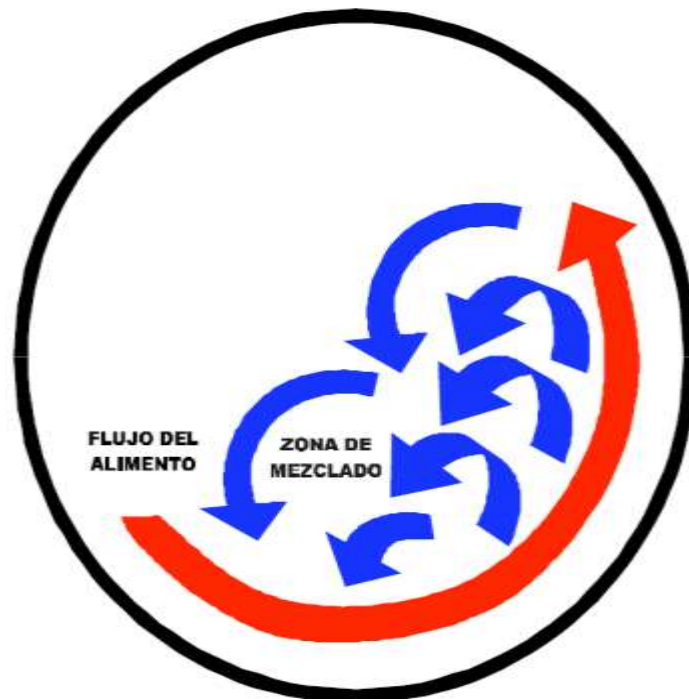


Figura 07: Patrón de mezclado en mezcladoras de tambor

Fuente: Rodríguez (2017)

2.2.4. Laminado

La laminación consiste en la reducción de la sección transversal de un material, al hacerlo pasar entre dos rodillos cilíndricos que giran en sentido opuesto. Dichos cilindros producen la deformación plástica del material por medio de esfuerzos de compresión y corte. Los de compresión se deben a que según el material se introduce entre los rodillos, el espesor libre entre ellos va siendo menor; los esfuerzos cortantes son debidos a que las fibras externas del material están sujetas a la fuerza de fricción de los rodillos. (Ortiz y Ruiz. 2013)

Según Berciano et al. (2010), en su proyecto sobre el proceso de laminado, desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid, nos menciona que:

Un laminador está formado por dos o más cilindros que giran en sentidos opuestos entre sí. La distancia entre las superficies cilíndricas enfrentadas es siempre menor que el espesor inicial de la lámina, por lo que ésta, al pasar entre los dos cilindros se aplasta y se alarga proporcionalmente a la reducción de sección. Durante el trabajo, la lámina queda expuesta a la acción de una fuerza R , normal a la superficie de contacto, es decir, según un radio del cilindro (Ver figura 08).

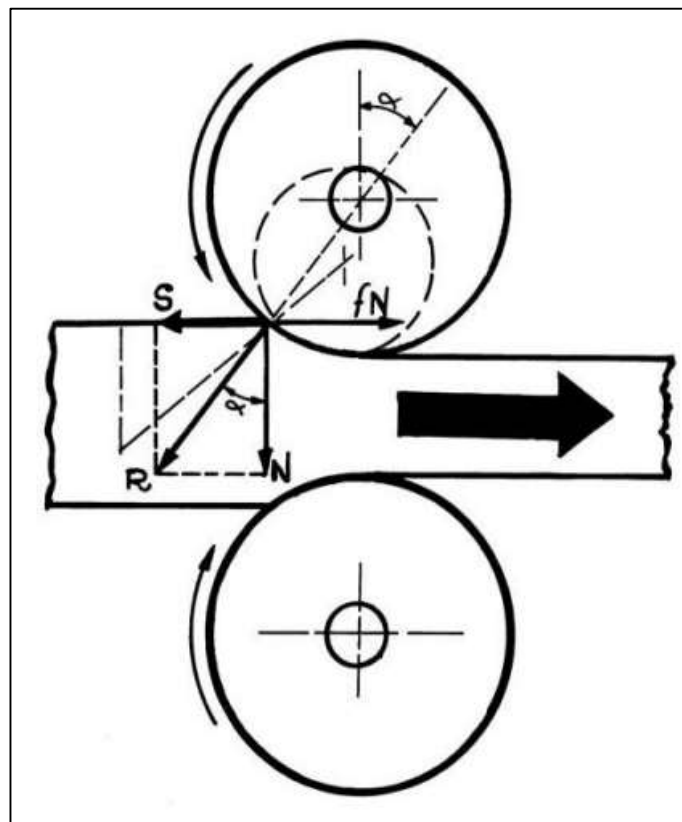


Figura 08: Forma de actuar un laminador

Fuente: Berciano (2010)

Según Berciano et al. (2010), esta fuerza, que es la resultante de todas las fuerzas elementales que actúan sobre la superficie de contacto, puede separarse en dos. Una es la componente horizontal o de estiramiento $S = R \operatorname{sen} \alpha$, y la otra es la componente normal o de aplastamiento $N = R \operatorname{cos} \alpha$. El avance de la lámina se da por el rozamiento en la superficie de contacto, lo cual es importante para que este avance se produzca, cumplir la desigualdad:

$$fN > S$$

Según Berciano et al. (2010), f es el coeficiente de rozamiento entre cilindro y la lámina. Si se cumple esta condición, se tiene una fuerza horizontal $T = fN - S$ que hace avanzar la lámina, mientras la componente N lo aplasta. Por efecto del aplastamiento y estirado, la lámina adquiere una estructura estratificada en el sentido de la laminación (“fibra”). Si se disminuye el diámetro de los cilindros, la componente S crece. Por consiguiente, para satisfacer la desigualdad mencionada anteriormente, convienen cilindros pequeños que dan estiramientos más enérgicos y absorben menos potencia; en general, el diámetro de los cilindros varía entre 40 y 60 cm. La experiencia ha demostrado que los mejores resultados se obtienen con ángulo. $\alpha = 24^\circ$.

En la figura 09 se muestra en una vista espacial las fuerzas que actúan.

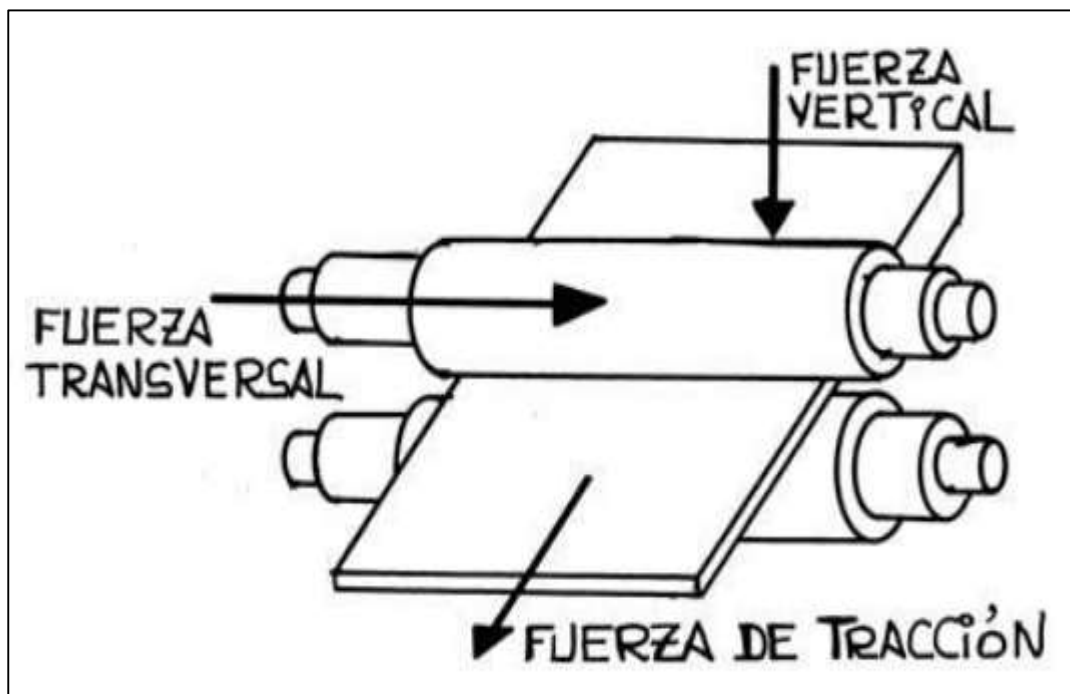


Figura 09: Fuerzas que actúan en el proceso de laminado

Fuente: Berciano (2010)

Según el Manual de la elaboración de pastas alimenticias, desarrollado por Sandoval et al. (2011), especialistas de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de la Universidad Técnica de Ambato, nos muestra que:

La laminación en pastas frescas consiste en pasar y enrollar simultáneamente la masa a través de dos cilindros lisos, que se acercan el uno al otro a cada pasada con una determinada medida.

Se obtiene así, una lámina de color uniforme, pulida y perfectamente homogénea. El tiempo de laminado dependerá del tipo de mezcla de harinas, así: para mezclas de harinas con el 20% de sustitución de harina de maíz se necesita un tiempo de 15 minutos; para mezclas al 30% de sustitución un tiempo de 17 minutos y para mezclas con el 40% unos 20 minutos (Sandoval et al. 2011). *(Ver figura 10)*



Figura 10: Máquina laminadora semiautomática

Fuente: Empresa Yuc Wa

2.2.5. Pastas alimenticias

Con el nombre genérico de pastas alimenticias o pastas frescas, se entienden que los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de: sémolas o semolín o harinas de trigo ricos en gluten con agua, con o sin la adición de sustancias colorantes autorizadas a este fin, con o sin la adición de otros productos alimenticios de uso permitido. El trigo es el cereal más apto para esta elaboración y las mezclas se pueden realizar con trigo importado, trigo nacional, maíz, cebada y quinua; y la papa como tubérculo que se puede incluir como otro producto de la serranía para elaborar pastas. (Sandoval et al. 2011)

La bondad de las pastas alimenticias depende de la calidad de las harinas empleadas y del agua, del proceso utilizado y de la conservación. Pastas frescas de buena calidad deben tener color uniforme, de textura suave y lisa; el olor y el sabor son especiales, de pasta no fermentada pero cruda. (Sandoval et al. 2011)

La pasta alimenticia es un producto de consumo másico, considerado además un alimento funcional por su bajo aporte de grasa y sodio y baja respuesta glicémica. (Sandoval et al. 2011)

2.2.5.1. Descripción del proceso de elaboración de pastas alimenticias

Según Sandoval. (2011), las etapas del proceso para la elaboración de pastas se describen a continuación:

a) Recepción

Consiste en el control de las harinas, se verifica el peso, color de la harina y buen estado del envase que la contiene (saco). La harina debe ser de óptima calidad, no debe tener ninguna alteración o contaminación, puesto a que es la materia prima principal. El trigo debe ser duro y es de suma importancia esta revisión para garantizar la calidad del producto final.

b) Pesado

Se pesan los materiales en una balanza que sean de lectura en kilogramos. Los aditivos que se agreguen se deben pesar en una balanza con aproximaciones de gramos, o fracciones de gramos. Este tipo de control se recomienda hacerlo utilizando una balanza analítica.

c) Mezclado

Los ingredientes se mezclan en la amasadora o mezcladora. Una buena mezcla da resultados homogéneos, facilitando de esta manera las operaciones subsiguientes.

d) Amasado

El amasado se realiza con la adición de la cantidad de agua prevista en la formulación; permite obtener una mezcla granulada. Además el agua, es en esta fase cuando se adicionan colorantes, conservantes si fuere del caso. Este proceso sirve para hacer más homogénea la mezcla de los gránulos que se forman entre la harina y el agua. Esta etapa es importante para llegar a tener la mejor y homogénea humectación de los materiales e ingredientes que dará uniformidad y manejabilidad al producto en proceso.

El amasado, dependiendo de los tipos de harina, puede durar alrededor de 10 a 15 minutos.

e) Laminado

Se la realiza en una maquina laminadora cuando se trata de fabricar pasta Wantan, o fideos laminados.

Los fideos extruidos se fabrican en un extrusor para pastas, en la cual se obtienen diferentes formas como: lazo, margarita, macarrones, etc. Se obtiene así, una lamina de color uniforme, pulida y perfectamente homogénea.

Para el caso de la pasta Wantan, se lamina con unos rodillos ubicados en forma horizontal y paralela, provocando una presión en la mezcla.

El tiempo de laminado dependerá del tipo de mezcla de harinas, así: para mezclas de harinas con el 20% de sustitución de harina de maíz se necesita un tiempo de 15 minutos; para mezclas al 30% de sustitución un tiempo de 17 minutos y para mezclas con el 40% unos 20 minutos.

f) Cortado

Esta etapa se puede realizar manualmente mediante cuchillos largos, los cuales se utilizaran con mucha precisión para cortar de acuerdo a las dimensiones del producto. Este proceso se utiliza generalmente para el procesamiento de pasta Wantan.

g) Empacado

El producto se coloca en fundas o bolsas de material plástico o celofán de polietileno o prolipropileno. La presentación de cada envase, generalmente viene con un contenido de 0,5 kg a 1 kg. Luego se sellan las fundas para asegurar que el

aire del ambiente no ingrese al envase, y así conseguir una buena conservación e higiene durante su almacenamiento, transporte y venta.

h) Almacenamiento

El producto se almacena en lugares refrigerados o congelados que garanticen una buena conservación sin la presencia de oxígeno dentro del empaque y con un buen apilamiento y un buen orden para evitar caídas y deterioro del empaque.

2.2.6. Automatización Industrial

Según Mendiburu H. (2003) destaca que, la automatización industrial consta de un sistema de control automático, el cual, el sistema verifica su propio funcionamiento, efectuando mediciones y correcciones sin la interferencia del ser humano.

Según La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas. (2016) tiene como concepto que la automática es el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

2.2.7. Sistemas automatizados

Conjunto de equipos, sistemas de información, y procedimientos que permiten un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión. (Mendiburu H. 2003)

Según Mendiburu H. (2003) nos dice que un sistema de automatización provee una interface entre el hombre y el proceso, el tipo de proceso a desarrollar será quien defina el sistema de automatización que se va a usar. La automatización tiene que ser considerada como una herramienta para el personal u operarios, ya que se quiere tener un trabajo más eficiente; se debe tener en conocimiento que el operario es quien conoce el proceso, mientras que el personal que diseña e instala el sistema de automatización solo le da facilidades técnicas para producir más y tener una mejor producción.

Por tanto se entendera que el operador especializado en un proceso, será quien dicte las pautas de comportamiento y acción al sistema de automatización, que rige el proceso en cuestión. (*Ver figura 11*)

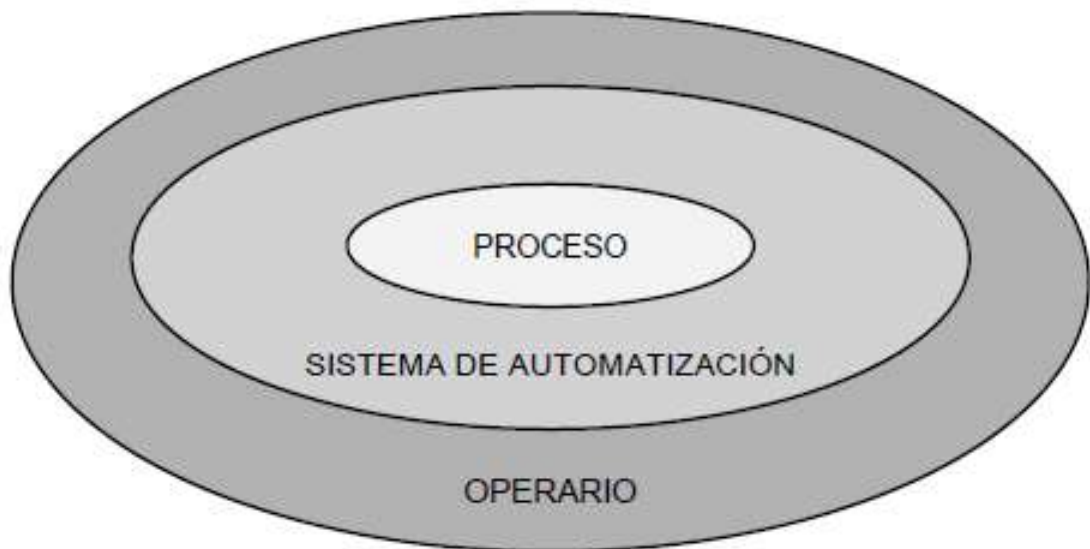


Figura 11: Sistema de automatización

Fuente: Mendiburu (2013)

Según Piedrafita R. (2004) nos menciona que, una forma clásica de abordar el estudio de los sistemas automatizados es la división en parte de mando y parte operativa.

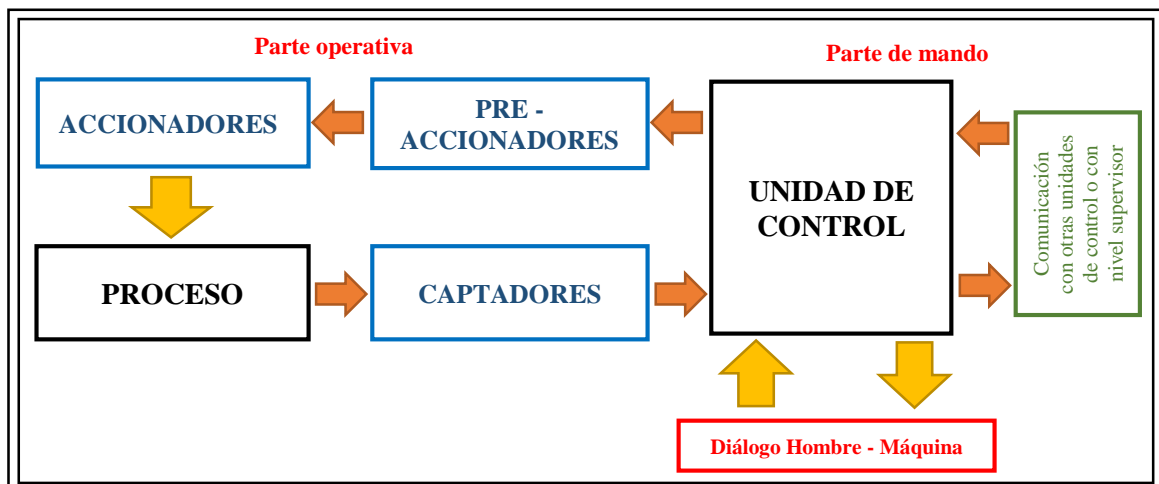


Figura 12: Parte de mando y parte operativa

Fuente: Piedrafita (2004)

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación. Forman parte de ella los accionadores de las máquinas como son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos; accionadores hidráulicos, compresores, bombas, etc. (Piedrafita R. 2004)

La parte de mando suele ser un autómata programable. En un sistema de fabricación automatizado está el autómata programable en el centro del sistema. El autómata programable tiene la capacidad de comunicarse con todos los que componen el sistema automatizado. (Piedrafita R. 2004)

El autómata elabora y realiza acciones sobre el sistema de fabricación en base al programa que se encuentra en la memoria, en base a las señales de los captadores, y en base a las órdenes que provengan del operador. El autómata conversa con el operario, recibiendo consignas y brindando informaciones. Puede coordinarse con otros procesos comunicándose con los demás autómatas de la línea de producción o con un nivel superior de supervisión. (Piedrafita R. 2004)

2.2.8. Controlador

Es aquel instrumento que tiene como finalidad compara el valor medido con el valor deseado, con los datos obtenidos de comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), con la finalidad de corregir el error. Tiene como función elaborar la señal de control para que la variable controlada corresponda a la señal de referencia. (Piedrafita R. 2004)

Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC (controladores lógicos programables), microcontroladores (PIC). (Piedrafita R. 2004)

El tipo de controlador más común es el PLC, el cual es un equipo electrónico basado en microprocesadores, hace uso de memorias programables y regrabables (RAM), en donde se almacenan instrucciones a manera de algoritmos que van a permitir seguir una lógica de control. Contiene interface que le permiten manejar gran número de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. (Piedrafita R. 2004)



Figura 13: Controlador lógico programable

Fuente: Schneider Electric (2015)

2.2.9. Controlador lógico programable (PLC)

Según Carrillo et al. (2005), un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC) es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.

Según Carrillo et al. (2005) nos menciona que, los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad Central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de Alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

La unidad central es el “cerebro” del PLC. Este toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada. (Carrillo et al. 2005)

Los módulos de entradas y salidas son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso. La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas. (Carrillo et al. 2005)

El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después el CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación la CPU lee el estado de las entradas en los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes por ejemplo carga y borrado de bloques. (Carrillo et al. 2005)

Según Carrillo et al. (2005) nos menciona que, los controladores lógico programables han ganado popularidad en las industrias y probablemente continuarán predominando por algún tiempo, debido a las ventajas que ofrecen:

- Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos.
- Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera rápida y fácil.
- Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos.
- La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Capacidad de entradas y salidas.
- Monitoreo.
- Velocidad de operación.
- Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas.

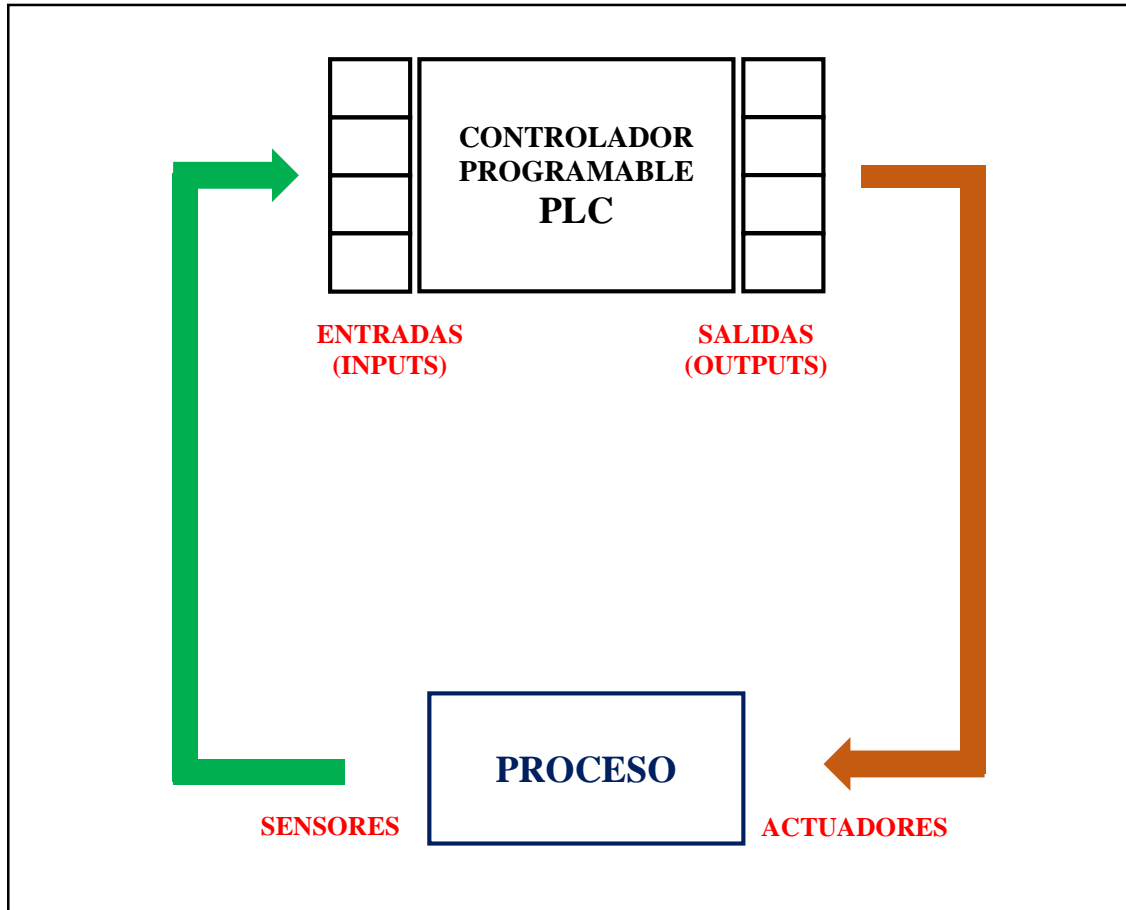


Figura 14: Esquema de funcionamiento de PLC

Fuente: Elaboración propia

2.2.10. Entradas y salidas digitales

Según Piedrafita R. (2004) nos menciona que, los módulos de entradas y salidas digitales permiten conectar al autómata captadores (sensores) de tipo todo o nada. El cable de señal del captador se conecta a una vía de entrada del módulo. El módulo se encarga de convertir la señal que entra por la vía en una señal que es cero o uno en un bit interno de la memoria del módulo. Cada ciclo de autómata, la unidad central lee los bits de los módulos y vuelca su valor en los objetos del lenguaje del autómata conocido como entradas digitales.

Los módulos de entradas y salidas digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un 1 y cuando llegan cero voltios se interpreta como un 0. Los módulos de entrada y salidas digitales se caracterizan por el nivel de tensión que interpretan como “uno”. Los niveles de tensión estándar son 24 voltios C.C., 110 VCA, 220 VCA. (Piedrafita R. 2004)

Los módulos de entradas y salidas digitales a 24 Vcc son los más comunes. ¿Por qué se utilizan 24 Vcc y no un nivel de tensión más bajo, como podría ser 5 Vcc? En una instalación industrial hay que garantizar que la señal que da el captador, llegue al módulo de entradas, el cable perfectamente puede medir 100 metros, y no existe ninguna garantía de que los 5 voltios lleguen al módulo de entradas. En el cable además pueden inducirse ruidos que den lugar a la aparición de voltajes que el autómata interpretará como que el captador está activo. Es más difícil que esto suceda si se utilizan 24 voltios. (Piedrafita R. 2004)

También existen módulos cuyos niveles de tensión son 110VCA y 220VCA. Son niveles de tensión más elevados, que “garantizan” la llegada de la señal del captador. Además los captadores (sensores) no necesitan fuente de alimentación, ya que con un simple transformador reductor basta. (Piedrafita R. 2004)

2.2.11. Entradas y salidas analógicas

Según Piedrafita R. (2004) nos menciona que, los módulos de entradas analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico. Estos módulos son la interfaz para que el autómata pueda controlar procesos continuos como son temperatura, presión, caudal, etc.

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad. Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico, como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de tiristores de los hornos, reguladores de temperatura, reguladores de caudal, etc., permitiendo al autómata realizar funciones de regulación y control de procesos continuos. (Piedrafita R. 2004)

2.2.12. Sistemas de control

Según Mendiburu H. (2003) nos menciona que, en base a su principio de funcionamiento los sistemas de control pueden emplear o no, información acerca de la planta, a fin de elaborar o no, estrategias de supervisión y control, se cuenta con dos tipos de sistemas de control: de lazo abierto y de lazo cerrado.

2.2.12.1. Sistemas de control de lazo abierto (Open Loop)

Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual no existe realimentación, del proceso al controlador.

Algunos ejemplos de este tipo de control están dados en los hornos, lavadoras, licuadoras, batidoras, etc.

Su principal ventaja consiste en su facilidad para implementar, además son económicos, simples, y de fácil mantenimiento.

Sus desventajas consisten en que no son exactos, no corrigen los errores que se presentan, su desempeño depende de la calibración inicial.

(Mendiburu H. 2003)

El sistema de control se representa en el diagrama de bloques, en la figura 15:

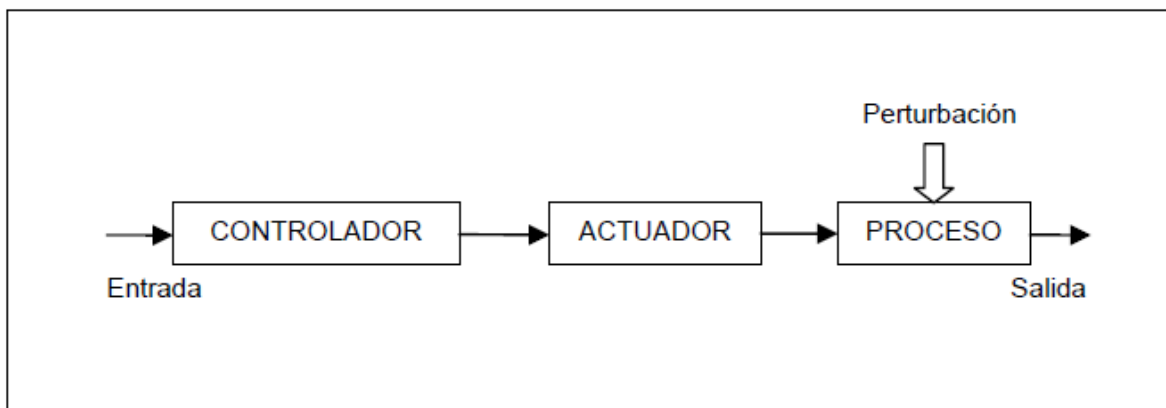


Figura 15: Sistema de control Open Loop

Fuente: Mendiburu (2013)

2.2.12.2. Sistemas de control de lazo cerrado (Feedback)

Un sistema de control de lazo cerrado, es aquel en donde la señal de salida o parte de la señal de salida es realimentada y tomada como una señal de entrada al controlador. (Mendiburu H. 2003)

Según Mendiburu H. (2003), existen dos tipos: de realimentación positiva, y de realimentación negativa.

- a) Realimentación Positiva:** Es aquella en donde la señal realimentada se suma a la señal de entrada. Se conoce también como regenerativa, no se aplica en el campo de control de procesos industriales. Un ejemplo es el caso de los osciladores. (Mendiburu H. 2003)

En la figura 16 se representa el diagrama de bloques:

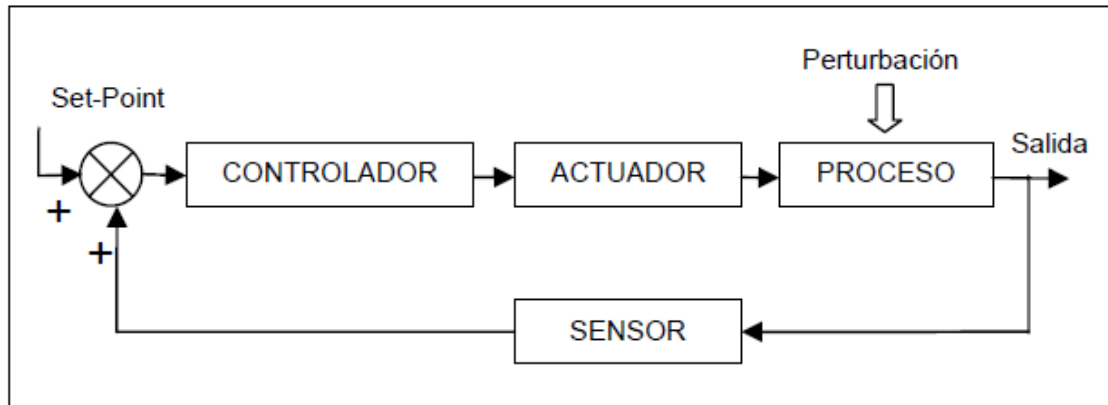


Figura 16: Sistema de control con realimentación positiva

Fuente: Mendiburu (2013)

b) Realimentación Negativa: Es aquella en donde la señal realimentada, se resta de la señal de entrada, generando un error, el cual debe ser corregido. Este es el caso común utilizado en el campo del control de procesos industriales. (Mendiburu H. 2003)

En la figura 17 se representa el diagrama de bloques:

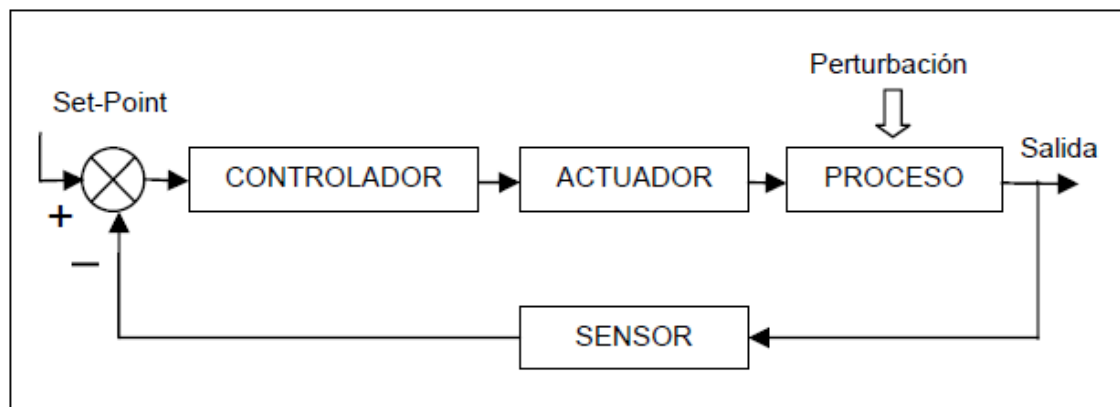


Figura 17: Sistema de control con realimentación negativa

Fuente: Mendiburu (2013)

2.2.13. Métodos de control

Según Mendiburu H. (2003), existen métodos para realizar la acción de control, los métodos de control (clásico y moderno) permiten al controlador reaccionar mandando una señal correctiva del error.

2.2.13.1. Métodos de control clásico

Los métodos de control clásico son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. El error se presenta a causa de la diferencia de lectura entre la variable de salida sensada y la señal de referencia, este error está presente en todo momento, y la finalidad es minimizarlo. (Mendiburu H. 2003)

Según Mendiburu H. (2003), los métodos de control clásico pueden ser:

a) Control ON – OFF: Este método solo acepta dos posiciones para el actuador: encendido (100%) y apagado (0%). La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador asume una posición, y si la variable es menor el actuador asume la otra posición. Por ejemplo tenemos los sistemas de seguridad contra robos, las refrigeradoras domésticas, sistemas de aire acondicionado, et c. A continuación se muestra su función en el tiempo:

b) Controlador proporcional (P): Es un control que se basa en la ganancia aplicada al sistema, se basa en el principio de que la respuesta del controlador debe ser proporcional a la magnitud del error.

No corrige ni elimina perturbaciones, puede atenuar o aumentar la señal de error. Se representa a través del parámetro K_p y define la fuerza o potencia con que el controlador reacciona frente a un error.

c) Controlador integral (i): Conocido como RESET. Este tipo de controlador anula errores y corrige perturbaciones, mediante la búsqueda de la señal de error, necesita de un tiempo T_i para localizar dicha señal. Se representa mediante el término K_i que es el coeficiente de acción integral y es igual a $1/T_i$.

d) Controlador derivativo (D): Conocido como RATE. Este controlador por sí solo no es utilizado, necesita estar junto al proporcional y al integral. Sirve para dar rapidez o aceleración a la acción de control. Necesita de una diferencial de tiempo T_d para alcanzar la señal de referencia, se representa mediante el término K_d que es el coeficiente de acción derivativa y es igual a $1/T_d$.

e) Controlador proporcional – integral (pi): Actúa en forma rápida, tiene una ganancia y corrige el error, no experimenta un offset en estado estacionario. La aplicación típica es en el control de temperatura.

f) Controlador proporcional – derivativo (pd): Es estable, y reduce los retardos, es decir es más rápido. Es usado típicamente para el control de flujo de minerales.

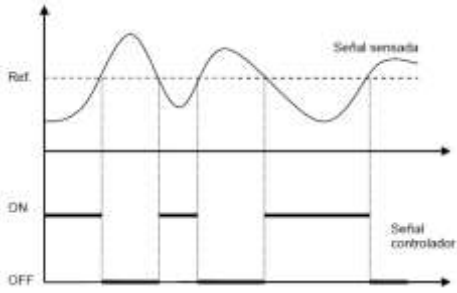
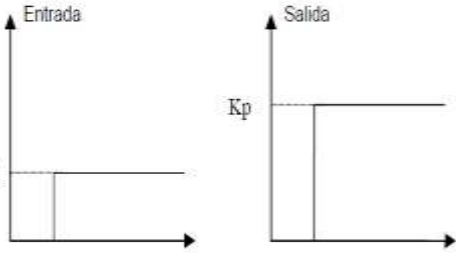
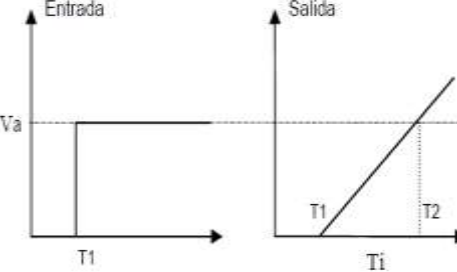
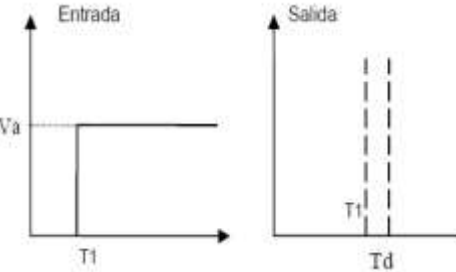
g) Controlador proporcional integral derivativo (PID): Este controlador es el más completo y complejo, tiene una respuesta más rápida y estable siempre que esté bien sintonizado.

Resumiendo se puede decir que:

- El control proporcional actúa sobre el tamaño del error.
- El control integral rige el tiempo para corregir el error
- El control derivativo le brinda la rapidez a la actuación.

En la tabla 01 se resumen los esquemas de cada tipo de controlador clásico:

Tabla 01: Esquemas de los controladores clásicos

Control ON – OFF	Controlador proporcional (P)
	
Controlador integral (i)	Controlador derivativo (D)
	

Fuente: Mendiburu (2013)

2.2.13.2. Métodos de control moderno

Según Mendiburu H. (2003), los métodos de control moderno brindan nuevas técnicas que permiten ya sea compensar el error y/o eliminarlo, las más comunes son las siguientes:

a) **Control anticipatorio (feedforward):** Este método permite al controlador analizar los datos de entrada y de salida y mediante algoritmos matemáticos calculará la próxima salida probable, de modo tal que autoajusta sus parámetros con la finalidad de adecuarse al cambio, y minimizar la diferencia de medidas. Se recomienda para procesos lentos. Su desventaja radica en que es necesario medir todas las variables. (Mendiburu H. 2003)

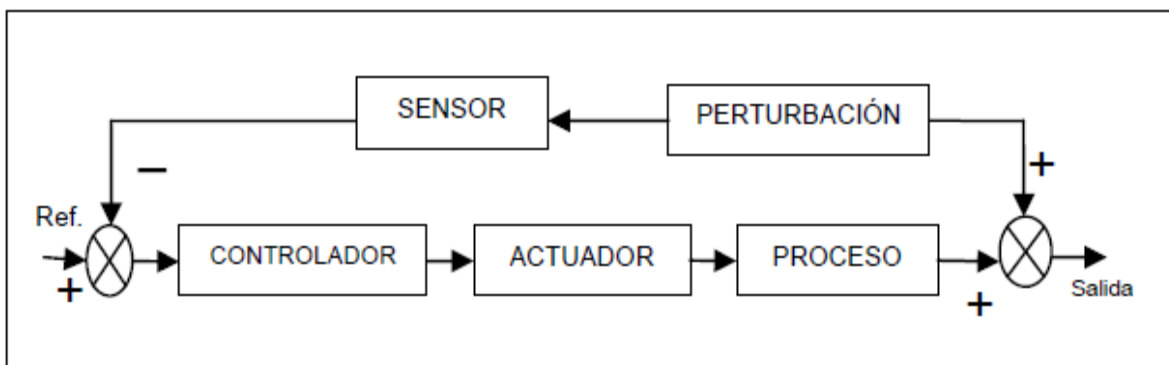


Figura 18: Sistema de control anticipatorio

Fuente: Mendiburu (2013)

b) **Realimentación de estados:** Este método permite ejercer una acción de control mediante el sensado de cada uno de los estados (del modelo en espacio estado del sistema), atribuyéndole una ganancia a cada uno de los valores leídos, de este modo el lazo de control es cerrado por medio del compensador o controlador de estados y no por el sensor. (Mendiburu H. 2003)

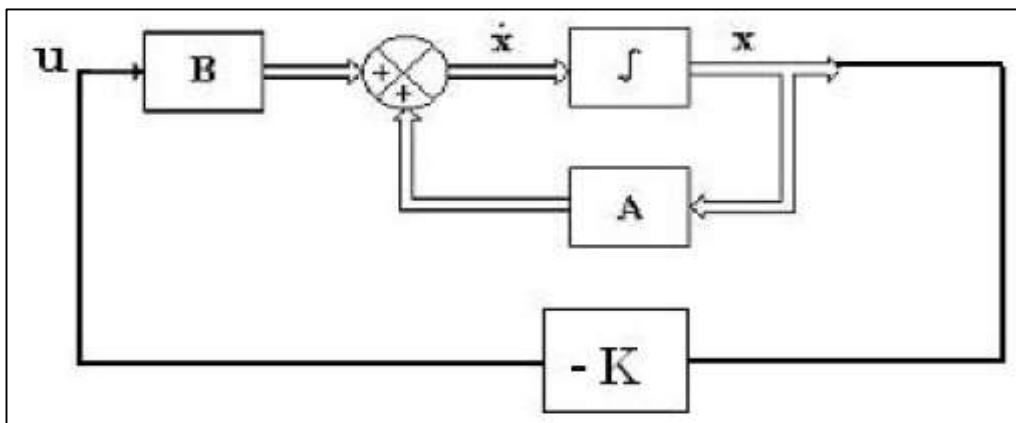


Figura 19: Sistema de control con realimentación de estado

Fuente: Mendiburu (2013)

c) **Sistemas de seguimiento:** Este método también es conocido como tracking, es un complemento del método anterior, puesto que mediante el control por realimentación de estados se puede llevar la variable controlada a un valor de cero (porque no se cuenta con una referencia), con este método se podrá llevar a la variable dada a un valor deseado, puesto que se incorpora una referencia en el sistema. (Mendiburu H. 2003)

2.2.13.3. Métodos de control avanzado

Los métodos de control avanzado son aquellos que actúan en forma preventiva, de modo tal que en base a los datos tomados, actúan de modo tal que previenen la ocurrencia de error, por tanto el controlador está ajustando sus parámetros constantemente. (Mendiburu H. 2003)

a) **Control difuso:** Se basa en la lógica difusa, la cual a diferencia de la lógica binaria o booleana (verdadero / falso ó 1 / 0), asigna valores intermedios dentro de esta escala. Utiliza la experiencia del operador para generar una lógica de razonamiento para el controlador.

No requiere del modelamiento matemático de la planta, puede representar modelos de sistemas lineales y no lineales mediante el uso de variables lingüísticas y una serie de condiciones o reglas previamente definidas. Sus algoritmos (reglas) hacen uso de instrucciones IF... THEN. (Mendiburu H. 2003)

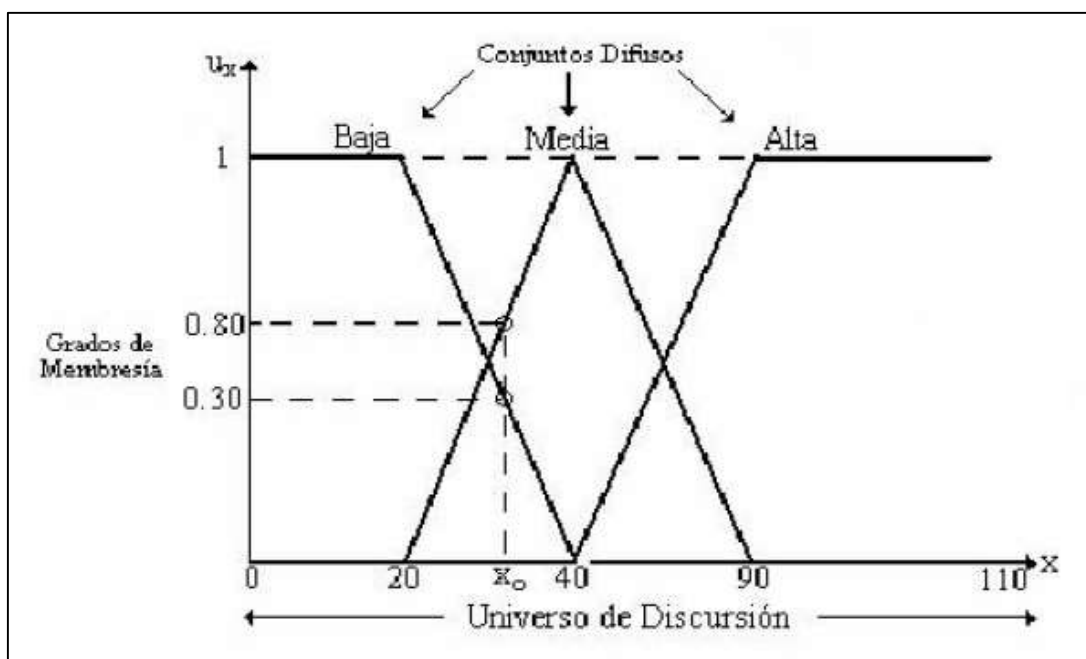


Figura 20: Sistema de control con lógica difusa

Fuente: Mendiburu (2013)

2.2.14. Procesos industriales a nivel automatización

Según Cembranos. (2008), en función de la evolución con el tiempo, los procesos industriales a nivel automatización se pueden clasificar en:

- Procesos continuos
- Proceso por lotes o discontinuos
- Procesos discretos

2.2.14.1. Proceso continuo

Un proceso continuo se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema, al mismo tiempo que en el otro extremo se obtiene de forma continua el producto elaborado. (Cembranos. 2008)

El proceso se realiza durante un tiempo relativamente largo, requiere un período de arranque y cuando se detiene su parada no es instantánea, sino que requiere un tiempo de parada total. (Cembranos. 2008)

Las variables empleadas en el proceso y sistema de control son de tipo analógico; dentro de unos límites determinados las variables pueden tomar infinitos valores. (Cembranos. 2008)

2.2.14.2. Proceso discreto

La materia prima sobre la que actúa el proceso es habitualmente un elemento discreto que se trabaja de forma individual, el producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. (Cembranos. 2008)

2.2.14.3. Proceso discontinuo o por lotes

Las materias primas necesarias para el proceso son cantidades diferentes de piezas discretas de forma y constitución diferentes. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir el producto acabado, o bien obtener un producto intermedio para ser incluido en un procesamiento posterior. (Cembranos. 2008)

Además, Cembranos. (2008) resalta que: Tradicionalmente, el concepto de automatización industrial se ha ligado a la aplicación de los sistemas de control discreto y procesos por lotes, dejando los procesos continuos a la regulación

automática o servomecanismos. Los autómatas programables tienen su aplicación principal en los procesos discretos y discontinuos.

2.2.15. Pre actuadores o pre – accionadores

Según Piedrafita R. (2004) nos menciona que, los pre actuadores sirven para comandar y activar los accionadores. Son contactores, variadores de velocidad, guardamotores, electroválvulas, etc.

2.2.15.1. Pre - accionadores eléctricos

Son: Contactores, guardamotores y variadores de velocidad. (Piedrafita R. 2004)

a) Contactor magnético

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada. Cuando la bobina del electroimán está bajo tensión, el contactor se cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor. (Schneider Electric. 2015)



Figura 21: Contactor trifásico

Fuente: Empresa YUC WA

b) Guardamotor magnético

Según la Revista Electroindustria. (2011) nos menciona que, estos equipos utilizan el mismo principio que los interruptores termomagnéticos, y están diseñados para ejercer hasta cuatro funciones: protección de sobrecargas, protección cortocircuitos, maniobras de cierre y apertura, y señalización. Además, en combinación con un contactor, constituye una excelente solución para maniobra de motores sin necesidad de fusibles.

Los guardamotores poseen protección térmica consistente en un disparador térmico bimetálico de sobrecarga por fase, por el cual circula la corriente del motor, produciéndose el disparo en un tiempo definido por la curva característica. Normalmente, la intensidad de disparo térmico es regulable dentro de ciertos límites. (Revista Electroindustria. 2011)



Figura 22: Guardamotor o disyuntor

Fuente: Empresa YUC WA

2.2.15.2. Pre - accionadores neumáticos

Son los distribuidores asociados a los cilindros. Reciben una señal neumática o una señal eléctrica como mando. (Piedrafita R. 2004)

a) Electroválvula

El autómatas mediante sus salidas a relés se encarga de activar las electroválvulas que se encargan de controlar los cilindros. Estas electroválvulas realizan la función de pre - actuadores, siendo los actuadores los cilindros que veremos posteriormente. (Piedrafita R. 2004)

Las electroválvulas reciben excitación eléctrica proveniente de las salidas del autómatas, y mediante la conexión de bobinas se encargan de distribuir el aire a la salida deseada. Las válvulas mandan o regulan la puesta en marcha, paro, sentido, presión o caudal del fluido transportado por la bomba o almacenado en el depósito. Las válvulas de vías, de varios orificios, son los componentes que determinan el camino que debe tomar el fluido bajo presión (marcha, paro, dirección). (Piedrafita R. 2004)

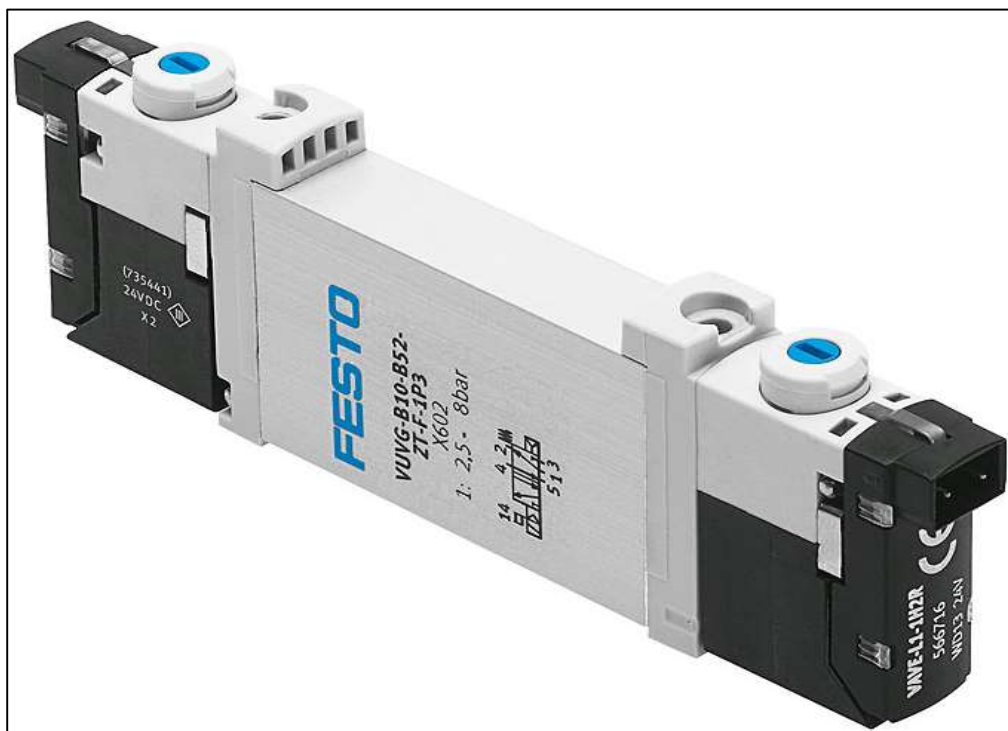


Figura 23: Electroválvula de 5/2 vías

Fuente: FESTO (2017)

2.2.16. Actuadores o accionadores

Según Piedrafita R. (2004) nos menciona que, los accionadores están acoplados a máquinas para realizar movimientos, calentamientos; son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos.

2.2.16.1. Accionadores eléctricos

Utilizan como fuente de energía la eléctrica y toman muy diferentes formas como son: válvulas eléctricas, motores eléctricos de velocidad variable, motores de velocidad fija, resistencias de calentamiento, cabezas de soldadura, cabeza de corte por láser. Los motores eléctricos son adecuados para movimientos angulares y en el control de velocidad de ejes. (Piedrafita R. 2004)

a) Motor eléctrico

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes. (Zemansky S. 2016)

Todos los motores de corriente continua así como los síncronos de corriente alterna tienen una utilización y unas aplicaciones muy específicas. Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación. (Zemansky S. 2016)

Se da el nombre de motor asíncrono al motor de corriente alterna cuya parte móvil gira a una velocidad distinta a la de sincronismo.

Aunque a frecuencia industrial la velocidad es fija para un determinado motor, hoy día se recurre a variadores de frecuencia para regular la velocidad de estos motores. (Zemansky S. 2016)



Figura 24: Motoreductor asíncrono trifásico de jaula ardilla

Fuente: Empresa Yuc Wa

2.2.16.2. Accionadores neumáticos

Utilizan como fuente de energía el aire comprimido. El aire comprimido se obtiene por medio de un grupo compresor, y luego se distribuye por la fábrica a las máquinas que lo utilicen. Los accionadores neumáticos son principalmente cilindros. Son adecuados para aplicarlos en movimientos lineales cortos que se producen, por ejemplo, en operaciones de transferencia, ensamblajes, aprietes, marcados, ajustes, expulsiones, embalajes, moldeados, etc. Se pueden considerar los accionadores más extendidos junto a los motores asíncronos. (Piedrafita R. 2004)

Los autómatas programables se prestan particularmente bien al mando de máquinas de producción equipadas con cilindros neumáticos. La forma de gobernar un cilindro neumático es actuar mediante salidas digitales para activar las electroválvulas que hacen avanzar o retroceder el cilindro. La señal eléctrica de la salida digital del autómata activa una interfaz electroneumática (electroválvula) que transforma la señal eléctrica en señal neumática que actúa sobre los distribuidores. La conmutación del distribuidor provoca entonces el movimiento del cilindro, debido a la entrada del aire comprimido. (Piedrafita R. 2004)

a) Cilindros neumáticos

Un cilindro neumático es un dispositivo mecánico que permite, a partir de una presión de aire, obtener un movimiento lineal alternativo limitado, en el cual la potencia es proporcional a la presión de aire. (Piedrafita R. 2004)

Según Piedrafita R. (2004) nos menciona que, se pueden distinguir tres clases:

- **Cilindros de simple efecto**

Un cilindro de simple efecto está constituido por un tubo en el cual puede deslizarse un pistón estanco unido a un vástago que sale por uno de sus extremos. La presión de aire ejerce su efecto solamente sobre una de las caras del pistón. Este es devuelto a su posición primitiva, al desaparecer la señal de presión, por un muelle, un peso o cualquier fuerza de otra naturaleza. Un orificio situado en el extremo opuesto al del muelle permite la alimentación del cilindro a partir del circuito de potencia (aire comprimido). (Piedrafita R. 2004)

- **Cilindros de doble efecto**

En este tipo de cilindros no existe ningún resorte y el movimiento se produce en los dos sentidos por la acción del aire a presión sobre una u otra de las caras del

pistón. Para ello existen dos entradas distintas de aire en cada uno de los extremos del tubo que forma el cilindro. (Piedrafita R. 2004)

- **Cilindros especiales**

Cilindros con amortiguamiento de caucho, cilindros con tres posiciones fijas, cilindros con cremallera, etc. (Piedrafita R. 2004)

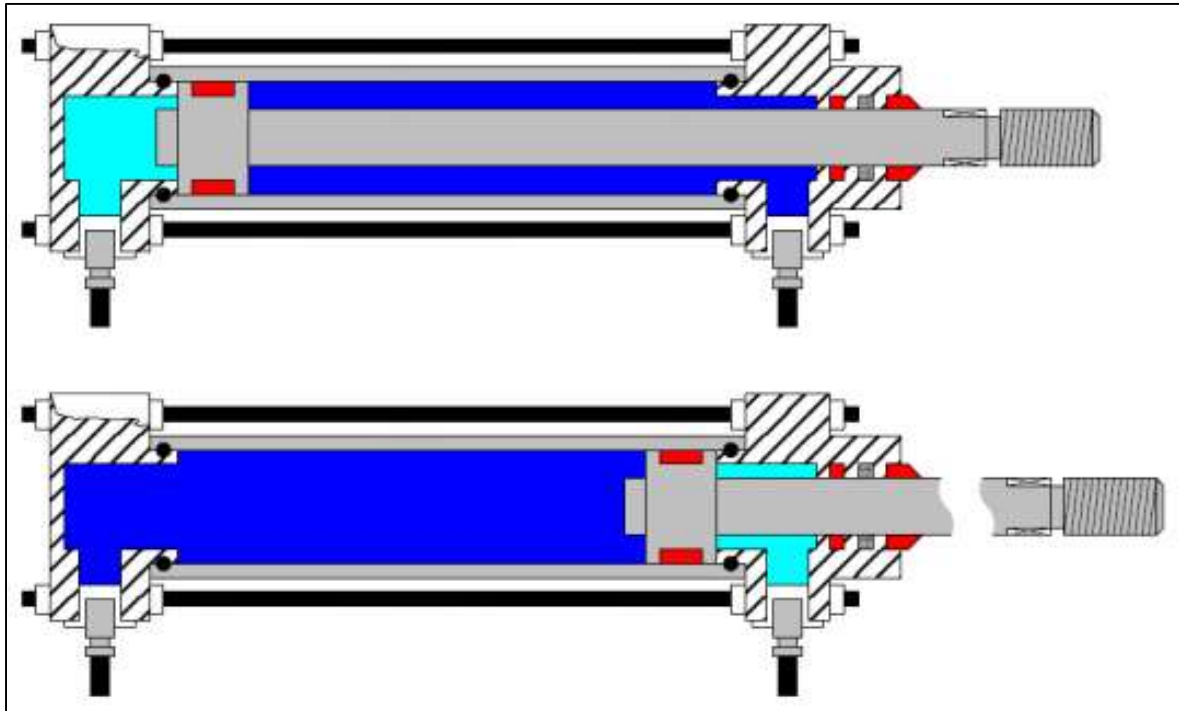


Figura 25: Cilindro neumático de doble efecto

Fuente: Sánchez (2008)

2.2.17. Captadores o sensores

Los captadores son elementos que informan al órgano de mando del estado del sistema o de los eventos que sucedan en él. Los captadores captan las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro. Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, aceleración. (Piedrafita R. 2004)

Según Bernal. (2012) nos menciona que, los sensores son el primer eslabón en la etapa de mando, partiendo de la base de que todos los elementos que introducen señal pueden ser considerados sensores. Un sensor convierte una magnitud física y modificaciones en señales eléctricas utilizables. Los detectores binarios más utilizados para la captura de un movimiento o una posición son: Magnéticos, inductivos, capacitivos y ópticos. Estos son denominados sensores transistorizados los cuales son libres de contacto físico.

Según Piedrafita. (2004) nos menciona que, una de la clasificación de los captadores se puede establecer según el tipo de señal suministrada a la salida.

a) Captadores analógicos

Suministran una señal proporcional a una variable analógica, como pueden ser presión, temperatura, velocidad, posición. (Piedrafita R. 2004)

b) Captadores numéricos o encoders

Se utilizan en la medida de posiciones, de caudales, etc. Ofrecen como salida una señal codificada y la transmisión de la señal la efectúan por medio de una comunicación tipo serie o paralelo. Pueden ser encoders incrementales que suministran pulsos por medio de dos salidas indicando el decremento o incremento de la variable medida. Los encoders absolutos utilizan códigos binarios, Gray, BCD, etc.; para codificar el valor de la variable medida. (Piedrafita R. 2004)

c) Captadores “Todo o Nada”

Este tipo de captador suministra una señal que solamente tiene dos estados, asociados al cierre o apertura de un contacto eléctrico, o bien a la conducción o corte de un interruptor estático como transistor o tiristor. Son los más utilizados en la automatización de movimiento y adoptan diferentes formas: Finales de carrera, detector de proximidad inductivo, detector de proximidad capacitivo, fotocélulas. (Piedrafita R. 2004)

- **Sensores mecánicos:** Estos sensores son llamados también como finales de carrera, los cuales son captadores de conmutación electromecánica, la detección del objeto por medio del cabezal hace conmutar los contactos eléctricos del final de carrera. Los finales de carrera presentan como ventaja su bajo costo. En su contra, la distancia es cero, dado que requieren contacto físico con el objeto, además de presentar una lenta respuesta. Al ser necesario el contacto físico con el objeto estarán garantizados para un número máximo de maniobras, siempre que no sean sometidos a mayor esfuerzo que el que pueden soportar según catálogo. Una aplicación típica es la detección de final de recorrido en movimientos lineales, como en ascensores, en ejes lineales, etc. (Piedrafita R. 2004)

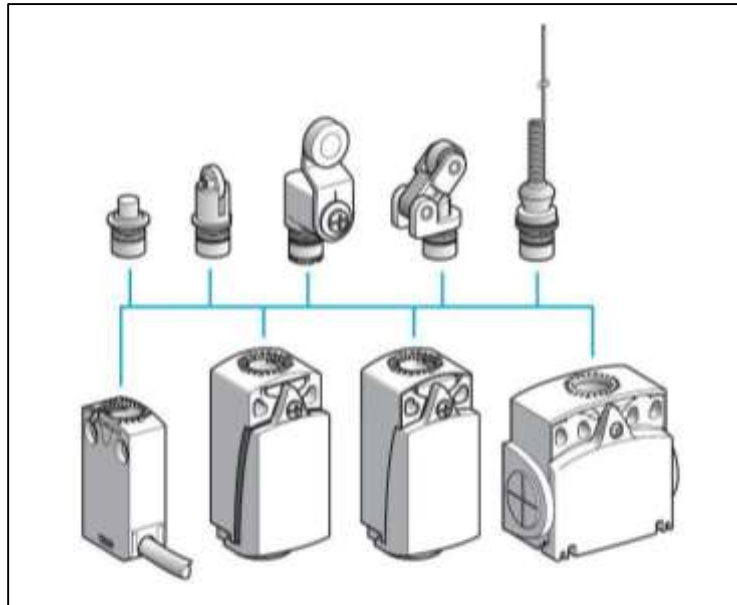


Figura 26: Cabezales de finales de carrera

Fuente: Schneider Electric (2015)

- **Sensores inductivos:** Este tipo de detectores se utilizan para detectar piezas o elementos metálicos en distancias que van desde los cero a los treinta milímetros. (Piedrafita R. 2004)

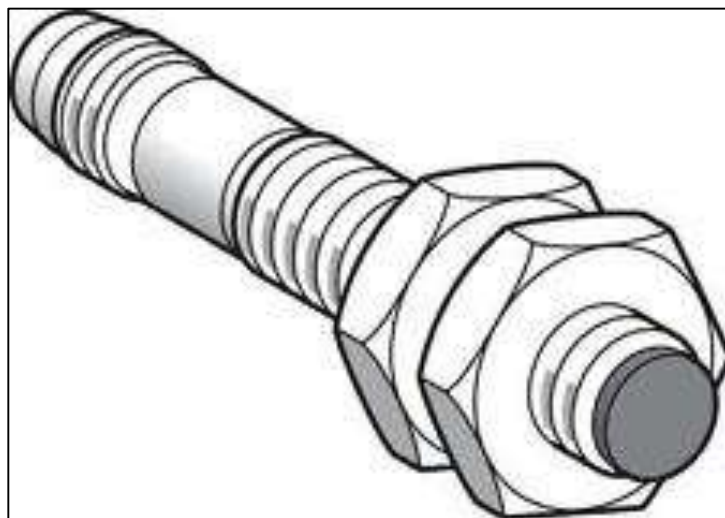


Figura 27: Esquema de sensor inductivo

Fuente: Schneider Electric (2015)

Estos sensores se basan en el cambio de inductancia que provoca un objeto metálico en un campo magnético. Los sensores de este tipo constan básicamente de una bobina y de un imán. Cuando un objeto ferromagnético penetra o abandona el campo del imán el cambio que se produce en dicho campo induce una corriente en la bobina; el funcionamiento es sencillo; si se detecta una

corriente en la bobina, algún objeto ferromagnético ha entrado en el campo del imán. (Velázquez. 2015)

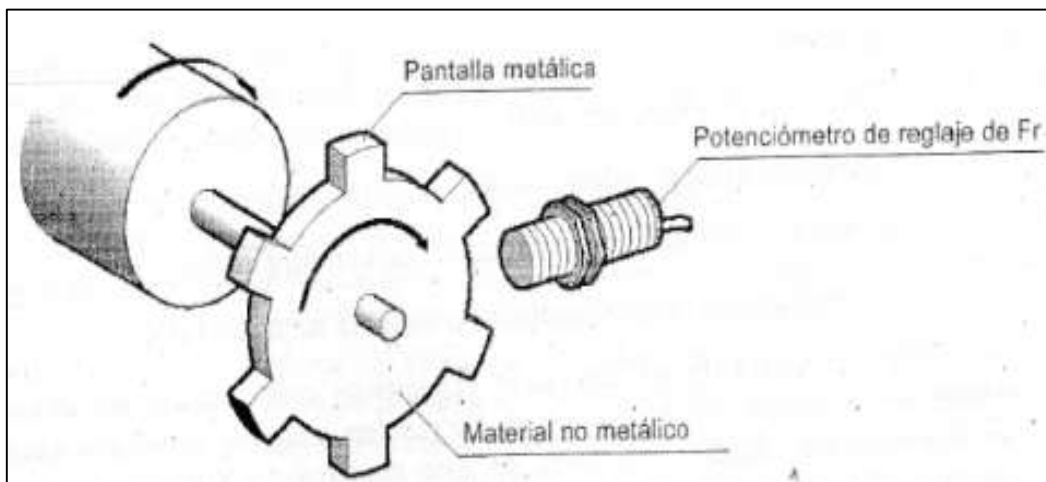


Figura 28: Funcionamiento de sensor inductivo en un piñón

Fuente: Piedrafita (2004)

- **Sensores capacitivos de proximidad:** Como su nombre indica, están basados en la detección de un cambio en la capacidad del sensor provocado por una superficie, próxima a éste. Constan de dos elementos principales; un elemento cuya capacidad se altera (que suele ser un condensador formado por electrodos), y el dispositivo que detecta el cambio de capacidad (un circuito electrónico conectado al condensador). (Velázquez. 2015)

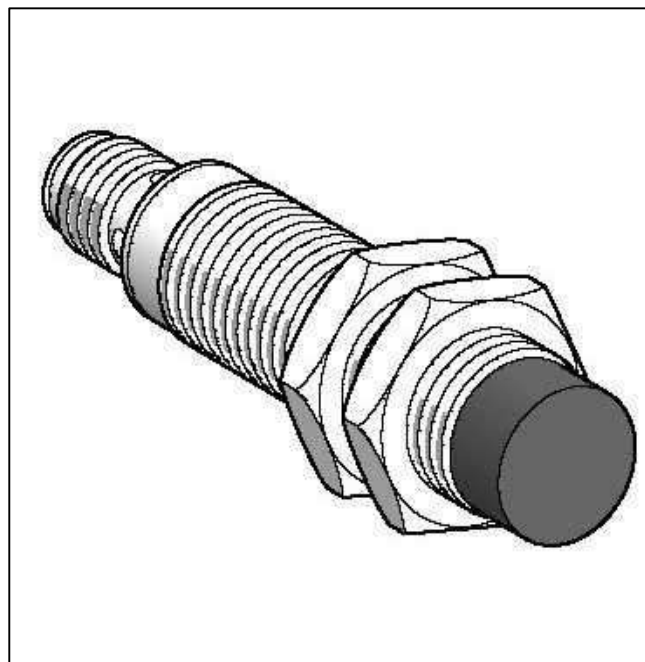


Figura 29: Esquema de sensor capacitivo

Fuente: Schneider Electric (2015)

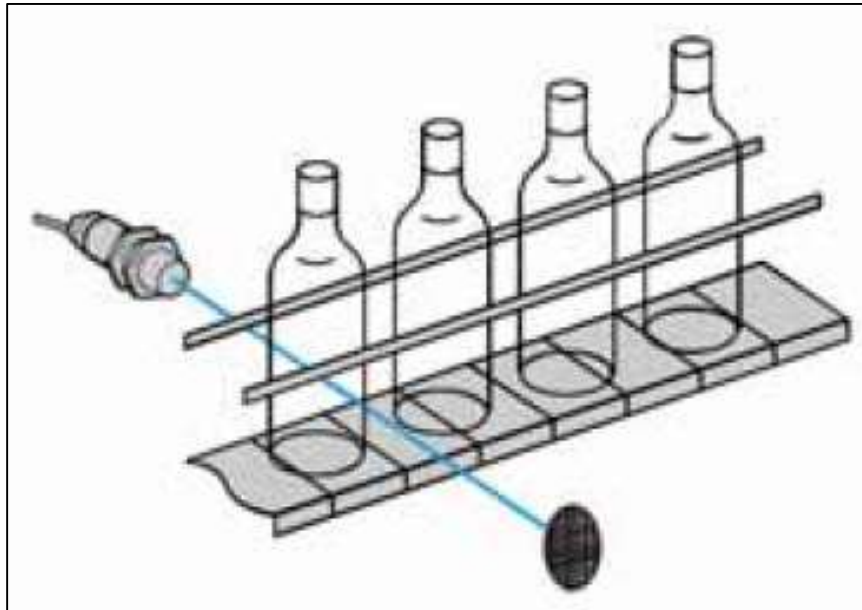


Figura 30: Funcionamiento de sensor capacitivo en proceso de llenado

Fuente: Schneider Electric (2015)

- **Sensores fotoeléctricos:** El principio de funcionamiento está basado en la generación de un haz luminoso por parte de un foto emisor, que se proyecta sobre un foto receptor, o bien, sobre un dispositivo reflectante. La interrupción o reflexión del haz, por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado en la salida de la fotocélula. (Velázquez. 2015)

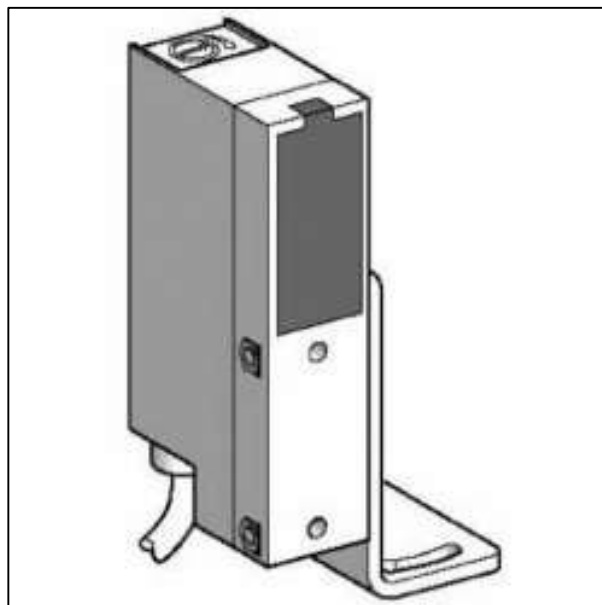


Figura 31: Esquema de sensor fotoeléctrico

Fuente: Schneider Electric (2015)

2.2.18. Indicadores de Productividad

Según Vásquez. (2012), nos menciona que la productividad es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar los objetivos pre determinados. Como todo profesional en Ingeniería Industrial, se debe tener en cuenta que el principal objetivo es fabricar artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción.

a) Productividad total

En la Diplomatura en Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta), en el Modulo “Indicadores de Eficacia y Eficacia en los procesos” se presentó el manual titulado: Manual de Indicadores de Productividad; desarrollado por Mejía J. (2015), el cual menciona que:

La productividad total nos indica el grado de utilización de todos los factores que intervienen en el proceso de producción, precisando el rendimiento o superávit que se genera en un tiempo determinado. Se expresa de la siguiente manera:

$$Productividad\ total = \frac{Producción\ total}{Insumos\ totales}$$

Donde:

Insumos totales = gastos laborales + materias primas + gastos ind. + otros insumos

b) Productividad de materiales o eficiencia física

Es la relación existente entre la materia prima de salida (producto terminado) entre la materia prima de entrada; es decir, cuál sería el volumen de producción expresado en unidades, kilogramos, gramos, toneladas, etc., utilizando una cierta cantidad de materiales ya sea materia prima y/o insumos. (Vásquez. 2012)

Según Vásquez. (2012) se expresa de la siguiente manera:

$$Productividad\ de\ materiales\ o\ eficiencia\ física = \frac{Salida\ útil\ de\ MP}{Entrada\ de\ MP}$$

Donde:

Salida útil de MP = Producto terminado

c) **Productividad de mano de obra o del trabajo**

En el Manual de Indicadores de Productividad desarrollado por Mejía J. (2015), nos menciona que la productividad del trabajo o productividad de mano de obra significa la cantidad producida representado en productos terminados en relación a la cantidad de horas laborales por cada persona que labora en una etapa, estación, puesto o célula de trabajo correspondiente.

$$Productividad\ laboral = \frac{Unidades\ producidas}{Número\ de\ horas - hombre}$$

Donde:

Número de horas – hombre = Horas hombre laboradas

d) **Productividad de máquina**

Es la relación que existe entre el volumen de salidas (producto terminado) y la entrada de máquina; es decir cuánto se produciría con respecto a la cantidad de máquinas que se utilizarían durante el proceso productivo en dicha etapa. (Ochoa. 2013)

$$Productividad\ de\ máquina = \frac{Volumen\ de\ salidas}{Entrada\ de\ máquina}$$

Donde:

Entrada de máquina = Cantidad de máquinas utilizadas

e) **Productividad de energía eléctrica**

Según Mejía J. (2015), en base a la ecuación de productividad total, la variable “insumos totales” también se representa como el consumo o gasto energético que una máquina pueda generar durante un periodo de tiempo. Por lo tanto, para el consumo de energía (Pe) se establece la siguiente ecuación:

$$Productividad\ de\ energía = \frac{Cantidad\ producida\ por\ máquina}{kWh\ consumidos\ por\ máquina}$$

f) Saturación del operario

La saturación en el operario es aquel porcentaje que indica cuán saturado o agotado se encuentra el operador ya sea físicamente o mentalmente durante su jornada laboral.

Según Vásquez. (2012), la saturación en el operario es el porcentaje de la división de la cantidad de tiempo que el operario añade valor al producto entre el tiempo total de ciclo.

$$\text{Saturación en el operario} = \left(\frac{\text{Tiempo que el operario añade valor}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \right)$$

Cabe resaltar que, estos tiempos se extraen de cualquier tipo de diagrama metodológico en el que especifiquen cada uno de los movimientos y tiempos del operario y de la máquina utilizada, como son: Diagrama hombre – máquina, DAP, etc. De esta manera se corrobora el nivel de agotamiento del operario representado en porcentaje.

g) Eficiencia de la máquina

La productividad técnica es aquella que relaciona los niveles de producción obtenidos con la maquinaria y los equipos utilizados. (Mejía. 2015)

$$\text{Utilización de la capacidad instalada} = \frac{\text{Horas utilizadas a la semana}}{\text{Horas programadas a la semana}}$$

La eficiencia técnica es el resultado de comparar la producción efectiva diaria (lo realmente logrado o el tiempo que el operario añade valor al producto durante el proceso) contra la capacidad técnica actual (lo que debiéramos haber logrado o programado durante un tiempo determinado o el tiempo total del ciclo del proceso). (Mejía. 2015)

$$\text{Eficiencia técnica} = \frac{\text{Producción efectiva}}{\text{Capacidad técnica}}$$

Para la presente tesis, en cuanto a la eficiencia de la máquina laminadora, se establece una ecuación, la cual se dedujo de la ecuación de productividad técnica o utilización de la capacidad instalada y de la eficiencia técnica, y es desarrollada por Vásquez. (2012). La ecuación es la siguiente:

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{\text{Tiempo del ciclo de la máquina}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \right)$$

Donde:

Tiempo del ciclo de la máquina = Tiempo que se añade valor al producto

h) Ausentismo Laboral

En la Delegación del Rector para la Salud, Bienestar Social y Medioambiente, se presentó el tema “Fatiga laboral”, desarrollado por la Universidad Complutense de Madrid. (2013), nos menciona que:

El ausentismo laboral es ocasionado muchas veces por la fatiga laboral y se despliega en fatiga física y mental. Para este caso, la que predomina durante el proceso en estudio es el agotamiento físico, y se debe, bien a una tensión muscular estática, dinámica o repetitiva, bien a una tensión excesiva del conjunto del organismo, o bien a un esfuerzo excesivo del sistema psicomotor. Estos esfuerzos excesivos pueden estar causados por:

- Factores dependientes de una incorrecta organización del trabajo.
- Factores dependientes del mismo individuo: defectos visuales, lesiones esqueléticas preexistentes.
- Condiciones ergonómicas y ambiente de trabajo no satisfactorios

Según la Delegación del Rector para la Salud, Bienestar Social y Medioambiente de la Universidad Complutense de Madrid. (2013), la fatiga laboral trata de la disminución de la capacidad física del individuo después de haber realizado un trabajo durante un tiempo determinado. La fatiga constituye un fenómeno complejo que se caracteriza porque el trabajador:

- Baja el ritmo de actividad
- Nota cansancio
- Los movimientos se hacen más torpes e inseguros
- Aparece una sensación de malestar e insatisfacción
- Disminuye el rendimiento en cantidad y calidad

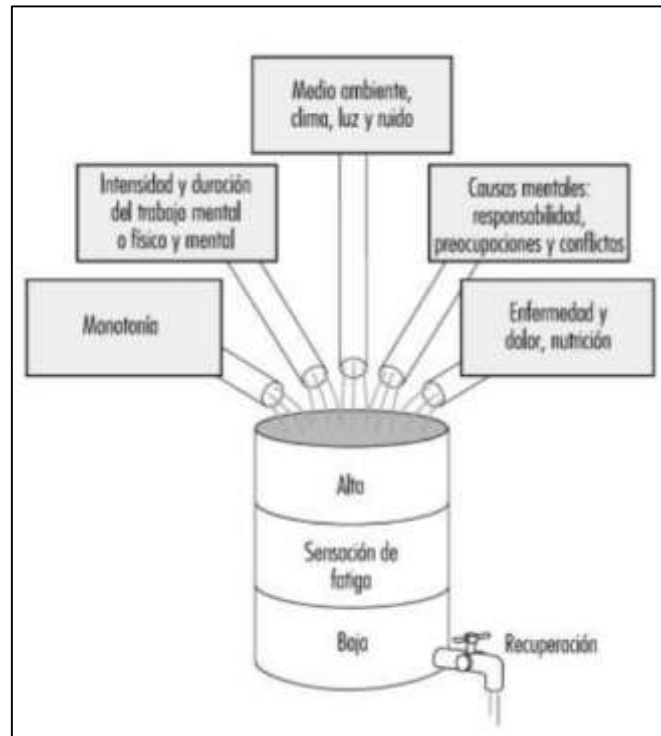


Figura 32: Esquema Fatiga Laboral

Fuente: Universidad Complutense de Madrid (2013)

El ausentismo laboral se representa por la cantidad de inasistencias registradas durante un periodo de tiempo determinado. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Ausentismo laboral} = \text{Número de días en que el operario no asiste normalmente}$$

i) Cantidad que no se produce por ausentismo laboral

Como ya se menciona, el ausentismo laboral se debe a la fatiga física existente en los operarios, y por ende se deja de producir por la baja productividad de mano de obra generándose inasistencias a lo largo del tiempo. La ecuación que corrobora este indicador, se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Cant. que no se produce por inasist.} = \text{Inasistencias} \times \text{Cant. que no se produce por turno}$$

j) Paros de máquina

Las paradas de maquinaria durante el proceso productivo son aquellas que se realizan por varias causas. Una de ellas es, cuando el operario siente fatiga, agotamiento o estrés físico, de manera que este pueda descansar para continuar con la jornada laboral. Otra de las causas, por las que la máquina se tiene que detener

obligatoriamente es para reprocesar las unidades que no han tenido una salida exitosa y no cumplen con los estándares de calidad. Además, un paro de máquina se realiza al averiarse alguna parte de la misma, ya sea alguna pieza, componente, etc.; por lo tanto se tendrá que brindar una atención inmediata.

Por cada parada que se realice a una máquina, se genera una cierta cantidad de unidades que se dejan de producir, lo cual conlleva a pérdidas productivas.

- **Cantidad que se deja de producir por paradas en producción**

El autor establece una ecuación para el cálculo de este indicador. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Cant. que se deja de producir} = \frac{T. \text{ que no añade valor en el proceso} \times \text{Prod. diaria}}{\text{Tiempo que añade valor en el proceso}}$$

Donde:

- Tiempo que no añade valor en el proceso: son los tiempos muertos en el cual la maquina se encuentra detenida sin realizar ninguna función.
- Tiempo que añade valor en el proceso: es el tiempo en que la máquina se encuentra activa realizando sus funciones normalmente

k) Rendimiento de producción

Según Marín y Sabater. (2012) nos menciona que, el rendimiento de producción representado en unidades de volumen, se establece mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento de volumen} = \frac{\text{Piezas reales}}{\text{Piezas programadas}}$$

Donde:

- Las piezas programadas son las piezas que según la programación del día debería sacar la máquina.
- Las piezas reales son las piezas que realmente ha sacado la máquina.

Para el presente estudio, el autor optó por modificar ciertas variables de la ecuación teórica, las cuales se expresan en la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento de producción (\%)} = \frac{\text{Producción realizada}}{\text{Producción programada}}$$

2.2.19. Herramientas de Ingeniería de Métodos

a) Diagrama de procesos Hombre – Máquina

El diagrama de procesos hombre – máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo. (Freivalds y Niebel. 2009)

Cuando se elabora el diagrama de procesos hombre-máquina, en primer lugar el analista debe identificar el diagrama con un título tal como Diagrama de procesos hombre-máquina. Información adicional acerca de la identificación podría incluir el número de parte, el número de diagrama, la descripción de la operación, el método actual o propuesto, la fecha y el número de la persona que elabora el diagrama (Freivalds y Niebel. 2009)

En razón de que los diagramas hombre-máquina se dibujan siempre a escala, el analista debe seleccionar una distancia en pulgadas o centímetros para estar de acuerdo con una unidad de tiempo tal que el diagrama pueda distribuirse adecuadamente. El lado izquierdo muestra las operaciones y el tiempo para el empleado, mientras que el derecho muestra el tiempo trabajado y el tiempo ocioso de la máquina o máquinas. (Freivalds y Niebel. 2009)

Es necesario contar con valores elementales de tiempo precisos antes de que el diagrama del trabajador y la máquina puedan construirse. Dichos valores deben representar tiempos estándar que incluyan una tolerancia aceptable para la fatiga, retrasos inevitables y retardos del personal. El analista nunca debe utilizar lecturas generales del cronómetro para elaborar el diagrama. (Freivalds y Niebel. 2009)

En la figura 33 y 34, se visualizan algunos diagramas de procesos Hombre – Máquina esquematizando el tipo de formato que se debe utilizar.

Diagrama del proceso del trabajador y de la máquina

Tema del diagrama Fresado de ramura en el sujetador de un regulador **Diagrama No.** 807
Dibujo núm. J-1492 **Parte núm.** J-1492-1 **Diagrama del método** Propuesto
Comienzo del diagrama Carga de máquinas para fresado **Diagramado por** C.A. Anderson
Término del diagrama Descarga de los sujetadores fresados **Fecha** 8-27 **Hoja** 1 **de** 1

<u>Descripción del elemento</u>	<u>Operador</u>	B.&S. Hor. Mill	
		<u>Máquina 1</u>	<u>Máquina 2</u>
Parar la máquina núm. 1	.0004		
Regresar la mesa de la máquina núm. 1, 5 pulgadas	.0010	Unloading .0024	
Añojar las mordazas, remover la parte y dejarla a un lado (máquina núm. 1)	.0010		Mill slot .0040
Recoger la parte y apretar las mordazas de la máquina núm. 1	.0018		
Arrancar máquina núm. 1	.0004	Loading .0032	
Avanzar la mesa y operar la alimentación de la máquina núm. 1	.0010		Idle
Caminar hacia la máquina núm. 2	.0011		
Detener la máquina núm. 2	.0004		
Mesa de retorno máquina núm. 2 5 pulgadas	.0010	Mill slot .0040	
Añojar las mordazas de la máquina, quitar la parte y dejarla a un lado (máquina núm. 2)	.0010		Unloading .0024
Recoger la parte y apretar las mordazas de la máquina núm. 2	.0018		
Poner en marcha máquina núm. 2	.0004		Loading .0032
Avanzar la mesa y operar la alimentación de la máquina núm. 2	.0010	Idle	
Caminar hacia la máquina núm. 1	.0011		
Tiempo ocioso por ciclo	.0000	Horas ociosas de la máquina núm. 1	.0038
Tiempo de hombres trabajando por ciclo	.0134	Horas productivas de la máquina núm. 1	.0096
Horas hombre por ciclo	.0134	Tiempo del ciclo de la máquina núm. 1	.0134
		Horas ociosas máquina núm. 2	.0038
		Horas productivas máquina núm. 2	.0096
		Tiempo de ciclo de la máquina núm. 2	.0134

Figura 33: Diagrama de procesos Hombre – Máquina modelo 1

Fuente: Freivalds y Niebel (2009)

	HOMBRE	TIEMPO	MÁQUINA	TIEMPO	MÁQUINA	TIEMPO	MÁQUINA	TIEMPO	MÁQUINA	TIEMPO									
		MIN.	A-I	MIN.	B	MIN.	C	MIN.	A-II	MIN.									
1	Descarga A-II	2	DESCARGA	2															
2																			
3	Carga A-I	4	CARGA	4															
4																			
5																			
6	Descarga B	1	OPERAR	15															
7											DESCARGAR	1							
8											CARGA B	1							
9											DESCARGA C	1							
10											Carga C	3							
11											Inspección final	1							
12	Descarga A-II	2	OPERAR	15															
13																			
14	Carga A-II	4																	
15	Descarga B	1	OPERAR	15															
16																			
17	Cargar B	1																	
18	Descarga C	1																	
19	Carga C	3																	
20	Inspección	1																	
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			

Figura 34: Diagrama de procesos Hombre – Máquina modelo 2

Fuente: Retana y Aguilar (2013)

b) Diagrama de análisis de procesos

La gráfica de análisis de procesos muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, transportes, almacenamiento, esperas, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal.

En la figura 35, se visualiza un diagrama de análisis de procesos esquematizando el tipo de formato que se debe utilizar.

Ubicación: Dorben Co.		Resumen		
Actividad: Inspección en campo de LUX		Evento	Presente	Propuesto
Fecha: 4-17-97		Operación	7	
Operador: T. Smith	Analista: R. Ruhl	Transporte	6	
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados Método: <u>Presente</u> Propuesto Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Retrasos	2	
		Inspección	6	
Comentarios		Almacenamiento	0	
		Tiempo (min)	32.60	
Descripción de los eventos		Símbolo	Tiempo (en minutos)	Recomendaciones al método
Bajarse del vehículo, caminar hacia la puerta frontal, tocar el timbre.		○ → D □ ▽	1.00	Llamar a casa con antelación para reducir la espera.
Esperar, entrar a la casa.		○ → D □ ▽		
Caminar hacia el depósito en el campo.		○ → D □ ▽	.25	
Desconectar el depósito de la unidad.		○ ○ D □ ▽	.35	
Inspeccionar si hay abolladuras, rupturas en el envoltorio, vidrio roto o hardware faltante.		○ ○ D □ ▽	1.25	Esto puede hacerse mientras se camina de regreso al vehículo.
Limpiar la unidad con un limpiador y desinfectante aprobado.		○ ○ D □ ▽	2.25	Esto puede hacerse de una manera más eficiente en el vehículo.
Regresar al vehículo con el tanque vacío.		○ → D □ ▽	1.00	
Quitar el seguro del vehículo, colocar el tanque vacío en su base y conectar el hardware.		○ ○ D □ ▽	1.75	
Abrir la válvula; comenzar a llenar.		○ ○ D □ ▽	.25	
Esperar a que se llene el tanque.		○ ○ D □ ▽	12.00	Limpiar la unidad mientras se está llenando.
Verificar que el humidificador funcione correctamente.		○ ○ D □ ▽	.5	Eliminar. No es necesario hacer esto dos veces.
Verificar la presión (indicador).		○ ○ D □ ▽	.2	
Verificar el contenido del tanque (indicador).		○ ○ D □ ▽	.2	
Regresar con el paciente con el tanque lleno.		○ → D □ ▽	1.10	
Conectar al tanque lleno.		○ ○ D □ ▽	1.00	
Verificar que el humidificador funcione correctamente.		○ ○ D □ ▽	.75	
Esperar al paciente para retirar la cánula nasal o máscara facial.		○ ○ D □ ▽	2.00	
Instalar una nueva cánula nasal o máscara facial.		○ ○ D □ ▽	2.50	
Verificar los flujos del paciente.		○ ○ D □ ▽	2.25	
Colocar la etiqueta con la inspección inicial y la fecha.		○ ○ D □ ▽	1.00	Llevar a cabo esta tarea mientras la unidad se está llenando.
Regresar al vehículo.		○ → D □ ▽	1.00	

Figura 35: Diagrama de análisis de procesos

Fuente: Freivalds y Niebel (2009)

2.2.30. Estudio de tiempos

Según Vásquez. (2012) nos menciona que, un análisis de tiempos consiste en la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según un método de trabajo preestablecido.

La finalidad de una medición del trabajo es establecer estándares de tiempo para efectuar una labor u actividad determinada. Los estándares de trabajo representan la cantidad de tiempo que debe tomar a un empleado promedio, llevar a cabo un trabajo específico bajo condiciones de trabajo normales. (Vásquez. 2012)

Las principales técnicas para un exitoso estudio de tiempos es aplicando un cronometraje industrial, la cual es una técnica que se emplea para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida, y tiene como objetivo determinar el tiempo estándar en la tarea seleccionada. (Vásquez. 2012)

El cronometraje se realiza única y exclusivamente para registrar los tiempos de cada tarea que intervienen en un proceso productivo. Luego de medir el tiempo con el dispositivo (cronometro), se procede a realizar un estudio completo de tiempos, en el cual abarcan los muestreos, numero de observaciones preliminares, numero de observaciones requeridas, etc. Cada uno de los tiempos se registra ordenadamente en una tabla para una mejor visualización.

Para el cálculo de las observaciones requeridas, en primer lugar se elige el método a aplicar, ya sea el método estadístico o el método probabilístico.

Aplicando el método estadístico, según Freivalds y Niebel. (2009) se recurre a la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{40 * \sqrt{n' * \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra (Número de observaciones requeridas)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

x = Valor de las observaciones preliminares

40 = Valor que representa un nivel de confianza del 95% y un margen de error de ± 5

Para corroborar que el número de muestras tomadas u observaciones preliminares en un proceso o una tarea/ actividad específica es el necesario; las observaciones preliminares (“x”) tendrán que ser mayores a las observaciones requeridas o tamaño de la muestra (“n”).

Una vez verificado el tamaño de muestra, se procede a calcular el tiempo promedio de las etapas, procesos o tareas/actividades.

A continuación, se calcula el tiempo normal o tiempo base, el cual es el tiempo en el que un trabajador calificado efectúa una labor en un ritmo considerado normal, y satisfaciendo tanto al operario como a la empresa. (Vásquez. 2012)

Según Vásquez. (2012), este tiempo se representa mediante la siguiente fórmula:

$$\textit{Tiempo normal o base} = \textit{Tiempo observado} \times \textit{valoración}$$

La valoración dependerá de la calificación que se le otorgue al operario en acción de acuerdo a ciertas variables, y para ello se recurre al Sistema de Whestinghouse, el cual, es una técnica especializada muy utilizada en estudios del trabajo.

Según Freivalds y Niebel. (2009) nos dice que el Sistema de Whestinghouse es uno de los sistemas de calificación que se han usado por más tiempo. Este *sistema de calificación Westinghouse* considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

El sistema define la *habilidad* como “la destreza para seguir un método dado” y esto dependerá de la experiencia que un operario tenga para una determinada tarea. Por lo tanto, la habilidad de una persona puede variar de un trabajo a otro e incluso de una operación a otra en un mismo trabajo. (Freivalds y Niebel. 2009)

El *esfuerzo* se define como una “demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz”. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad que, en gran medida, puede ser controlada por el operario. (Freivalds y Niebel. 2009)

Las *condiciones* que se consideran en este procedimiento de calificación del desempeño, son aquellas que afectan al operario y no a la operación, incluyen la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido. (Freivalds y Niebel. 2009)

La *consistencia* del operario debe evaluarse mientras está trabajando. Los valores de tiempos elementales que se repiten en forma constante tendrán una consistencia perfecta y siempre tiende a haber alguna variabilidad debido a la dureza del material, el filo de la herramienta de corte, los lubricantes, las lecturas de cronómetro erróneas y los elementos extraños. (Freivalds y Niebel. 2009)

HABILIDAD			ESFUERZO		
0.15	A1	Superior	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2		0.12	A2	
0.11	B1	Excelente	0.10	B1	Excelente
0.08	B2		0.08	B2	
0.06	C1	Buena	0.05	C1	Bueno
0.03	C2		0.02	C2	
0.00	D	Media	0.00	D	Medio
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2		-0.08	E2	
-0.16	F1	Pobre	-0.12	F1	Pobre
-0.22	F2		-0.17	F2	
CONDICIONES			REGULARIDAD		
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0.00	D	Medias	0.00	D	Media
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Pobres	-0.04	F	Pobre

Figura 36: Variables de valoración

Fuente: Freivalds y Niebel (2009)

Una vez calificado al personal según estas 4 variables, se procede a calcular la valoración total, determinando una sumatoria de los valores numéricos que se otorgó al operario según su actividad, para luego añadir una unidad a esta obteniendo así un valor total de actuación (Valoración total + 1).

A continuación se calcula el tiempo estándar, el cual es el tiempo en que se puede realizar una tarea específica por una persona bien entrenada, trabajando a un ritmo normal y siguiendo un método establecido; en el cual se ajusta al tiempo normal total agregando los suplementos respectivos (personales, de fatiga, entre otros). (Vásquez. 2012).

Según Vásquez. (2012), se representa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo estándar o tipo} = \text{Tiempo normal} \times (1 + \text{suplemento})$$

VII. RESULTADOS

7.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

7.1.1. Descripción general de la empresa

Yuc Wa, es una pequeña industria del sector alimenticio dedicada a la producción y comercialización de la pasta Wantan en estado fresco, atendiendo a la gran mayoría de restaurantes orientales “chifas” en la provincia de Chiclayo hace más de 40 años.

Tiene como misión ser la primera industria pionera en pastas chinas en la región Lambayeque, con los mejores procesos de manufactura, brindando un producto y servicios de calidad, contando con el mejor personal calificado.

Tiene como visión ser una industria reconocida a nivel nacional e internacional, contando con una amplia variedad de pastas y tallarines chinos, los cuales sean comercializados y distribuidos con un servicio de calidad a toda la cartera de clientes, como son: los restaurantes orientales, hipermercados y supermercados; cumpliendo con lo establecido en el sistema de gestión de calidad y contando con certificación internacional, con miras a exportación.

Yuc Wa es una microempresa privada de tipo unipersonal perteneciente al sector secundario o manufacturero, la cual se encarga de producir única y exclusivamente pasta Wantan desde hace 50 años en la región Lambayeque. Yuc Wa comercializa principalmente a los chifas de la provincia de Chiclayo.

La empresa labora en un espacio de 445 metros cuadrados aproximadamente para la producción de pasta Wantan.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), la empresa pertenece a la clase 1074 – Elaboración de macarrones, fideos, alcuzcuz y productos farináceos similares. Esta clase comprende las siguientes actividades: elaboración de pastas como macarrones y fideos, cocidos o sin cocer o rellenos o sin rellenar; elaboración de alcuzcuz; y elaboración de productos de pasta enlatados o congelados.

7.1.1.1. Principales productos

La pasta Wantan es el único producto que la empresa fabrica y comercializa. En la empresa solo existe una línea de producción. (*Ver Figura 37*)



Figura 37: Pasta Wantan en estado fresco

Fuente: Empresa Yuc Wa

7.1.1.2. Principales competidores:

Los principales competidores es la empresa “Pastas El Triunfo” cuya sede principal se encuentra en Lima.

Además la empresa “Fideos Choung Lee” que también producen pasta Wantan y la empresa “La Pasta”.

7.1.1.3. Principales proveedores:

Los proveedores con que cuenta la empresa son por materia prima e insumos a utilizar. El principal proveedor es A UNO D’ LOS NEGOCIOS, para el caso de la harina especial, Comercial A&B Representaciones para los preservantes y la sal, y Avicola Junior para los huevos selectos

7.1.1.4. Organización de la empresa

La empresa está conformado por el gerente general, quien también cumple la función de maestro/supervisor de producción

El área de producción se conforma por el maestro de producción quien realiza las actividades mayores durante la jornada y la supervisión del proceso productivo; y el operario quien colabora en ciertas actividades u operaciones.

La parte administrativa está conformada simplemente por una contadora y una vendedora. La contadora es quien realiza el estudio de los libros contables con respecto a pagos e interés en la SUNAT.

Y finalmente la vendedora se encarga de comercializar el producto y de tratar con el público en general.

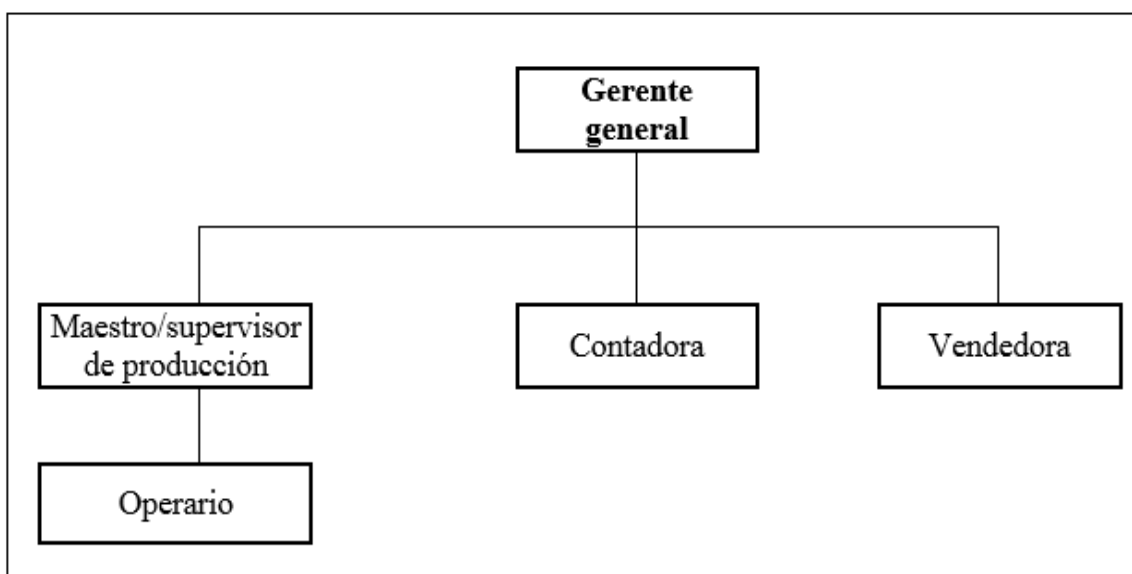


Figura 38: Organigrama de la empresa

Fuente: Empresa Yuc Wa

7.1.2. Descripción general del proceso productivo de la pasta Wantan

7.1.2.1. Área de producción

En el proceso productivo solamente laboran dos personas; uno es el maestro/supervisor de producción y el segundo es el colaborador/operario cuya finalidad es ayudar en algunas actividades productivas.

Para los respectivos procesos productivos la planta dispone de 160 metros cuadrados aproximadamente. La empresa cuenta con un área de empaclado y pesado, el área de producción, en donde se encuentra la maquinaria respectiva (*Ver Tabla 02*), un pequeño almacén de materia prima e insumos, el almacén de producto terminado, en donde se encuentran las conservadoras, el área de ventas y los servicios higiénicos para el personal. Para visualizarlo de mejor manera, el plano de la empresa con su respectiva distribución se muestra en la figura 40.

En el área de producción se encuentra el área de amasado y mezclado, laminado y cortado. En la figura 39 se puede apreciar el área de producción de la empresa.



Figura 39: Área de producción de la empresa

Fuente: Empresa Yuc Wa

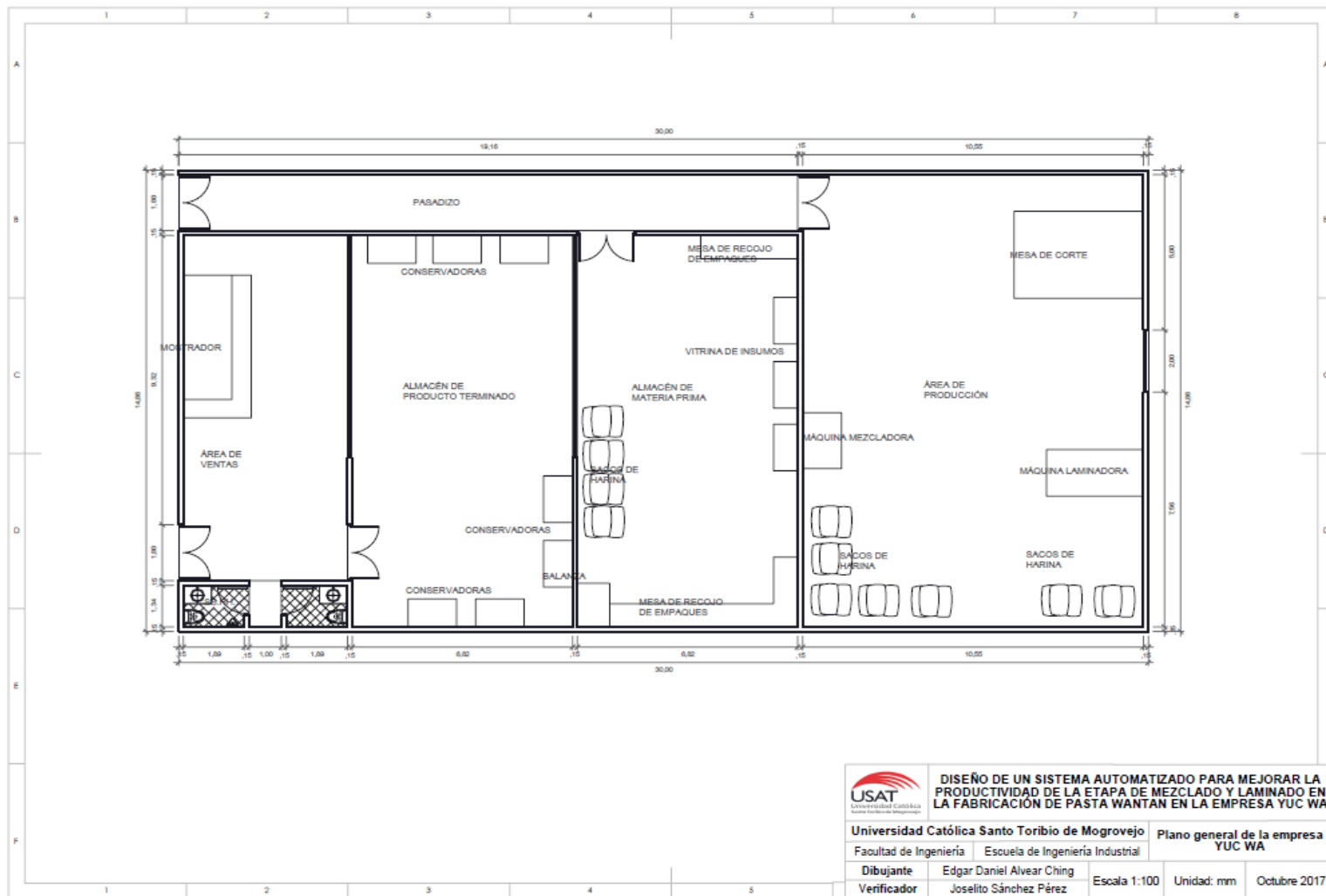


Figura 40: Plano general de la empresa Yuc Wa

Fuente: Empresa Yuc Wa

Tabla 02: Maquinaria para la producción de la pasta Wantan

Máquina	Cantidad	Estado	Antigüedad	Procesos que desempeñan	Descripción
Laminadora Semiautomática	1	Operativo	40 años	Laminado para pasta Wantan	Equipamiento industrial para laminar los distintos espesores de la masa Wantan a través de un sistema mecánico, la cual tiene una tolva de alimentación y una mesa de recojo de masa. Tiene una capacidad por hora de 25 kg - 30 kg y una potencia de 1,5 kW.
Mezcladora Automática	1	Operativo	5 años	Mezclado para pasta Wantan	La revolvedora usada es una maquina semiautomática, con una capacidad de 50 kg de masa, que consta de un eje con paletas que gira a 6 rpm. Cuenta con un motor reductor trifásico, que tiene una potencia de 1,11 kW y una transmisión directa de polea y faja; además cuenta con una tapa de seguridad y un sistema de volteo para descargar la masa. El material usado es acero inoxidable 304 de grado alimenticio.
Mesa de corte	1	Operativo	40 años	Cortado de masa Wantan	Estructura de madera, la cual tiene en el centro una banda de acero inoxidable de grado alimenticio, en donde se extiende la masa para poder ser cortada según las dimensiones respectivas.
Balanza Industrial	1	Operativo	40 años	Pesado para pasta Wantan	Instrumento utilizado para regular el peso de cada empaque de pasta Wantan cuya capacidad máxima es de 1 kg.
Conservadora Industrial	1	Operativo	10 años	Conservado para pasta Wantan	Estructura utilizada para el acondicionamiento del producto a cierta temperatura cuya capacidad máxima es de 96 kg.

Fuente: Empresa Yuc Wa

La empresa cuenta con un tipo de distribución por procesos, funcional o Job-shop ya que las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector, también el material se desplaza entre puestos diferentes dentro de una misma sección o desde una sección a la siguiente que le corresponda. Este tipo de distribución también es muy versátil y es la más adecuada para la fabricación intermitente o bajo pedido, facilitándose la programación de los puestos de trabajo al máximo de carga posible. Además una avería producida en un puesto no incide en el funcionamiento de los restantes, por lo que no se causan retrasos acusados en la fabricación.

Por otro lado, son pequeños lotes producidos de pasta Wantan, escasamente estandarizados y la maquinaria es poco especializada.

7.1.2.2. Producción de pasta Wantan

La pasta Wantan es un producto fabricado a base de harina de trigo en estado fresco, presentado en láminas de 1,5 mm de espesor aproximadamente, con dimensiones de 10 cm x 11,5 cm, cuya composición consta de ingredientes tales como agua filtrada, sal, harina especial de trigo, huevos selectos, maicena, benzoato de sodio y antimoho. La presentación final es envasado en pequeñas bolsas desglosables de polietileno de alta densidad, en cada una de estas se empaqueta 1 kg de estas láminas.



Figura 41: Pasta Wantan en empaque

Fuente: Empresa Yuc Wa

Tabla 03: Ficha técnica de la pasta Wantan

Ficha técnica pasta Wantan	
Ingredientes	Harina de trigo especial, huevos selectos, agua filtrada, maicena, benzoato de sodio, antimoho y sal
Dimensiones	10 cm x 11,5 cm
Color	E102 (Amarillo 5)
Textura	Lisa, suave y flexible
Empaque	Bolsa desglosable de polietileno de alta densidad
Peso por bolsa	De 1 kg
N° de láminas por empaque	84 láminas
Duración aproximada	15 días refrigerado
Otros empleos del producto	Empleado para lasañas, tequeños, Wantan frito, sopa Wantan y corbatas fritas

Fuente: Empresa Yuc Wa

7.1.2.3. Descripción de las etapas de producción

Para la producción de pasta Wantan se tienen las siguientes etapas:

a) Recepción de materia prima e insumos

La materia prima e insumos son recepcionados y almacenados en el almacén de materia prima e insumos. En el caso de los huevos, se reciben en jabas de cartón, en sacos de 50 kg para el caso de la harina de trigo, en sacos de 30 kg para la maicena y en bolsas industriales de 500 g para los preservantes.

b) Selección y pesado de materia prima e insumos

A continuación, se pesa la cantidad requerida de materia prima e insumos. Para el caso de los huevos se retira la cáscara y se hace un previo mezclado de las yemas y claras en un recipiente; en este también se le agrega el benzoato de sodio, antimoho y sal. La cantidad de agua requerida es medida en un recipiente graduado y se llena en un recipiente de acero inoxidable.

c) Pre – Mezclado

Durante esta etapa se coloca la cantidad ya pesada y seleccionada de materia prima e insumos en un recipiente y se realiza un mezclado ligero en forma manual durante 15 min.

d) Mezclado

En esta etapa se llenará en la máquina revolvedora la cantidad pre – mezclada y se procederá al mezclado en un promedio de 20 min a 30 min aproximadamente.

- e) Laminado N° 01**
Una vez hecha la mezcla de la materia prima e insumos, esta es llevada a la máquina laminadora en donde se unificará.
- f) Laminado N° 02**
En este laminado, la mitad de masa ligeramente laminada es llevada a la tolva de recepción para lograr capas de Wantan más unificadas a 5 mm de espesor.
- g) Laminado N° 03**
En este laminado se procede a adelgazar la masa de 5 mm a 3,5 mm de espesor donde a la vez se espolvorea con maicena en ambas caras para evitar que cada capa se adhiera una con otra ya que esta masa es húmeda.
- h) Laminado N° 04**
En esta etapa se procede al último laminado de la masa donde se realiza el mismo procedimiento, la masa queda en 1,5 mm de espesor. Aquí es donde culmina la etapa del proceso de laminado y espolvoreado de maicena.
- i) Cortado**
La masa es llevada a la mesa de corte en donde cuidadosamente y con alta precisión manual será cortada con las medidas especificadas.
- j) División en bloques**
Una vez cortada dicha masa, cada bloque se separará con las dimensiones especificadas (10 cm x 11,5 cm) para proceder a embolsar.
- k) Embolsado**
En esta etapa cada bloque será empacado en cada bolsa desglosable respectiva.
- l) Pesado y etiquetado**
Una vez embolsado, en el área de pesado y etiquetado, cada paquete de pasta Wantan se pesa y cuidadosamente se retiran las láminas sobrantes de cada empaque, hasta indicar el peso correcto de cada uno, el cual es de 1 kg y se procede a etiquetar.
- m) Almacenado y conservado**
Finalmente, en el área de almacenamiento se procede a la conservación del producto final en la conservadora industrial para su comercialización. La pasta Wantan puede durar hasta 15 días aproximadamente en constante refrigeración.



Figura 42: Diagrama pictórico del proceso productivo de la pasta Wantan

Fuente: Empresa Yuc Wa

En el figura 43 se encuentra el diagrama de flujo en bloques del proceso de la pasta Wantan:

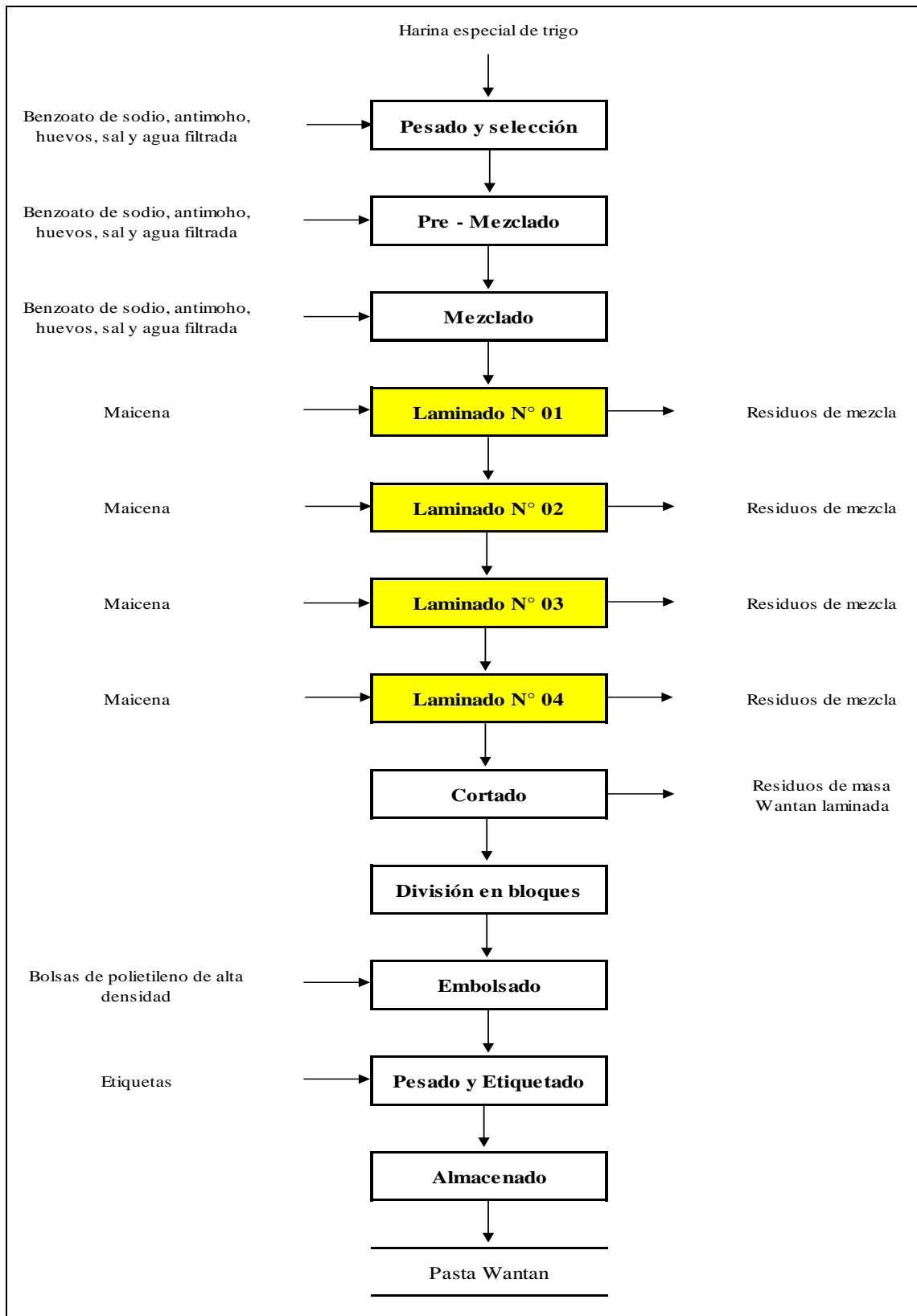


Figura 43: Diagrama de flujo en bloques para la elaboración de la pasta Wantan
 Fuente: Empresa Yuc Wa

El proyecto de investigación se enfoca en la etapa de laminado, el cual, presenta mayor cantidad de dificultades desde el inicio de las labores del proceso productivo, por la baja productividad que existe, como también se genera un cuello de botella por distintos factores que se describirán en el presente estudio de métodos.

Para corroborar que la etapa de laminado es el presente cuello de botella que se genera durante el proceso productivo, se realizó un estudio de tiempos mediante el método estadístico, el cual consistió en realizar un muestreo preliminar (observaciones preliminares) durante un periodo de tiempo determinado, con la finalidad de poder hallar el tamaño de la muestra requerida (observaciones requeridas). *Ver tabla 04*

Para poder realizar el estudio de tiempos, en primer lugar se determinaron las etapas que intervienen en el proceso productivo (*Ver figura 32*), luego se realizaron las observaciones preliminares calculando el tiempo en minutos con un cronómetro. Las observaciones del estudio preliminar fueron 10 y se realizaron en distintos días de producción del mes de mayo y junio del 2016. Finalmente, para corroborar que las 10 observaciones fueron las necesarias, se emplea la fórmula del método estadístico para el cálculo del tamaño de la muestra. (*Ver pág. 64*).

Entonces, para la primera etapa (selección y pesado):

$$n = \left(\frac{40 * \sqrt{10' * 3880,8 - (196,8)^2}}{196,8} \right)^2$$

$$n = 3$$

Con la respectiva formula se calcula el tamaño de muestra “n” o la cantidad necesaria de muestras que se deben realizar para la evaluación de cada etapa productiva y en la última columna de la tabla 4 se observa el resultado final. En este caso para la primera etapa resultó “n = 3”, esto quiere decir que son 3 las muestras suficientes para realizar el estudio de tiempos. De la misma manera se aplica el mismo procedimiento para las siguientes etapas del proceso productivo.

Tabla 04: Calculo del tamaño de muestra para cada etapa del proceso productivo

Etapas de producción	x = Valor de las observaciones en minutos										Tiempo promedio (minutos)	n' = Observaciones del estudio preliminar	$\sum x$	$\sum x^2$	n = Tamaño de la muestra
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Selección y pesado	20	19	20	21	19,2	19	19,6	20	18	21	19,68	10	196,8	3880,8	3
Pre - mezclado	15	14	14,0	14,5	14	14	15	14	14,6	14,7	14,38	10	143,8	2069,5	1
Mezclado	35	35	36	34	35	37	34	34	34	35	34,90	10	349	12189	1
Laminado N° 01	60	58	58	59	60	60	59,8	58	67	60	59,98	10	599,8	36038,04	3
Laminado N° 02	59	60	65,5	58	60	57	58,6	60	60	58	59,61	10	596,1	35582,21	2
Laminado N° 03	60	58	59	60	60	60	58	65	58	60	59,80	10	598	35798	2
Laminado N° 04	54,4	61	59	59	58	60	59,8	63	62	60	59,62	10	579,2	33582,4	2
Cortado	50	49,6	49,5	50	45	50	49,5	50	50	50	49,36	10	493,6	24385,66	1
División en bloques	28	29	29,5	30	30	28	30	28,5	29	30	29,20	10	292	8532,5	1
Embolsado	30	28	29	30	30	29	25	29	29	30	28,90	10	289	8373	4
Pesado y etiquetado	44	45	46	45	44	43	45	40	45	45	44,20	10	442	19562	2

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 04, los tamaños de muestra (observaciones requeridas) resultaron menores que las observaciones preliminares, esto quiere decir que los 10 muestreos que se realizaron son suficientes para corroborar los tiempos, y de esta manera se puede identificar el presente cuello de botella en la etapa de laminado.

Una vez calculado los tiempos promedios de cada etapa mediante los muestreos, se procede a calificar o valorar el ritmo del desempeño del operario durante la jornada laboral en el proceso productivo aplicando el método de calificación de Westinghouse (*Ver tabla 05*); y esto dependerá de la valoración que se coloque a los 4 factores establecidos ya sea para destreza o habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. (*Ver figura 36*).

Tabla 05: Calificación del ritmo del desempeño del operario en la etapa productiva según factor

Etapa	Factor				TOTAL Valoración	TOTAL Factor actuación (Valoración + 1)
	Habilidad	Esfuerzo	Condición	Consistencia		
Selección y pesado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Pre - mezclado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Mezclado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Laminado N° 01	0,00	0,13	0,00	0,00	0,13	1,13
Laminado N° 02	0,00	0,13	0,00	0,00	0,13	1,13
Laminado N° 03	0,00	0,13	0,00	0,00	0,13	1,13
Laminado N° 04	0,00	0,13	0,00	0,00	0,13	1,13
Cortado	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08	1,08
División en bloques	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Embolsado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Pesado y etiquetado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se calculará el tiempo normal o tiempo básico de cada etapa productiva, el cual es el producto entre el tiempo promedio hallado y la calificación del desempeño (Valoración o calificación del operario durante la jornada laboral) y se expresa mediante la siguiente ecuación. (*Ver pag. 65*)

$$\text{Tiempo normal (minutos)} = T.\text{promedio} \times \text{Calificación del desempeño}$$

Tabla 06: Cálculo del tiempo normal de acuerdo al valor de actuación

Etapa	Tiempo promedio (minutos)	Tiempo promedio (horas)	Desempeño o ritmo en el trabajo	Tiempo normal o básico (horas)
Selección y pesado	19,68	0,33	100%	0,33
Pre - mezclado	14,38	0,24	100%	0,24
Mezclado	34,90	0,58	100%	0,58
Laminado N° 01	59,98	1,00	113%	1,13
Laminado N° 02	59,61	1,00	113%	1,13
Laminado N° 03	59,80	1,00	113%	1,13
Laminado N° 04	59,62	1,00	113%	1,13
Cortado	49,36	0,82	108%	0,89
División en bloques	29,20	0,49	100%	0,49
Embolsado	28,90	0,48	100%	0,48
Pesado y etiquetado	44,20	0,74	100%	0,74
Total				8,26

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 06, el tiempo total de una jornada laboral durante un día es de 8,26 horas aproximadamente, considerando cada desempeño o ritmo de trabajo por parte del operario, el cual varía según sus habilidades personales, el esfuerzo físico que realice; las condiciones que tenga el operador, tanto personales como en el área de trabajo y de la consistencia laboral.

Además, como se observa en la tabla 06, en donde existe mayor desempeño es en las etapas de laminado y cortado; puesto que, es en donde se necesita de mayor exigencia física.

A continuación, se calculan los tiempos estándares para cada etapa, añadiendo al tiempo normal un suplemento y holgura representado en porcentaje. Se tiene que, para la holgura personal es de 5% para las necesidades personales y 4% por fatiga básica, 2% para una holgura variable; en este caso el operario se mantiene de pie durante toda la jornada de producción, 4% para holguras por contingencias y 1% para holguras por política de la empresa, sumando un total de 14%. Con estos suplementos porcentuales, se determina el tiempo estándar o tiempo tipo de acuerdo a la siguiente fórmula. (Ver pag. 66)

$$Tiempo\ estándar\ (minutos) = T.\ normal \times (1 + Suplemento)$$

Tabla 07: Cálculo del tiempo estándar de acuerdo a los suplementos y holguras

Etapa	Tiempo promedio (horas)	Tiempo normal o básico (horas)	Suplementos y holguras	Tiempo estándar (horas)
Selección y pesado	0,33	0,33	14%	0,38
Pre - mezclado	0,24	0,24	14%	0,27
Mezclado	0,58	0,58	14%	0,66
Laminado N° 01	1,00	1,13	14%	1,29
Laminado N° 02	1,00	1,13	14%	1,29
Laminado N° 03	1,00	1,13	14%	1,29
Laminado N° 04	1,00	1,13	14%	1,29
Cortado	0,82	0,89	14%	1,01
División en bloques	0,49	0,49	14%	0,56
Embolsado	0,48	0,48	14%	0,55
Pesado y etiquetado	0,74	0,74	14%	0,84
Total				9,43

Fuente: Elaboración propia

Al desarrollar la ecuación, se obtuvieron tiempos mayores en comparación con los tiempos promedios y normales; esto quiere decir que durante todo el proceso productivo con un tiempo total estándar de 9,43 horas, el operario también se toma ciertos tiempos para descansar, para realizar sus necesidades personales, entre otras holguras equivalente al 14% del tiempo.

Los tiempos estándares son necesarios determinarlos, de manera que se obtiene una mayor exactitud con los valores observados. Además estos tiempos se emplean en la elaboración del diagrama hombre – máquina y diagrama de análisis de procesos (DAP), de los cuales se calculará el tiempo de ciclo de la etapa de laminado.

Como ya se mencionó anteriormente, la etapa de laminado es aquella que demanda mayor tiempo durante el proceso productivo. Según la tabla 07, la etapa de laminado tiene un tiempo estándar de 5,15 horas.

Para corroborar que el cuello de botella se encuentra en la etapa de laminado se registraron cada uno de los tiempos (en min/kg) de las etapas que intervienen en la fabricación de la pasta Wantan, detallándose en un diagrama de análisis de procesos para identificar los eventos y/o actividades. (Ver tabla 08).

Para cada actividad ya sea operación, transporte, espera, almacenaje e inspección se tomó en cuenta el tiempo por unidad, es decir por empaque (1 kg). En el caso de la etapa de laminado, para 80 kg se emplean aproximadamente 5 horas, esto

quiere decir que por una unidad de 1 kg se emplea 0,96 min por cada laminado (Laminado N° 01, 02, 03 y 04), sumando un total de 3.86 min durante esta etapa.

En la tabla 08, se observa que precisamente se genera un cuello de botella en la etapa de laminado debido a operaciones improductivas tales como: paros constantes de la maquina laminadora por atascos, sobrecargas, saturación y cansancio del operario y espera de carga del material.

Tabla 08: Diagrama de análisis de procesos del proceso productivo de la pasta Wantan

Ubicación: Chiclayo, Lambayeque		Resumen							
Actividad: Fabricación de pasta Wantan		Evento/Actividad		Actual					
Fecha: 03/08/2016		Operación	○	11					
Operador: Alberto	Analista: Daniel Alvear	Transporte	⇒	6					
Lugar: Área de producción		Espera	D	-					
Comentarios: En el siguiente diagrama de análisis de procesos se analiza el cuello de botella existente en el proceso productivo,		Inspección	□	6					
		Almacenamiento	▽	2					
		Tiempo para producir 1 kg (minutos)		6,87					
Descripción de los eventos	Símbolo						Cantidad	Tiempo (en minutos)	Observación
	○	⇒	D	□	◻	▽			
Almacén de materia prima						●	-	-	
Transporte de MP/insumos a área de producción		●					-	-	
Inspección y preparación de MP/insumos						●	-	-	
Carga de MP/insumos en amasadora	●						1 kg	0,075	
Amasado/Pre - mezclado de masa Wantan						●	1 kg	0,125	
Transporte hacia mezcladora		●					1 kg	0,125	
Mezclado de masa Wantan						●	1 kg	0,375	
Transporte hacia laminadora		●					1 kg	0,48375	
Laminado N° 01	●						1 kg	0,48375	Cuello de botella existente
Laminado N° 02	●						1 kg	0,9625	
Laminado N° 03	●						1 kg	0,9625	
Laminado N° 04						●	1 kg	0,9625	
Transporte masa laminada hacia mesa de corte		●					1 kg	0,025	
Cortado						●	1 kg	0,7625	
División la masa en bloques						●	1 kg	0,425	
Embolsado de pasta Wantan	●						1 kg	0,4125	
Transporte empaques hacia área de pesado		●					1 kg	0,25	
Pesado y etiquetado de empaques						●	1 kg	0,375	
Transporte hacia almacen de PT		●					1 kg	0,0625	
Almacén de producto terminado						●	-	-	

Fuente: Empresa Yuc Wa

7.1.2.4. Diagnostico por causas

Para un mejor diagnóstico se realiza una matriz, en el cual se visualiza el problema de investigación del presente estudio, los parámetros, causas respectivas, la metodología a utilizar, los logros y los indicadores principales para la evaluación y análisis del diagnóstico. (*Ver tabla 09*).

Tabla N° 09: Matriz de consistencia para el diagnóstico de la etapa de laminado

PROBLEMA DE INVESTIGACION DEL PROYECTO							
¿SE PODRÁ MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA ETAPA DE LAMINADO EN LA FABRICACIÓN DE PASTA WANTAN EN LA EMPRESA YUC WA, DISEÑANDO UN SISTEMA AUTOMATIZADO?							
ÁREA	PROBLEMA	PARAMETROS	CAUSAS	METODOLOGÍAS	TÉCNICAS / HERRAMIENTAS	LOGROS	INDICADORES
PRODUCCIÓN	Baja productividad en la etapa de laminado	Mano de obra	Saturación en el operario	Ingeniería de Métodos	Estudio del Trabajo Análisis de métodos mediante medios gráficos Estudio de tiempos Estudio de movimientos	Eliminar y/o minimizar el esfuerzo físico. Mejorar la calidad de vida del operario. Eliminar el error humano durante el proceso productivo.	Productividad mano de obra = Cantidad producida (kg) / Horas hombres trabajadas Productividad del material = Volumen de salidas (kg) / Volumen de entrada de material (kg) Producción = Tiempo base / ciclo Tiempo de ciclo Saturación en el operario = (Tiempo que el operario añade valor / Tiempo total de ciclo) * 100 Rendimiento de producción = (Producción realizada / Producción programada) * 100
		Máquina	Baja utilización de máquina Máquina laminadora antigua	Ingeniería de Métodos	Estudio del Trabajo Estudio de movimientos Análisis de presupuestos y cotizaciones para reparación de máquina	Utilizar y aprovechar la maquinaria al 100% durante el proceso productivo. Producir toda la cantidad programada durante un turno. Evitar constantemente fallas, averías, reparaciones de la máquina laminadora.	Productividad de máquina = Volumen de salidas (kg) / Entrada de máquina (Cantidad de máquinas) Productividad de energía = Producción durante un turno por máquina / kWh consumidas durante un turno por máquina Eficiencia de máquina = (Tiempo que añade valor al producto / Tiempo total de ciclo) * 100 Cantidad que se deja de producir = Tiempo improductivo x producción diaria / Tiempo que añade valor en el proceso

Fuente: Empresa Yuc Wa

A) Mano de obra

a) Causa: Saturación en el operario

- Evidencia 1: Movimientos repetitivos y agotadores

El maestro/supervisor de producción y el colaborador/operario tienen que estar en posición de pie a un costado de la máquina durante toda la producción, y el tiempo que incurre la etapa de laminado es de 4 horas.

La etapa de laminado empieza cuando el operario 1 llena la masa mezclada en un recipiente de acero inoxidable y es llevada hacia la tolva alta de alimentación de la laminadora, dejándola caer en ella. Una vez que la tolva alimentadora haya quedado completamente llena, el operario 2 (maestro de producción) enciende la máquina y empuja la masa a través de los rodillos logrando obtener una masa unificada a 10 mm de espesor. Al terminar con este ligero laminado, se procede con otro laminado, en la cual se separa la mitad de la masa y se lleva hacia la tolva de la laminadora, adhiriéndola con la otra mitad de capas, con la finalidad de un mejor unificado de la masa a 5 mm de espesor.

A continuación se proceden con las etapas de laminado a espesores de 3,5 mm y de 1,5 mm. Para cada uno de estos laminados se tendrá que levantar las capas laminadas hacia la tolva de alimentación, para luego proceder a regular los nonios¹ de acuerdo a cada espesor y finalmente laminar con la máquina, espolvoreando maicena mediante unos saquitos de tocuyo que se llenan cada cierto tiempo durante el proceso.

¹ Nonio: Es un componente de la máquina laminadora cuya finalidad es regular el espesor de las capas de masa Wantan en cada etapa de laminado.



Figura 44: Posición del maestro de producción en la etapa de laminado

Fuente: Empresa Yuc Wa



Figura 45: Posición del colaborador/operario en la etapa de laminado

Fuente: Empresa Yuc Wa

Para un mejor análisis y tener un tiempo más preciso para cada tarea en la etapa de laminado se realizó un estudio de tiempos, por lo que se hizo un segundo muestreo enfocado solo en esta etapa, observando y midiendo detalladamente el tiempo de cada tarea/actividad. En la tabla 10 se presentan los muestreos realizados aplicando también el método estadístico para calcular las observaciones requeridas, para posteriormente realizar una comparación con las observaciones preliminares.

Tabla 10: Calculo del tamaño de muestra de la etapa de laminado

Actividades del operario 1	Actividades del operario 2	x = Valor de las observaciones en minutos													Tiempo promedio (minutos)	n= Observaciones del estudio preliminar	Σ x	Σ x ²	n = Tamaño de la muestra	Tiempo promedio (segundos)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
Llenar masa a recipiente	Espolvorear maicena en tolva alimentadora	116,67	115,7	115	117	117	116	116,5	116	116	116,65	115	117	118	116,35	13	1512,5	175986,85	0	7000
Vaciar masa a tolva alimentadora	Ordenar masa en tolva	54	56	56	55,5	55,5	55	54,5	54,5	57	55	59	54	54	55,35	13	719,5	39846,25	1	3270
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,031	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,031	13	0,406	0,012774	12	2
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Empujar masa a rodillos	33,33	33	33	34	35	33,5	33	31	33,4	33,36	35	32	32	33,20	13	431,59	14343,589	2	2000
Limpiar costados de masa laminada	Presionar botón de paro (rojo)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,030	0,03	0,03	0,03	0,03	0,025	0,03	13	0,385	0,011425	3	2
	Esperar a operario 1	0,3	0,29	0,29	0,3	0,3	0,3	0,29	0,28	0,28	0,28	0,3	0,28	0,3	0,29	13	3,807	1,1155643	1	18
Levantar y llevar parte de masa a tolva	Levantar y llevar parte de masa a tolva	0,167	0,16	0,15	0,155	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,2	0,16	0,15	0,15	0,16	13	2,052	0,324414	3	10
Llenar espolvoreador con maicena	Regular nonios a espesor de 5 mm	2	1,96	1,8	1,58	1,66	1,45	1,8	1,8	1,89	1,66	2	1,8	1,8	1,78	13	23,2	41,7238	12	60
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,030	0,03	0,030	0,03	0,04	0,03	0,03	0,030	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,031	13	0,4	0,012338	4	2
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Unir y espolvorear las dos partes de masa laminada	33,33	33	34	35	33,3	31	30	30	31,9	31,8	33,33	33,3	33,5	32,58	13	423,49	13823,657	3	2000
Limpiar costados de masa laminada	Presionar botón de paro (rojo)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,031	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,030	13	0,396	0,012074	1	2
	Esperar a operario 1	0,3	0,29	0,29	0,28	0,3	0,3	0,28	0,3	0,28	0,28	0,28	0,28	0,3	0,29	13	3,79	1,1056533	1	18
Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	0,16	0,16	0,15	0,160	0,17	0,16	0,16	0,17	0,16	0,2	0,16	0,17	0,15	0,16	13	2,087	0,335489	2	10
Llenar espolvoreador con maicena	Regular nonios a espesor de 3,5 mm	1,96	2	2	1,96	1,66	1,56	1,8	1,8	1,89	2	2	1,8	1,8	1,86	13	24,23	45,4045	9	60
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,030	0,03	0,028	0,028	0,04	0,03	0,03	0,029	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,030	13	0,3885	0,0116593	7	2
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Alzar capas de lámina con brazo derecho y con brazo izquierdo espolvorear maicena	35	33	33	35	33,3	31	30	30	31,9	33	33,33	33	34	32,73	13	425,53	13960,389	4	2000
Limpiar costados de masa laminada	Presionar botón de paro (rojo)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,036	0,03	0,03	0,032	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,031	13	0,403	0,012533	5	2
	Esperar a operario 1	0,3	0,29	0,29	0,28	0,28	0,3	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	13	3,7477	1,0809008	1	18
Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	0,167	0,16	0,15	0,155	0,15	0,15	0,15	0,164	0,16	0,2	0,16	0,17	0,15	0,16	13	2,036	0,31951	3	10
Llenar espolvoreador con maicena	Regular nonios a espesor de 1,5 mm	2	1,8	1,97	1,96	1,66	1,45	1,8	1,8	1,89	1,66	2	1,95	1,8	1,83	13	23,74	43,6708	12	60
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,028	0,03	0,027	0,03	0,04	0,028	0,03	0,030	0,03	0,031	0,03	0,03	0,026	0,030	13	0,388	0,011648	9	2
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Alzar capas de lámina con brazo derecho y con brazo izquierdo espolvorear maicena	33	33	33	33	33,3	33	30	30	31,9	33	33,33	33,3	33,5	32,57	13	423,36	13804,528	2	2000

Fuente: Empresa Yuc Wa

Según la tabla 10, los tamaños de muestra (observaciones requeridas) resultaron menores que las observaciones preliminares, esto quiere decir que los 13 muestreos que se realizaron son suficientes para poder calcular un tiempo promedio del valor de las observaciones más exacto por cada tarea según operarios.

Se procede a calificar el desempeño del trabajador durante el proceso productivo aplicando el método de calificación de Westinghouse.

Tabla 11: Calificación del ritmo del desempeño del operario en la etapa de laminado según factor

Factor	Variable	Significado	Valoración
Habilidad o destreza	B2	Regular	0,00
Esfuerzo o empeño	A1	Excesivo	+ 0,13
Condiciones	D	Regular	0,00
Consistencia	D	Regula	0,00
Total			0,13
Factor de actuación (Total +1)			1,13

Fuente: Elaboración propia

Según la calificación por factor, se tiene que el operario tiene una habilidad regular de 0,00; un esfuerzo excesivo de +0,13 debido a movimientos repetitivos y agotadoras durante las actividades; una condición regular en el área de trabajo de 0,00 puesto a que no hay una ventilación e iluminación adecuada y una consistencia regular de 0,00 mientras labora el operario, sumando un total de 0,13 y con un factor de actuación de 1,13.

Con estos datos se puede calcular el tiempo normal mediante la siguiente fórmula:

Si:

$$Tiempo\ normal\ (minutos) = T.\ promedio \times Calificación\ del\ desempeño$$

Entonces, para el caso de la primera tarea: Llenar masa a recipiente:

$$Tiempo\ normal\ (minutos) = 116,35 \times 113\% = 131,47\ minutos$$

Al desarrollar la ecuación, se obtuvo un tiempo de 131,47 minutos de tiempo normal para la primera tarea de la etapa de laminado; esto quiere decir que el trabajador llena masa a recipiente en un tiempo de 131,47 minutos a un ritmo de desempeño mayor de lo normal. Lo mismo se realiza para las siguientes tareas/actividades y se resume en la tabla 12.

A continuación, se calcula los tiempos estándares para cada actividad de la etapa de laminado, añadiendo al tiempo normal un suplemento y holgura representado en porcentaje, para lo cual se empleará la siguiente ecuación:

Si:

$$\text{Tiempo estándar (minutos)} = T.\text{normal} \times (1 + \text{Suplemento})$$

Entonces, para el caso de la primera tarea: Llenar masa a recipiente:

$$\text{Tiempo estándar (minutos)} = 116,35 \times (1 + 14\%) = 149,87 \text{ minutos}$$

Al desarrollar la ecuación, se obtuvo un tiempo de 149,87 minutos de tiempo estándar para la primera tarea de la etapa de laminado; esto quiere decir que al realizar esta actividad en un tiempo total estándar de 149,87 minutos, el operario también se toma ciertos tiempos para descansar, para realizar sus necesidades personales, entre otras holguras equivalente al 14% del tiempo. Esta misma ecuación se utiliza también para todas las tareas y se resumen en la tabla 12.

Los tiempos estándares son necesarios determinarlos, de manera que se obtiene una mayor exactitud con los valores observados. Además estos tiempos se emplean en la elaboración del diagrama hombre – máquina y diagrama de análisis de procesos (DAP), de los cuales se calculará el tiempo de ciclo de la etapa de laminado.

La elaboración de un diagrama hombre – máquina es necesario para la visualización y evaluación de la relación que existe entre los tiempos del operario y de la máquina laminadora, de esta manera se podrán determinar ciertos indicadores, como la saturación del operario y la eficiencia de la máquina laminadora. En la figura 46 se presenta el diagrama hombre – máquina de la etapa de laminado de pasta Wantan.

Tabla 12: Cuadro resumen de los tiempos normales y estándares

Actividades del operario 1	Actividades del operario 2	Tiempo promedio (minutos)	Calificación de ritmo del desempeño o velocidad en el trabajo	Tiempo normal (minutos)	Holgura o suplemento	Tiempo estándar (minutos)
Llenar masa a recipiente	Espolvorear maicena en tolva alimentadora	116,35	1,13	131,47	14%	149,88
Vaciar masa a tolva alimentadora	Ordenar masa en tolva	55,35	1,13	62,54	14%	71,30
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,03	1,13	0,04	14%	0,04
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Empujar masa a rodillos	33,20	1,13	37,52	14%	42,77
Limpiar costados de masa laminada	Presionar botón de paro (rojo)	0,03	1,13	0,03	14%	0,04
	Esperar a operario 1	0,29	1,13	0,33	14%	0,38
Levantar y llevar parte de masa a tolva	Levantar y llevar parte de masa a tolva	0,16	1,13	0,18	14%	0,20
Llenar espolvoreador con maicena	Regular nonios a espesor de 5 mm	1,78	1,13	2,02	14%	2,30
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,03	1,13	0,03	14%	0,04
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Unir y espolvorear las dos partes de masa laminada	32,58	1,13	36,81	14%	41,96
Limpiar costados de masa laminada	Presionar botón de paro (rojo)	0,03	1,13	0,03	14%	0,04
	Esperar a operario 1	0,29	1,13	0,33	14%	0,38
Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	0,16	1,13	0,18	14%	0,21
Llenar espolvoreador con maicena	Regular nonios a espesor de 3,5 mm	1,86	1,13	2,11	14%	2,40
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,03	1,13	0,03	14%	0,04
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Alzar capas de lámina con brazo derecho y con brazo izquierdo espolvorear maicena	32,73	1,13	36,99	14%	42,17
Limpiar costados de masa laminada	Presionar botón de paro (rojo)	0,03	1,13	0,04	14%	0,04
	Esperar a operario 1	0,29	1,13	0,33	14%	0,37
Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	0,16	1,13	0,18	14%	0,20
Llenar espolvoreador con maicena	Regular nonios a espesor de 1,5 mm	1,83	1,13	2,06	14%	2,35
Esperar para acopio de masa	Presionar botón de marcha (verde)	0,030	1,13	0,03	14%	0,04
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	Alzar capas de lámina con brazo derecho y con brazo izquierdo espolvorear maicena	32,57	1,13	36,80	14%	41,95

Fuente: Empresa Yuc Wa

Etapa: Laminado

Diagramador: Daniel Alvear

Máquina tipo: Laminadora semiautomática

Departamento: Producción

Tiempo de ciclo: 18548" (Para 80 kg)

Operario 1	Tiempo (s)		Operario 2	Tiempo (s)	Laminadora	Tiempo (s)
Llenar masa a recipiente	7000		Espolvorear maicena en tolva alimentadora	5		10272
			Llenar masa a recipiente	6995		
Vaciar masa a tolva alimentadora	3270		Ordenar masa en tolva	3270	Tiempo muerto	
Esperar para acopio de masa	2		Presionar botón de marcha (verde)	2		
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	2000		Empujar masa a rodillos	2000	Laminado	2000
Limpiar costados de masa laminada	20		Presionar botón de paro (rojo)	2		92
			Esperar a operario 1	18		
Levantar y llevar parte de masa a tolva	10		Levantar y llevar parte de masa a tolva	10	Tiempo muerto	
Llenar espolvoreador con maicena	60		Regular nonios a espesor de 5 mm	60		
Esperar para acopio de masa	2		Presionar botón de marcha (verde)	2		
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	2000		Unir y espolvorear las dos partes de masa laminada	2000	Laminado	2000
Limpiar costados de masa laminada	20		Presionar botón de paro (rojo)	2		92
			Esperar a operario 1	18		
Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	10		Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	10	Tiempo muerto	
Llenar espolvoreador con maicena	60		Regular nonios a espesor de 3,5 mm	60		
Esperar para acopio de masa	2		Presionar botón de marcha (verde)	2		
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	2000		Alzar capas de lámina con brazo derecho y con brazo izquierdo espolvorear maicena	2000	Laminado	2000
Limpiar costados de masa laminada	20		Presionar botón de paro (rojo)	2		92
			Esperar a operario 1	18		
Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	10		Levantar y llevar masa hacia tolva alimentadora	10	Tiempo muerto	
Llenar espolvoreador con maicena	60		Regular nonios a espesor de 1,5 mm	60		
Esperar para acopio de masa	2		Presionar botón de marcha (verde)	2		
Jalar y ordenar masa en mesa de recojo	2000		Alzar capas de lámina con brazo derecho y con brazo izquierdo espolvorear maicena	2000	Laminado	2000

Figura 46: Diagrama Hombre – Máquina: Etapa laminado

Fuente: Empresa Yuc Wa

Según Vásquez (2012), establece un indicador esencial para corroborar el cansancio del operario durante su trabajo respectivo. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Saturación en el operario} = \left(\frac{\text{Tiempo que el operario añade valor}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \right) \times 100$$

Cálculo de la saturación de los operarios:

$$\text{Saturación en el operario 1 y 2} = \left(\frac{18548 \text{ s}}{18548 \text{ s}} \right) \times 100 = 100\%$$

Este indicador muestra que los operarios están saturados al 100% durante toda la etapa de laminado, al realizar movimientos repetitivos y agotadores.

Además, la productividad de mano de obra se reduce notablemente al transcurrir las horas de trabajo por la saturación en el operario. El 27/04/2016 se registró la cantidad total producida durante la etapa de laminado, el cual fue de 80 kg. Por otro lado, se especificó el volumen de producción por hora y la cantidad de operarios que incurren en el proceso productivo. Esta disminución de productividad se corrobora en la figura 47 y en la tabla 13.

Según Vásquez (2012), la productividad es la producción por unidad de recurso empleado y se representa de la siguiente manera:

Cálculo de la productividad de la mano de obra:

$$\text{Productividad MO} = \frac{\text{Cantidad producida (kg)}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

Donde:

Horas hombre trabajadas = 4 horas para la etapa de laminado

Tabla 13: Cálculo de la productividad de mano de obra

Tiempo de laminado	Cantidad Producida (kg)	Horas hombre trabajadas	Cantidad de operarios	Productividad de mano de obra
2:00 am - 3:00 am	30	1	2	15
3:00 am – 4:00 am	25	1	2	12.5
4:00 am – 5:00 am	10	1	2	5
5:00 am – 6:00 am	15	1	2	7.5
Productividad total	80	4	2	10

Fuente: Empresa Yuc Wa

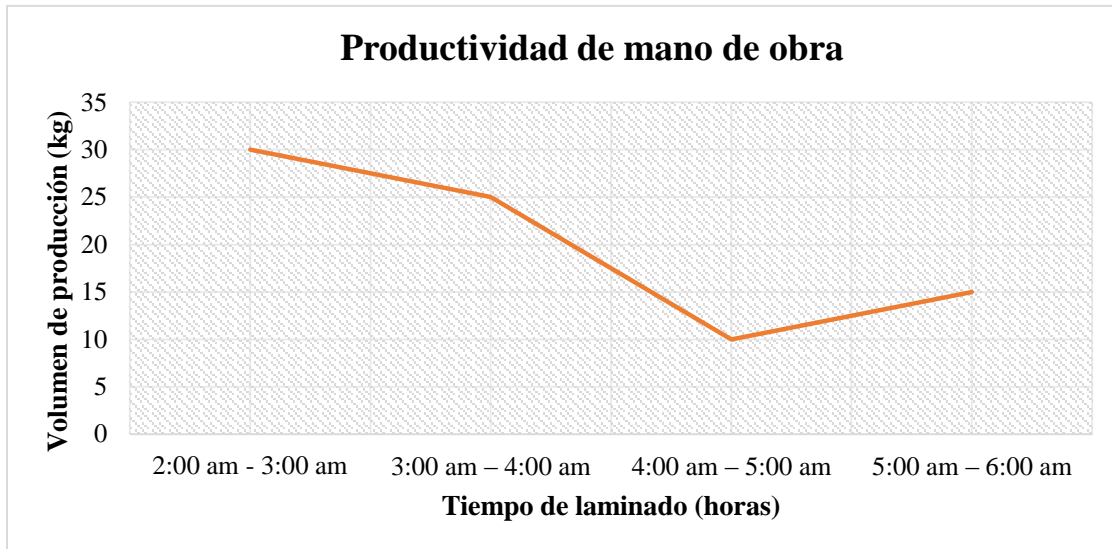


Figura 47: Gráfico de líneas: Productividad Mano de obra

Fuente: Empresa Yuc Wa

Por otro lado, uno de los movimientos que exige demasiado esfuerzo físico en las muñecas, codos y la columna vertebral es el levantar casi 30 kg aproximadamente de masa laminada, desde la mesa de recojo hacia la mesa alta de alimentación utilizando los antebrazos (*Ver Figura 48*) esto conlleva a problemas de salud graves afectando la calidad de vida del operario y por ende se registraron inasistencias laborales (*Ver tabla 14*).



Figura 48: Movimiento repetitivo y agotador de levantar la masa de Wantan

Fuente: Empresa Yuc Wa

- **Evidencia 2: Inasistencias del operario por lesiones durante la etapa de laminado**

Tabla 14: Registro de inasistencias del operario durante el año 2016

Meses	Cantidad de inasistencias (días)	Razón	Observaciones
Enero	5	Lesión en la región cervical de la columna	Asistencia y descanso médico
Febrero	5	Dolor en los codos y lesión en cervicales	Chequeo y descanso médico.
Marzo	5	Dolor en el cuello	Asistencia y descanso médico
Abril	5	Dolor en región cervical	Chequeo y descanso médico.
Mayo	5	Dolor en región lumbar	Chequeo y descanso médico.
Junio	5	Lesión y dolor en los cervicales	Chequeo y descanso médico
Julio	5	Dolor en los codos y hombros	Asistencia y descanso médico
Agosto	5	Dolor en los antebrazos y codos	Asistencia y descanso médico
Setiembre	5	Dolor en los codos	Chequeo y descanso médico.
Octubre	5	Dolor en toda la columna	Chequeo y descanso médico.
Noviembre	5	Lesión en los codos	Asistencia y descanso médico
Diciembre	5	Dolor en los hombros y codos	Chequeo y descanso médico.

Fuente: Empresa Yuc Wa

De acuerdo a la tabla 14, en el año 2016 se registraron 60 faltas por parte del operario, debido a las lesiones que sufrió por el mal levantamiento de un

excesivo peso de masa wantan sin las condiciones adecuadas, por lo cual tuvo asistencia, chequeo y descanso médico.

Al ocurrir una inasistencia del operario (colaborador), el operario 2 (maestro – supervisor) tiene que producir sin apoyo de nadie aproximadamente 80 a 90 kg de pasta Wantan, prolongándose el tiempo en la etapa de laminado, de 5 horas se incrementa a 8 horas; esto a su vez también conlleva a problemas de salud.

Entonces:

Si:

5 horas → 80 kg de pasta wantan

Por inasistencia de operario:

8 horas → 80 kg de pasta wantan

Se procede a calcular la cantidad de pasta Wantan que se deja de producir durante el tiempo que se prolonga en el proceso productivo por falta de personal.

En una producción normal, laborando con dos operarios, se tiene un rendimiento del 100%; al faltar uno de ellos el rendimiento del maestro – supervisor disminuye notablemente en un 50% llevándose todo el esfuerzo físico durante la jornada.

Aplicando una regla de tres compuesta:

*2 operarios * 100% → 5 horas → 80 kg de pasta wantan*

*1 operario * 50% → 8 horas → X kg de pasta wantan*

$$\frac{2 \text{ operarios} * 100\% * 5 \text{ horas}}{1 \text{ operario} * 50\% * 8 \text{ horas}} = \frac{80 \text{ kg}}{X \text{ kg}}$$

X = 32 kg producidos en 8 horas con un rendimiento de 50%

Entonces, calculando la cantidad que se dejaría de producir en 3 horas :

$$X = 80 \text{ kg} - 32 \text{ kg}$$

X0 = 48 kg se dejan de producir por inasistencias

Según la tabla 14, del registro anual de asistencias del operador del año 2016, se registraron 60 inasistencias.

Por lo tanto:

Si:

Inasistencias del operario = 60 faltas

Cantidad que se deja de producir por turno = 48 kg de pasta Wantan

Cant. que no se produce por inasist. = Inasistencias x Cant. que no se produce por turno

Cant. que no se produce por inasist. = 60 inasistencias x 48 kg

Entonces:

Cant. que se deja de producir = 2880 kg /año

Otro de los movimientos repetitivos es que se llena la masa fresca de la mezcladora (Ver Figura 49) utilizando las manos llevándola a través de un pequeño recipiente de aluminio hacia la laminadora una y otra vez.



Figura 49: Movimiento repetitivo en llevar masa hacia laminador

Fuente: Empresa Yuc Wa

Según la producción del 27/04/2016 se registraron 45 paros de máquina, lo cual, el estar deteniendo la máquina durante el proceso conlleva a originarse

tiempos muertos. Además existe una gran cantidad de veces repetitivas en cuanto a los movimientos de llevar la masa hacia la tolva de alimentación de la laminadora y el levantar la masa a esta misma.

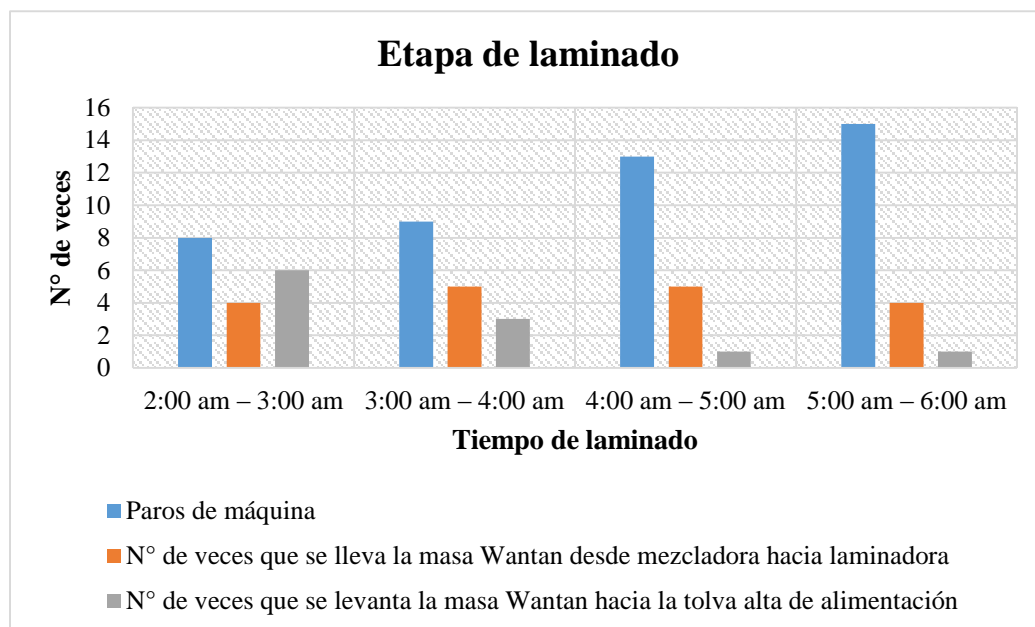


Figura 50: Gráfico de barras (Etapa de laminado registrado el 27/04/2016)

Fuente: Empresa Yuc Wa

Tabla 15: Etapa de laminado registrado el 27/04/2016

Hora	Cantidad producida (kg)	Paros de máquina	N° de veces que se lleva la masa Wantan desde mezcladora hacia laminadora	N° de veces que se levanta la masa Wantan hacia la tolva alta de alimentación
2:00 am – 3:00 am	30	8	4	6
3:00 am – 4:00 am	25	9	5	3
4:00 am – 5:00 am	10	13	5	1
5:00 am – 6:00 am	15	15	4	1
Total	80	45	18	11

Fuente: Empresa Yuc Wa

El operario, al estar de pie, levantando 30 kg y estar en constante movimiento, provoca la saturación en el operario y como consecuencia que la productividad de mano de obra disminuya. Al analizar la figura 50 y la tabla 15 se observa

que al pasar las horas, el operario llega a apagar la máquina laminadora hasta por decimoquinta vez a una producción de 15 kg durante la última hora de la etapa de laminado; esto se realiza por el cansancio del operario ya que se trabajan de 8 horas seguidas; también por el ajuste de los nonios de acuerdo a los espesores del laminado. Con respecto al número de veces que se lleva la masa hacia la laminadora no existe mucha variación a comparación del otro movimiento de levantar repetitivamente hacia la tolva, lo cual conlleva realizar demasiado esfuerzo físico, por lo tanto el número de veces al realizar en esta actividad, disminuye notablemente debido a que necesitan cierto tiempo de descanso para reducir la fatiga y puedan continuar con sus labores normalmente.

Tabla 16: Producción pasta Wantan durante el año 2016

Meses	Producción programada (kg)	Producción realizada (kg)	Producción no realizada (kg)
Enero	1800	1450	350
Febrero	2000	1600	400
Marzo	1750	1400	350
Abril	1400	1330	70
Mayo	1900	1500	400
Junio	1750	1500	250
Julio	1800	1751	49
Agosto	1600	1300	300
Setiembre	1600	1100	400
Octubre	1600	1200	400
Noviembre	1500	1100	500
Diciembre	2100	1700	400
Total	20800	16931	3869

Fuente: Empresa Yuc Wa

Según la tabla 16, se muestra que hay una producción programada anual de 20800 kg de pasta Wantan y una producción no realizada anual de 3869 kg, la cual no se llega a realizar debido a la baja productividad que existe en la etapa de laminado.

Por otro lado, es necesario conocer el rendimiento de producción de acuerdo a un periodo de tiempo; para este caso será calculado anualmente (año 2016). Además, el rendimiento se representa en porcentaje e indica si la producción programada se cumple a cabalidad.

De acuerdo con la tabla 16, se extraen los datos a utilizar y son el total de la producción programada y la producción realizada, representados en kg.

Entonces:

Si:

Producción programada anual = 20800 kg

Producción realizada anual = 16931 kg

Por lo tanto:

$$\text{Rendimiento de producción (\%)} = \frac{\text{Producción realizada}}{\text{Producción programada}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento de producción (\%)} = \frac{16931 \text{ kg}}{20800 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento de producción (\%)} = 81,40 \%$$

El rendimiento de producción resultó menor que el 100%; esto quiere decir que no se cumple con la producción programada del día, y como consecuencia existe una producción no realizada que equivale a 18,61%. Este incumplimiento se debe a la baja productividad de la etapa de laminado, lo cual se genera por distintas causas, como la saturación en el operario y la ineficiencia de la máquina laminadora.

- **Productividad de materiales o eficiencia física**

Es necesario analizar también la productividad de materiales o la eficiencia física de la materia prima principal que se utiliza para la elaboración de la pasta Wantan, en este caso es la harina de trigo especial. (Ver figura 51)



Figura 51: Saco de harina especial de 50 kg

Fuente: Empresa Yuc Wa

Para el cálculo de este indicador, en primer lugar se tiene que conocer la cantidad de harina de trigo que se le añade a la mezcla de Wantan, es por ello que en la tabla 17 se muestran las cantidades respectivas de cada material a utilizar.

Tabla 17: Cantidad de MP e insumos por cantidad de pasta Wantan establecida

Cantidad pasta Wantan (kg)	MP/insumos (kg)						
	Harina especial de trigo	Agua filtrada	Huevos selectos	Benzoato de sodio	Antimoho	Sal	Maicena
1	0,79	0,2	0,06	0,002	0,0013	0,003	0,017
5	3,97	1	0,3	0,01	0,0066	0,015	0,088
10	7,94	2	0,60	0,02	0,0133	0,03	0,178
20	15,87	4	1,20	0,04	0,0267	0,06	0,356
30	23,81	6	1,80	0,06	0,04	0,09	0,533
40	31,75	8	2,40	0,08	0,05	0,12	0,71
50	39,68	10	3	0,1	0,07	0,15	0,89
60	47,64	12	3,6	0,12	0,084	0,18	1,068
70	55,30	14	4,2	0,14	0,098	0,21	1,246
80	63,20	16	4,8	0,16	0,112	0,24	1,424

Fuente: Empresa Yuc Wa

En el diagrama hombre – máquina de la figura 46, se tiene una producción de 80 kg de pasta Wantan, por lo tanto para este volumen de producción la cantidad de harina de trigo a utilizar es de 63,20 kg.

Cálculo de la productividad de material o eficiencia física:

$$Productividad_{\text{harina de trigo}} = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$$

Entonces:

$$Productividad_{\text{harina de trigo}} = \frac{80 \text{ kg de pasta Wantan}}{63,20 \text{ kg de harina de trigo}}$$

$$Productividad_{\text{harina de trigo}} = 1,27 \frac{\text{kg de pasta Wantan}}{\text{kg de harina}}$$

De acuerdo con el resultado, se tiene que por cada kilogramo de harina se producen 1,27 kg de pasta Wantan; es decir, la salida útil de MP es de 1,27 kg. Más adelante este valor se comparará con otro resultado utilizando la misma fórmula, el cual se calculará después de realizar el diseño automatizado.

- **Impacto económico:**

a) **Costo de producción por ausencia de operario:**

La empresa genera pérdidas por las inasistencias de un operario al sufrir alguna lesión debido a los movimientos inadecuados en la etapa de laminado.

Cálculo del costo de producción anual por ausencia del operario:

Pérdida anual por ausencia = Cant. que se deja de producir x precio de venta

$$Pérdida \text{ anual por ausencia} = 2880 \text{ kg} \times 10 \text{ soles}$$

$$Pérdida \text{ anual por ausencia} = 28800 \text{ soles/año}$$

b) Pérdidas por ventas no realizadas:

Por otro lado, el precio de venta de 1 kg de pasta Wantan es de 10 soles. En la tabla 18 se presenta la cantidad total representada en soles de las pérdidas por las ventas no realizadas durante todo el año 2016, la empresa Yuc Wa perdió 38 690,00 soles por tener una producción no realizada.

Tabla 18: Ventas pasta Wantan durante el año 2016

Meses	Ventas Mensuales (kg)	Ventas Mensuales (S/)	Ventas no realizadas (kg)	Ventas no realizadas (S/)
Enero	1450	14 500,00	350	3 500,00
Febrero	1600	16 000,00	400	4 000,00
Marzo	1400	14 000,00	350	3 500,00
Abril	1330	13 300,00	70	700,00
Mayo	1500	15 000,00	400	4 000,00
Junio	1500	15 000,00	250	2 500,00
Julio	1751	17 510,00	49	490,00
Agosto	1300	13 000,00	300	3 000,00
Setiembre	1100	11 000,00	400	4 000,00
Octubre	1200	12 000,00	400	4 500,00
Noviembre	1100	11 000,00	500	5 000,00
Diciembre	1700	17 000,00	400	4 000,00
Total	16931	169 310,00	3869	38 690,00

Fuente: Empresa Yuc Wa

B) Maquinaria

a) Causa 1: Baja utilización de máquina

Evidencia 1: Poco uso de la máquina durante la producción:

Según Vásquez (2012), eficiencia de una maquina “X”, en este caso de una maquina laminadora semiautomática; se representa como la división entre el tiempo productivo del equipo y el tiempo total del ciclo de la etapa.

Cálculo de la eficiencia de la máquina laminadora:

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{\text{Tiempo que añade valor al producto}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \right) \times 100$$

Estos datos se extraen del diagrama hombre – máquina ubicado en la figura 46.

Tiempo que añade valor al producto = 8000 s

Tiempo total del ciclo = 18548 s

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{8000 \text{ s}}{18548 \text{ s}} \right) \times 100 = 43,13 \%$$

Según el cálculo de la eficiencia de la máquina, solo se utiliza el 43,13% del ciclo para laminar 80 kg de masa Wantan, equivalente a 8000 segundos del tiempo de ciclo

Este indicador muestra que la laminadora semiautomática no se está aprovechando eficientemente, ya que se utiliza menos del 50%.

Para la producción de pasta Wantan se utiliza una laminadora semiautomática conforme se muestra en la figura 52 y en la tabla 19 se indican las especificaciones técnicas de la máquina.

Tabla 19: Ficha técnica Laminadora Semiautomática

Ficha técnica laminadora semiautomática	
Marca	H.L.
Modelo	MT 30
Peso	280 kg
Año de instalación	Enero - 1980
Longitud de rodillos	25 cm
Diámetro de rodillos	10 cm
Voltaje	220 v – 60 hz
Velocidad	50 – 60 rpm
Potencia	1,5 kW
Capacidad diseñada	85 kg
Capacidad por hora	25 kg – 30 kg
Dimensiones	
Alto	90 cm
Ancho	40 cm
Largo	35 cm

Fuente: Empresa Yuc Wa



Figura 52: Laminadora Semiautomática

Fuente: Empresa Yuc Wa

- Productividad de máquina

Otro indicador importante es la cantidad de pasta Wantan (kg) que se produce en relación a la cantidad de máquinas que se utilizan en la etapa de laminado. En este caso se produce operando solo una máquina laminadora.

Además, se sabe que el volumen de producción es de 80 kg de pasta Wantan (Ver figura 46).

Cálculo de la productividad de máquina:

$$Productividad_{máquina} = \frac{Volumen\ de\ salidas}{Entrada\ de\ máquina}$$

Entonces:

$$Productividad_{máquina} = \frac{80\ kg\ de\ pasta\ Wantan}{1\ máquina\ laminadora}$$

$$Productividad_{máquina} = 80\ kg\ de\ pasta\ Wantan$$

Según el resultado de la productividad de máquinas, se producen 80 kg de pasta Wantan con la operación de una máquina laminadora. De la misma manera, se realizará una comparación de indicadores al finalizar el diseño de la máquina laminadora automatizada.

Por otro lado, según la ficha técnica de la máquina laminadora semiautomática, esta opera con una potencia de 1,5 kW y con un voltaje de 220 v - 60 hz.

Las ventas crecen en los meses donde se ubican los días festivos como lo es en febrero, mayo, julio y diciembre; por lo tanto la producción durante esos meses es mayor, llegando a laborar hasta 30 días/mes, puesto a que lo normal es 24 días/mes.

Como no existe una cantidad de días laborales exactos, se considera tomar en cuenta el mayor número de días que se ha laborado durante un mes. De esta manera se podrá hallar la cantidad de energía real que la máquina laminadora debería utilizar, expresados en kWh al año.

Cabe resaltar también que en un día de producción se trabajan 8 horas/turno, y en el día solo existe un turno.

Cálculo de potencia real (kWh) que se debería utilizar durante un año:

$$\text{Horas laborales al año} = 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 2880 \text{ h}$$

$$\text{Potencia real durante un año} = 1,5 \text{ kW} \times 2880 \frac{\text{horas}}{\text{año}} = 4320 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Además, es necesario calcular la productividad de energía; es decir, el consumo de energía para producir un kilogramo de pasta Wantan; para ello se calcula en primer lugar los kWh consumidos por la maquina laminadora durante un turno.

Se sabe que la potencia de la maquina laminadora es de 1,5 kW (Ver tabla 19) y para la etapa de laminado se labora 5,15 horas aproximadamente (Ver figura 46).

Si:

Potencia de máquina laminadora = 1,5 kW

Tiempo de ciclo en la etapa de laminado = 5,15 horas

Entonces:

Para los kWh consumidos por la maquina laminadora por un turno:

$$kWh \text{ consumidos por turno} = 1.5 \text{ kW} \times 5,15 \text{ horas}$$

$$kWh \text{ consumidos por turno} = 7,725 \text{ kWh}$$

Para calcular este consumo de energía se sabe que, según la figura 46, en el diagrama hombre – máquina se analizó cada operación en base a una producción de 80 kg durante un turno.

Si:

$$\text{Producción base} = 80 \text{ kg}$$

Por lo tanto, para la productividad de energía::

$$\text{Productividad de energía} = \frac{\text{Kg producidos durante un turno por máquina}}{\text{kWh consumidos durante un turno por máquina}}$$

$$\text{Productividad de energía} = \frac{80 \text{ kg}}{7,725 \text{ kWh}}$$

$$\text{Productividad de energía} = 11 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

Según el resultado, se utiliza 1 kWh para producir 11 kg de pasta Wantan durante un turno.

Para determinar la potencia útil de la maquina laminadora durante un año es necesario saber que: Si para producir 80 kg de pasta Wantan se utilizan 8000 segundos del tiempo útil de la máquina (Ver figura 46), por lo tanto estableciendo una relación se puede calcular el tiempo para producir 1 kg.

Entonces:

$$\begin{aligned} 8000 \text{ segundos de tiempo útil de la máquina laminadora} &\rightarrow 80 \text{ kg} \\ X \text{ segundos de tiempo útil de la máquina laminadora} &\rightarrow 1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 100 \text{ segundos para producir 1 kg de pasta Wantan}$$

Por otro lado, en base a la tabla 16, durante el año 2016 se produjo anualmente aproximadamente 18731 kg de pasta Wantan.

Cálculo de potencia útil (kWh) en un año:

Si:

100 segundos de tiempo útil de la máquina laminadora → 1 kg
X segundos de tiempo útil de la máquina laminadora → 18731 kg

$$X = 1873100 \text{ segundos}$$

Entonces:

$$X = 1873100 \text{ segundos} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ segundos}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}$$

$$X = 520,31 \text{ horas}$$

Por lo tanto:

$$\text{Potencia útil} = 1,5 \text{ kW} \times 520,31 \text{ horas} = 780,465 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Finalmente, el cálculo de la potencia perdida en un año:

$$\text{Potencia perdida} = 4320 \text{ kWh} - 780,465 \text{ kWh} = 3539,535 \text{ kWh/año}$$

- **Evidencia 2: Cantidad de pasta Wantan que se deja de producir por la baja utilización de la máquina laminadora**

Según la figura 46, en el diagrama hombre – máquina se visualiza detalladamente cada una de las operaciones que intervienen en la etapa de laminado y se puede apreciar que existe una gran cantidad de tiempos muertos por parte de la máquina laminadora. Estos tiempos muertos se generan por algunas operaciones improductivas: paros constantes por atascos, sobrecargas, saturación, cansancio del operario, espera de carga del material y principalmente por el levantamiento constante manual de las láminas de Wantan hacia la tolva alimentadora.

Entonces, para calcular esta cantidad que se deja de producir por la existencia, se establece la siguiente relación:

$$\text{Cant. que se deja de producir} = \frac{T. \text{ que no añade valor en el proceso} \times \text{Prod. diaria}}{\text{Tiempo que añade valor en el proceso}}$$

Según el diagrama hombre – máquina ubicado en la figura 46, la maquina laminadora tiene un tiempo productivo total de 8000 segundos que equivale a 2,22 horas y el tiempo improductivo es de 10548 segundos que equivale a 2,93 horas.

En base a estos datos se procede a calcular la cantidad que se deja de producir por la presencia de los tiempos muertos.

Si:

Tiempo que no añade valor durante el proceso = 10548 segundos

Tiempo que añade valor durante el proceso = 8000 segundos

Producción base = 80 kg de pasta Wantan

Por lo tanto:

$$\text{Cantidad que se deja de producir al día} = \frac{10548 \text{ segundos} \times 80 \text{ kg}}{8000 \text{ segundos}}$$

Cantidad que se deja de producir al día = 105,48 kg de pasta Wantan/día

$$\text{Cantidad que se deja de producir al año} = \frac{105,48 \text{ kg}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}}$$

Cantidad que se deja de producir al año = 30378,24 kg de pasta Wantan/año

b) Causa 2: Maquina laminadora antigua

Evidencia: Cambio constante de piezas en la máquina laminadora:

La máquina laminadora data de los años 80 operando desde que la empresa inicio con sus actividades, hace 40 años aproximadamente. Debido a ello, los ejes de los rodillos, bocinas, piñones, poleas, sufren desgastes y el motor se recalienta durante la etapa de laminado; esto en su momento no repercutía de manera muy grave, pero al pasar los años se han visto imperfecciones y deterioros en las piezas que ralentiza el proceso de producción; y para ello se le brinda un sinnúmero de mantenimientos (ajustes, calibración, cambios de piezas/partes) por el operario con herramientas básicas, acciones que se realizan al finalizar la producción. Una vez que se realiza el cambio de las piezas, la máquina puede funcionar durante un corto periodo de tiempo y nuevamente requiere un cambio de piezas.

A pesar que se tiene operando la laminadora en tales condiciones, no se ha optado por una implementación de maquinaria mucho más sofisticada.



**Figura 53: Componentes de la máquina laminadora
(Bocinas de bronce grafitado)**

Fuente: Empresa Yuc Wa



**Figura 54: Cambio de partes/componentes de la
máquina laminadora**

Fuente: Empresa Yuc Wa

Tabla 20: Cambio de partes de la máquina laminadora en el año 2016

Meses	N° de veces que se realizó un cambio	Cantidad de horas empleadas	Componentes/partes cambiadas
Enero	6	2 horas	Bocinas (6 pares)
Abril	4	2 horas	Bocinas (4 pares)
Julio	5	2 horas	Bocinas (5 pares)
Octubre	7	2 horas	Bocinas (7 pares)
Diciembre	1	2 horas	1 Motor Trifásico

Fuente: Empresa Yuc Wa

Impacto económico:

a) Costo por cambio constante de piezas en la máquina laminadora:

Por otro lado, en la tabla 21 se visualizan las pérdidas por el número de veces que se realizó un cambio de partes y/o componentes en la máquina laminadora. Además, estos mantenimientos se brindan a cada momento, cada vez que alguna pieza o parte de deteriora.

Tabla 21: Costo por cambio de partes de la máquina laminadora en el año 2016

Meses	N° de veces que se realizó un cambio	Cantidad de horas empleadas	Componentes/partes cambiadas	Observaciones	Total (S/)
Enero	6		Bocinas (1 par)	Incluye el costo de transporte, mano de obra e instalación	2220
Abril	4		Bocinas (1 par)	Incluye el costo de transporte, mano de obra e instalación	1480
Julio	5		Bocinas (1 par)	Incluye el costo de transporte, mano de obra e instalación	1850
Octubre	7		Bocinas (1 par)	Incluye el costo de transporte, mano de obra e instalación	2590
Diciembre	1		Motor trifásico	Incluye el costo de transporte, mano de obra e instalación	700
Total (S/)					8840

Fuente: Empresa Yuc Wa

b) Costo por tiempos improductivos (tiempos muertos):

La empresa genera pérdidas por tiempos improductivos, ya sean tiempos de espera, de carga de masa Wantan o de transporte de la materia prima e insumos durante la etapa de laminado (tiempos muertos).

Si:

Precio de venta de 1 kg de pasta wantan = 10 soles

Cantidad que se deja de producir al año = 30378,24 kg de pasta Wantan/año

Por lo tanto:

Pérdidas por dejar de producir = P.Venta x Cantidad que no se produce

$$\text{Pérdidas por dejar de producir} = 10 \frac{\text{soles}}{\text{kg}} \times 30378,24 \text{ kg}$$

$$\text{Pérdidas por dejar de producir} = 303782,40 \text{ soles}$$

De acuerdo con diagnóstico, los resultados de los indicadores y el impacto económico por causa se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 22: Impacto económico anual en producción

Causa	Impacto económico
C1: Saturación del operario	S/ 67 490,00
C2: Baja utilización de máquina	S/ 303 782,40
C3: Máquina laminadora antigua	S/ 8 912,14
TOTAL	S/ 380 184,54

Fuente: Empresa Yuc Wa

Tabla 23: Indicadores de la situación actual de producción

Causa	Indicador actual
<p>C1: Saturación en el operario</p>	<p><i>Saturación en el operario = 100%</i></p> <p><i>Productividad de mano de obra = $10 \frac{kg}{hora\ hombre}$</i></p> <p><i>Productividad de materiales = $1,27 \frac{kg\ de\ pasta\ Wantan}{kg\ de\ harina}$</i></p> <p><i>Tiempo de ciclo = 5,15 horas</i></p> <p><i>Rendimiento de producción = 81,40 %</i></p> <p><i>Cant. que se deja de producir por inasistencias = $2880 \frac{kg}{año}$</i></p>
<p>C2 y C3: Baja utilización de máquina y Máquina laminadora antigua</p>	<p><i>Eficiencia de la máquina = 43,13 %</i></p> <p><i>Productividad de máquina = $80 \frac{kg}{máquina}$</i></p> <p><i>Productividad de energía = $11 \frac{kg}{kWh}$</i></p> <p><i>Cant. que no se produce por baja utilización = $30378,24 \frac{kg}{año}$</i></p>

Fuente: Elaboración propia

3.2. DESARROLLO DEL DISEÑO MECÁNICO Y AUTOMATIZADO DEL SISTEMA

3.2.1. Descripción del sistema general propuesto

Para eliminar las excesivas actividades manuales que se generan en el sistema actual, el autor propone y desarrolla una mejora en la productividad de la etapa de laminado, realizando un prototipo mecánico de una máquina laminadora con su respectivo sistema automatizado, dividiendo al sistema general en 5 subsistemas, de manera que brinda solución a cada problema mencionado anteriormente. Los 5 subsistemas a analizar son los siguientes:

- a) Subsistema de mezclado con sistema de volteo para descarga de masa
- b) Subsistema de fajas transportadoras
- c) Subsistema de laminado
- d) Subsistema de cernidor vibratorio y cepillo reductor
- e) Subsistema de vaivén

El sistema propuesto empieza por el subsistema de mezclado, cuyas operaciones se realizan en una máquina en forma de tambor, similar a una mezcladora de concreto. Este equipo tendrá la función de mezclar automáticamente y de realizar el volteo por medio de una transmisión de piñones y cadenas. Además, con el acoplamiento de unos sensores mecánicos la tolva se posicionará correctamente a un ángulo de 45° (fase inicial) y a un ángulo de 135° (fase final). En este último se realiza la descarga del material (masa de Wantan) hacia la faja transportadora 1, trasladándola hacia una máquina laminadora, la cual tendrá acoplado en su interior un par de rodillos en donde se realizará el primer laminado a 10 mm de espesor.

Seguido de ello, habrán otras fajas transportadoras junto con las respectivas máquinas laminadoras, en donde se llevará a cabo el laminado N°02, N°03 y N°04. En este último laminado la masa alcanza el espesor adecuado para el producto final, de 1,5 mm por lámina. Cabe resaltar que los rodillos de laminación deben girar simultáneamente y con una misma velocidad para evitar inconvenientes durante el proceso productivo.

Luego del laminado N° 04 ocurre también el espolvoreado de maicena para evitar que las capas de Wantan se adhieran unas a otras al momento del acopio, debido a que la humedad de la masa es regular. Es por ello que en la parte superior de la última faja transportadora, se encontrará un cernidor vibratorio con maicena lista para el espolvoreado; que, mientras las capas avanzan, automáticamente cae un cepillo reductor y se posiciona a través de estas, para colocar homogéneamente la maicena en polvo.

En la parte final de todo el sistema se colocará una plataforma de acero inoxidable, la cual se accionará mediante un pistón neumático para el acopio y acomodo de las capas laminadas de Wantan una sobre otra.

Cabe resaltar, que en el sistema propuesto el operario solo cumplirá dos funciones: encender o apagar la máquina por medio de un pulsador verde o rojo, según sea el caso; y supervisar que todo el sistema marche correctamente. El funcionamiento mecánico y automático se muestra más adelante en el desarrollo del presente proyecto.

El renderizado final de la propuesta de mejora y el plano esquemático en sus tres vistas principales se presentan en la figura 55 y 56 respectivamente.

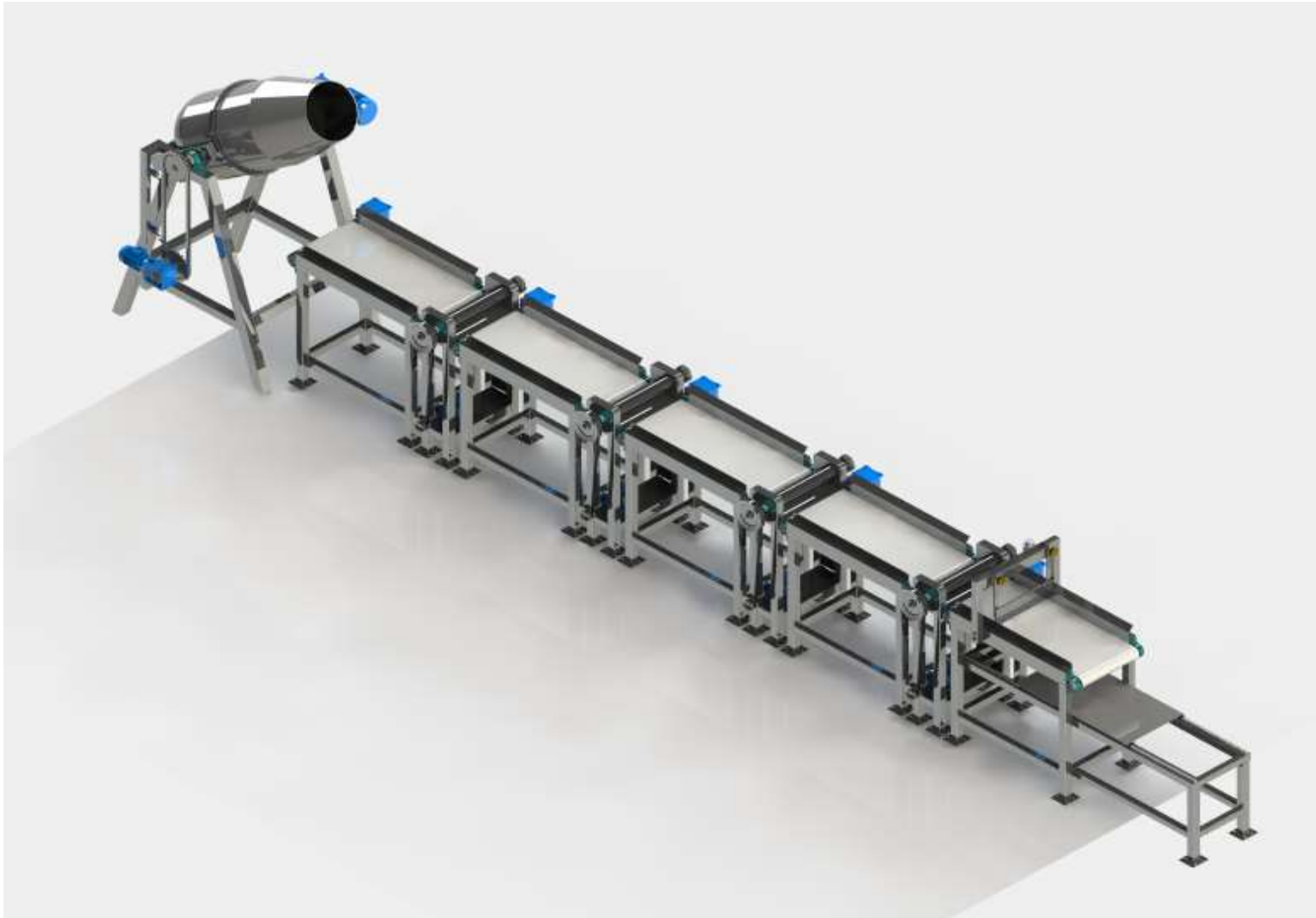


Figura 55: Esquema renderizado de prototipo mecánico de laminado automático propuesto en vista isométrica

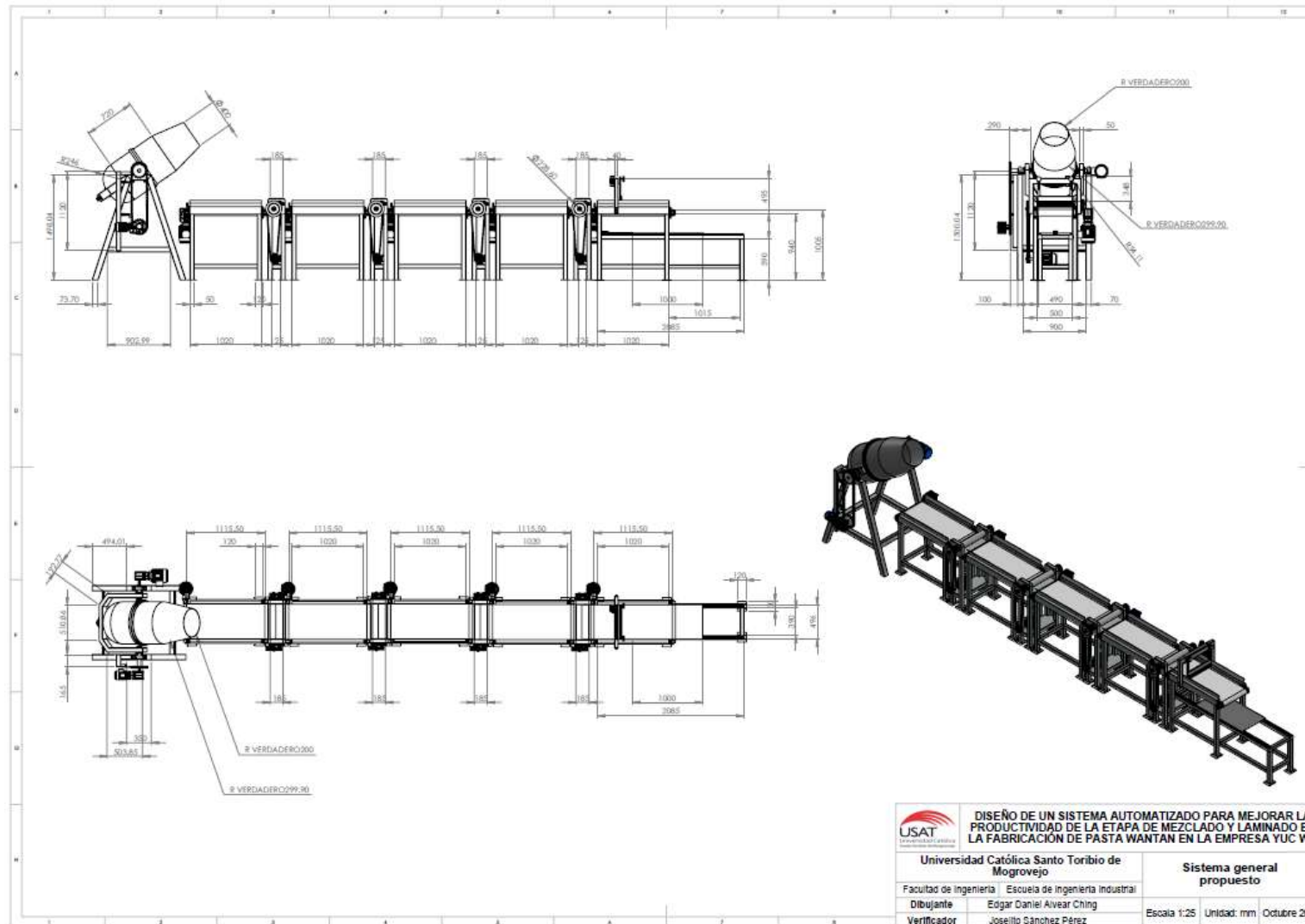


Figura 56: Plano esquemático del sistema general con sus vistas principales

3.2.1. Desarrollo del diseño mecánico de los subsistemas

3.2.1.1. Subsistema de mezclado con sistema de descarga de masa

La finalidad del subsistema de mezclado es que la materia prima e insumos se mezclen homogéneamente hasta lograr la textura adecuada; es por ello que se crea la necesidad de seleccionar correctamente el tipo de mezcladora, adecuándose a los parámetros y requerimientos del producto.

Para ello, deberá analizarse tres parámetros:

- a) Los tipos y formas de mezclados, los cuales son: Mezclado horizontal, vertical y de tambor.
- b) El material a mezclar; en este caso se trata de harina, huevos, agua filtrada y algunos preservantes.
- c) La capacidad de la tolva, considerando una mejora en la productividad, puesto a que la actual mezcladora dispone de una capacidad para 50 kg de masa.

Con lo indicado anteriormente, determinará qué mezcladora debe ser la adecuada con respecto a la forma, tipo, capacidad y la descarga del material.

Para el presente estudio, el análisis de una mezcladora es importante, ya que se necesita conocer el tipo y la forma de la tolva revolvedora. Con ello se podrá determinar el método para la descarga de masa y al determinar la forma de mezcladora, se podrá conocer también el diámetro de la abertura de esta, ya que el ancho de las fajas transportadoras y de las maquinas laminadoras dependen de esta variable.

Para la elegir el tipo de mezcladora se utilizará un método de selección de alternativas a través del método de la matriz combinada, empleando un cuadro comparativo de calificación entre las variables o criterios enumerados en orden de importancia. Cuando las variables son las mismas no tienen puntuación, cuando no tienen relación, su calificación es de 0, cuando tienen el mismo grado de importancia, se califica con 1 punto, y finalmente cuando la variable de la primera columna es más importante que las otras, ubicadas en la fila superior de la tabla, se califica con 2 puntos.

Tabla 24: Leyenda de la matriz Combinada

Leyenda	
Calificación	Puntuación
Mismas variables	-
Sin relación	0
Mismo grado importancia	1
Más importante	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Matriz Combinada para calificación entre variables

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Puntos	Factor de ponderación
1 Costo	-	2	2	2	1	0	0	2	2	2	13	0,26
2 Tamaño	2	-	2	0	0	0	1	2	2	0	9	0,18
3 Mantenimiento	2	2	-	0	0	0	0	2	0	0	6	0,12
4 Eficiencia	2	2	0	-	0	0	2	0	0	0	6	0,12
5 Facilidad de carga y descarga	0	1	0	2	1	2	-	0	0	0	6	0,12
6 Facilidad de fabricación	2	2	0	0	0	0	0	0	-	0	4	0,08
7 Facilidad de uso	0	0	0	0	0	-	2	0	0	0	2	0,04
8 Vida útil	2	0	0	0	0	0	0	0	0	-	2	0,04
9 Facilidad de acople	2	0	0	0	0	0	0	-	0	0	2	0,04
10 Seguridad	1	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0,02
Total											50	1

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la calificación entre las variables y criterios más importantes, y calculado los diferentes factores de ponderación, se aplica el método de los factores ponderados.

La matriz muestra el análisis cuantitativo en el que se comparan entre sí los diferentes criterios para determinar el tipo de mezcladora más recomendable y beneficiosa para la empresa.

A continuación se muestra un cuadro aplicando el método de los factores ponderados, realizando la comparación entre la mezcladora horizontal, vertical y de tambor; otorgando una puntuación del 1 al 10 con respecto a las variables. La puntuación 1 es deficiente y la puntuación 10 es excelente.

Tabla 26: Matriz de decisiones entre las alternativas

Variabes	Factor de ponderación	Mezcladora horizontal	Mezcladora vertical	Mezcladora de tambor
Costo	0,26	5	8	9
Tamaño	0,18	5	8	10
Mantenimiento	0,12	7	5	9
Eficiencia	0,12	9	8	8
Facilidad de carga y descarga	0,12	5	7	8
Facilidad de fabricación	0,08	6	7	7
Facilidad de uso	0,04	9	7	9
Vida útil	0,04	8	8	8
Facilidad de acople	0,04	7	5	8
Seguridad	0,02	7	5	8
Total		6,3	7,38	8,86

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 26, se realizó un análisis mediante el método de los factores ponderados, el cual facilitó la determinación y selección de uno de las formas de las mezcladoras. Como resultado se tiene que la mezcladora de tipo tambor rotatorio con un sistema de volteo accionado por un sistema de transmisión de piñones y cadena; es el adecuado para el actual sistema en el proceso productivo de la fabricación de pasta Wantan.

Según las variables, la mezcladora de tambor tendrá un menor costo en comparación con el resto de equipos, puesto a que ciertos componentes, como los ejes y la gran cantidad de paletas no serán necesarios para el mezclado, esto se verá reflejado en la facilidad de fabricación, ya que no se necesitarán muchos procesos de manufactura, como también en la facilidad de acople en su estructura.

De acuerdo al tamaño, un tambor con su respectiva estructura ocupará menos espacio en el terreno de la empresa, contando con las dimensiones adecuadas, en las que un operario pueda supervisar el proceso.

Con respecto a su mantenimiento, el interior de la mezcladora de tambor o de tómbola tendrá un fácil acceso de las manos de un operario para la limpieza respectiva.

En cuanto a eficiencia, la relación entre los tres equipos es casi idéntica, siendo la mezcladora horizontal mucho más eficiente debido a que una de ellas puede mezclar en un rango de tiempo de 2 a 4 min dependiendo del material ingresado, no dejando de lado, que la mezcladora de tambor también es sumamente eficiente para este tipo de sistemas.

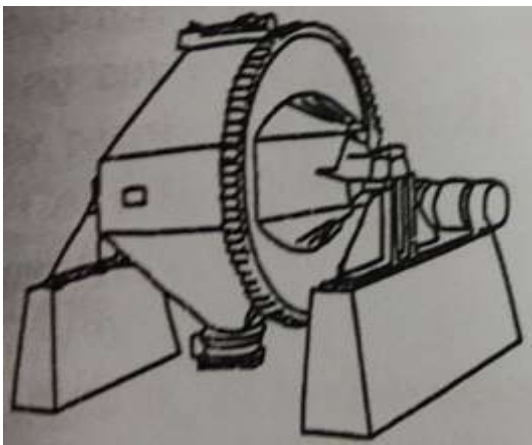
Además, resaltando el criterio de la descarga de masa, será muy fácil debido a que esta se realizará con un sistema de volteo y con la utilización de los finales

de carrera (sensores mecánicos); como también tendrá un fácil uso, ya que el operario simplemente controlará esta mezcladora a través de un tablero eléctrico.

Es necesario mencionar también que la vida útil del equipo dependerá siempre y cuando se le brinde un correcto mantenimiento cada cierto periodo de tiempo de acuerdo a un cronograma de mantenimiento, como también del buen uso de la maquinaria.

Finalmente, es importante hablar sobre la seguridad y el riesgo que se produciría antes, durante y después del funcionamiento del equipo. El sistema no presenta ningún riesgo, siempre y cuando el personal esté capacitado en lo que respecta a medidas de seguridad, de esta manera se podrán integrar junto con las medidas requeridas durante la producción.

Tabla 27: Forma, tipo y flujo de mezcla de la mezcladora seleccionada

Forma de tolva	Cilindro y Cono truncado	
Tipo de mezcladora	De tambor rotatorio	
Flujo de mezcla	Giratoria alrededor del perímetro del tambor	

Fuente: Aguado, Calles y Cañizares (2002)

Una vez determinada y seleccionada la forma y tipo de tolva mezcladora, se procedió a calcular cada una de las dimensiones respectivas, tales como diámetro de la abertura superior y del cuerpo del tambor, el ángulo de inclinación que va desde el arco del cuerpo del tambor hacia el arco de la abertura superior, la capacidad, y la altura de la estructura con respecto a la estatura del operario.

Para el cálculo de las dimensiones, se opta por realizar una prueba experimental de laboratorio con la finalidad de hallar la capacidad del tambor mezclador. Este estudio se realiza, ya que no existe información acerca de la densidad del material (masa de Wantan); en caso contrario no se aplicaría ninguna técnica de laboratorio y simplemente se calcularía con la fórmula conocida de la densidad, la cual es el cociente entre la masa y el volumen del material en estudio.

La densidad de la masa de Wantan no se conoce por lo que no se han realizado estudios de ingeniería especializados de este producto o de algún proceso similar al que se está refiriendo el autor en este presente proyecto.

Por lo tanto, se determina el volumen que ocupa una cierta cantidad de masa mezclada dentro de un recipiente graduado; para ello se realiza la prueba experimental de laboratorio utilizando una probeta graduada de 1000 ml.

Los instrumentos de laboratorio empleados para el análisis respectivo son: Probeta graduada de 1000 ml, un vaso de precipitación o vaso “Beaker”, una balanza electrónica, un agitador, un recipiente de aluminio y una jarra plástica

Para el cálculo del volumen respectivo se siguen detenidamente los siguientes pasos:

- a) Seleccionar cada uno de los instrumentos de laboratorio a utilizar, colocándolos en orden y en un lugar seguro para evitar cualquier imprevisto.
- b) Seleccionar y tarar una probeta graduada de 1 litro.
- c) Seleccionar y pesar 1 kg de masa mezclada de Wantan.
- d) Ingresar el kg de masa en la probeta graduada, de manera que ocupe hasta la graduación de 1000 ml.
- e) Medir que la masa haya alcanzado el límite máximo de la probeta (1000 ml).
- f) Realizar una fuerza leve hacia abajo con ayuda del agitador, de manera que la masa quede ordenada. Esto se realizará debido a que la masa es grumosa.
- g) Pesar la probeta junto con la masa. En caso que los 1000 ml no sea suficiente para 1 kg de masa, entonces, se procede a realizar la primera medición y la segunda se realiza con la masa restante.
- h) Una vez que cierta cantidad de masa ocupe los 1000 ml, la probeta se pesa junto con la masa, y a continuación se pesa nuevamente la probeta con lo restante de masa Wantan

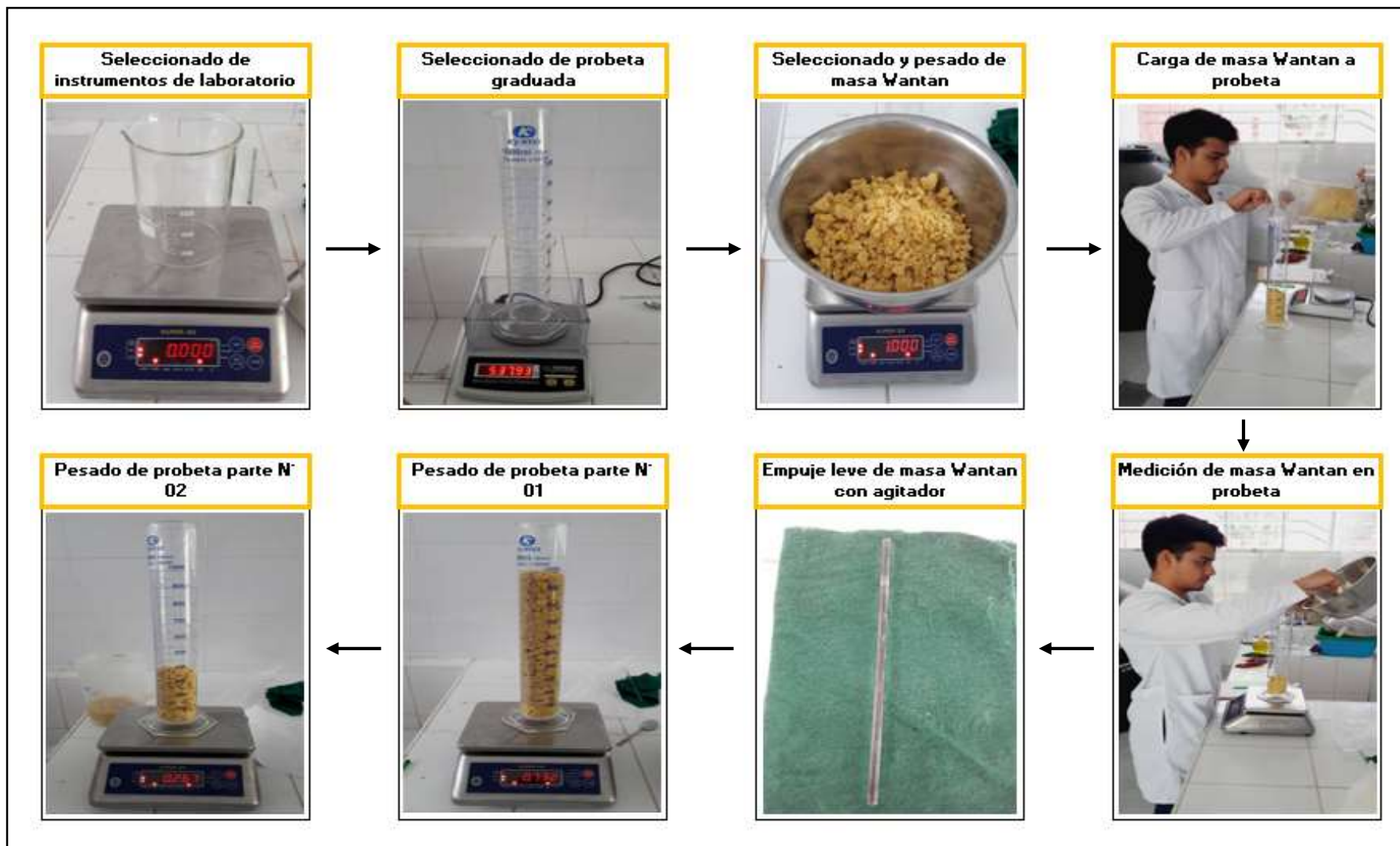




Figura 57: Diagrama pictórico del análisis de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Este cálculo se realiza con la finalidad de encontrar el dimensionamiento adecuado para una capacidad diseñada de producción de 100 kg de masa mezclada.

En el procedimiento de pesado de la probeta junto con la masa Wantan, se obtiene un primer peso y un segundo peso con la masa sobrante, debido a que 1000 ml de volumen no es suficiente para 1 kg de masa.

Tabla 28: Pesado de mezcla, primera y segunda medición

En la primer del pesado, se obtiene:	En la segundo pesado, se obtiene:
	
Peso de masa Wantan en g:	
732 g	268 g
Peso total en g:	
1000 g	
Volumen que ocupa cada mezcla en ml:	
1000 ml	385 ml
Volumen total en ml:	
1385 ml	

Fuente: Elaboración propia

Entonces:

1 kg de masa mezclada → 1,385 litros en volumen

100 kg de masa mezclada → x litros en volumen

$$x = 138,5 \text{ litros}$$

Además, es necesario saber que, para un buen mezclado en este tipo de tolvas de tipo tambor, el ángulo de inclinación deberá ser de 45° (Ver figura 58) y por lo tanto, esta inclinación será un factor primordial para que la cantidad de mezcla que ingrese, tendrá que ser mucho menor a la capacidad teórica o de diseño de la tolva, el cual es aproximadamente $1/3$ de espacio de la capacidad diseñada. Esto se debe a que la forma en la que gira es rotatoria, y lo que gira es el tambor junto con las paletas; y en caso que la capacidad teórica sea igual a la capacidad real de producción, no va a ocurrir ningún mezclado, de lo contrario, se genera un sobreesfuerzo de giro por parte de las paletas y del tambor, por ende surgirá una sobrecarga en el motor.

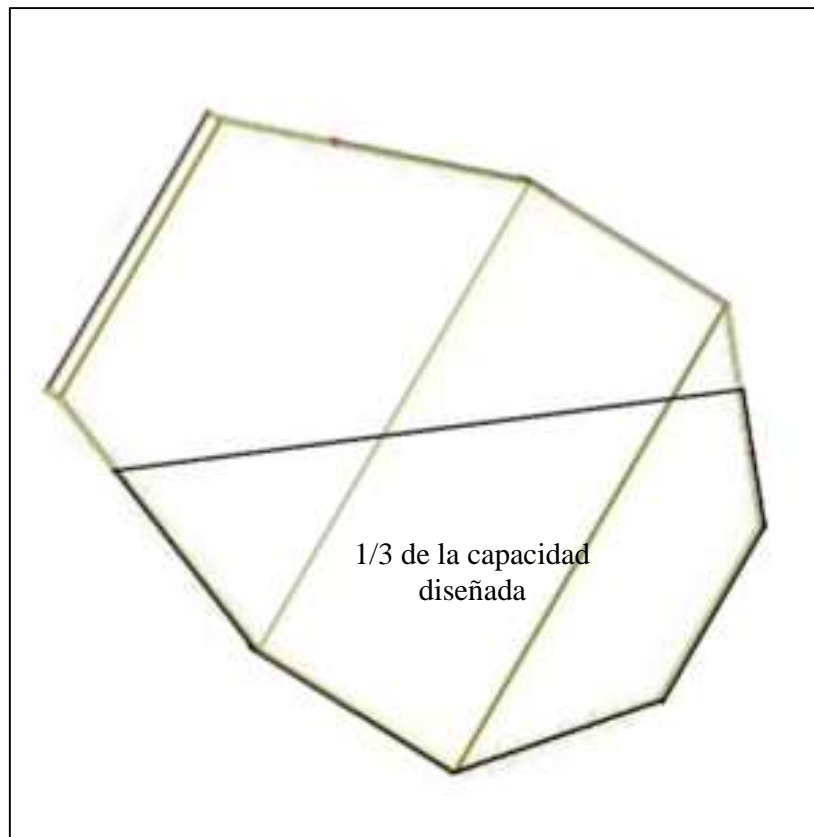


Figura 58: Flujo del material que ingresa y forma de mezclado

Fuente: Elaboración propia

Entonces, de acuerdo al análisis de laboratorio:

Si:

$100 \text{ kg} \rightarrow 1385 \text{ mililitos} \rightarrow 138,5 \text{ litros}$

Por lo tanto:

$\frac{1}{3}$ de espacio de la capacidad teórica \rightarrow 138,5 litros de capacidad real

$\frac{1}{1}$ de espacio la capacidad teórica \rightarrow x litros de capacidad teorica

$$x = 419,70 \text{ litros de capacidad teorica}$$

Según la relación matemática establecida, la capacidad teórica o diseñada del tambor mezclador es de 419,70 litros.

Se procede a calcular el diámetro del cuerpo del tambor, cuya forma es de un cilindro. Para ello, es necesario determinar la altura del tambor la cual será de 1,44 metros; y se halló de acuerdo a la altura del operario y del espacio del área de producción (distancia que hay entre el piso y el techo del lugar).

Según Roldán (1996), en su libro motores eléctricos, la fórmula del volumen de un cilindro es la siguiente:

Si:

$$\text{Volumen del cilindro} = \text{Área del círculo} \times \text{altura del cilindro}$$

$$\text{Volumen del cilindro} = \pi \times \text{radio del círculo}^2 \times \text{altura del cilindro}$$

Entonces:

$$\text{Volumen del cilindro} = \pi \times \text{radio del círculo}^2 \times \text{altura del cilindro}$$

$$419,70 \text{ litros} = \pi \times \text{radio del círculo}^2 \times 1,44 \text{ metros}$$

$$0,4197 \text{ m}^3 = \pi \times \text{radio del círculo}^2 \times 1,44 \text{ metros}$$

$$\text{Radio del círculo} = 0,30 \text{ metros}$$

$$\text{Diámetro} = 60 \text{ centímetros}$$

Con respecto a la generatriz que es el segmento inclinado que une el arco del cuerpo del tambor con el arco de la abertura superior del cono truncado, se calcula de acuerdo al diámetro del cilindro (60 cm) y con el diámetro menor (40 cm). Este último resultado se obtendrá de acuerdo al ancho de la faja transportadora y de la maquina laminadora, el cual será de 500 mm.

Según Baldor (2008), para determinar la generatriz, se aplica la siguiente fórmula matemática, extraída del teorema de Pitágoras:

$$\text{Generatriz} = h^2 + (R - r)^2$$

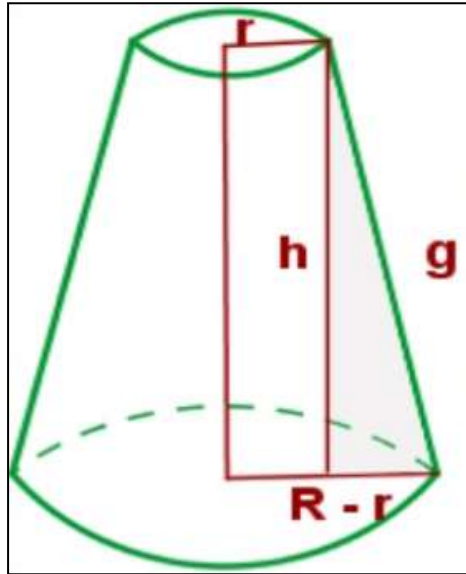


Figura 59: Elementos del cono truncado

Fuente: Baldor (2008)

Entonces, aplicando la fórmula de generatriz:

$$\text{Generatriz}^2 = \text{altura}^2 + (\text{Radio mayor} - \text{radio menor})^2$$

$$\text{Generatriz}^2 = (48 \text{ cm})^2 + (60 \text{ cm} - 40 \text{ cm})^2$$

$$\text{Generatriz} = 52 \text{ cm}$$

Es necesario saber que, la descarga del material hacia la faja transportadora dependerá del diámetro de la abertura superior del tambor; teniendo en cuenta que, si la abertura tiene un menor diámetro que el resultado obtenido (400 mm), la descarga será más complicada, ya que la masa mezclada se puede obstruir dentro de la tolva.

No obstante, si la abertura es mayor al ancho de la faja transportadora (500 mm), la descarga será más sencilla, pero también tiene una cierta desventaja, que al momento de realizar la descarga a la faja, el material puede desbordarse por los costados.



Figura 60: Esquema renderizado del subsistema de mezclado

Por razones de seguridad y estética, se opta por acoplar un guarda fija de seguridad, de manera que recubre el sistema de transmisión de piñones y cadena con la finalidad de evitar algún riesgo que pueda generarse durante el proceso.



Figura 61: Esquema renderizado del subsistema de mezclado con guarda de seguridad

En las figuras 62 y 63, se presentan los planos esquemáticos con sus tres vistas principales y el plano de materiales señalando cada componente de la máquina.

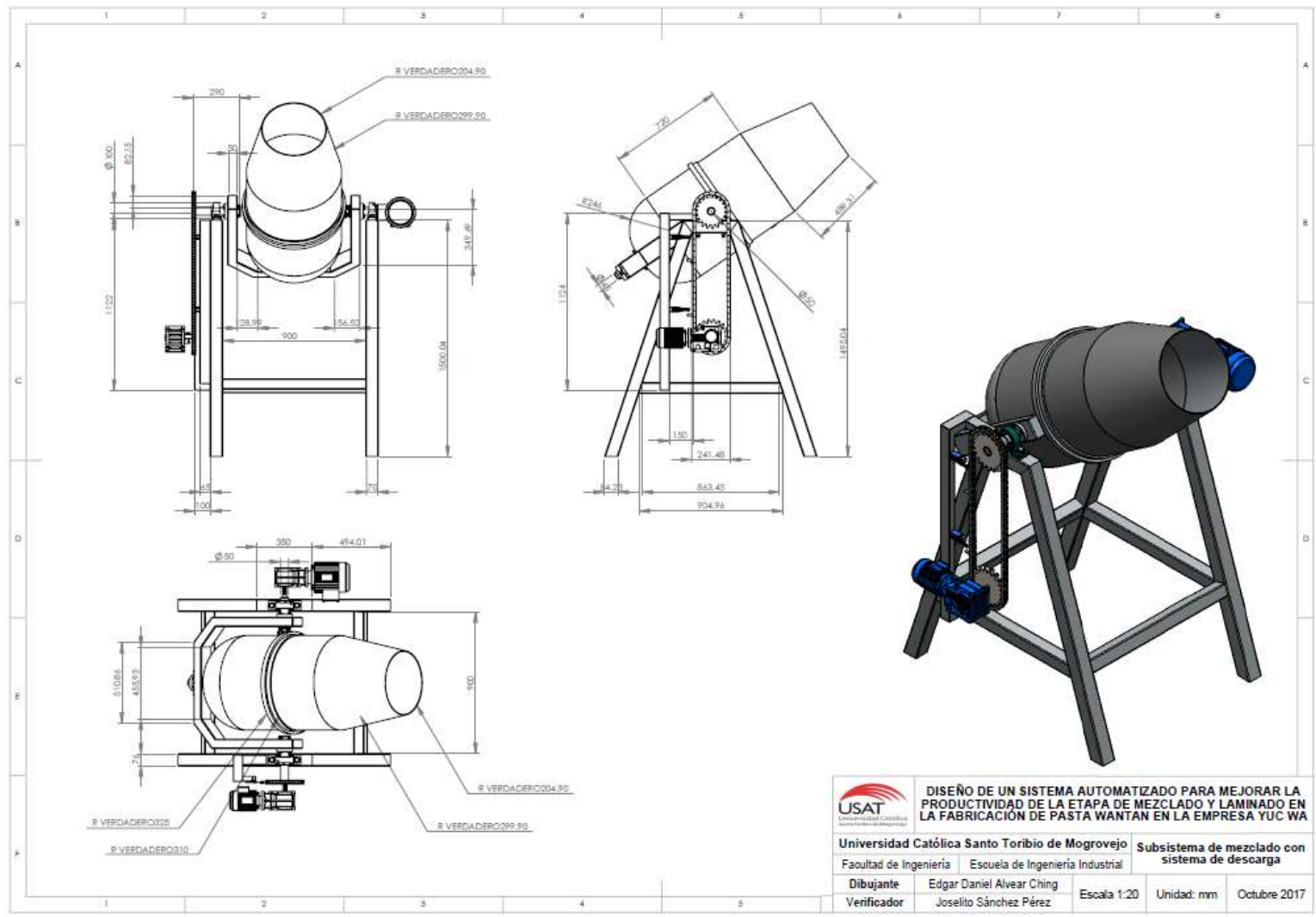


Figura 62: Plano esquemático del subsistema de mezclado con sus vistas principales

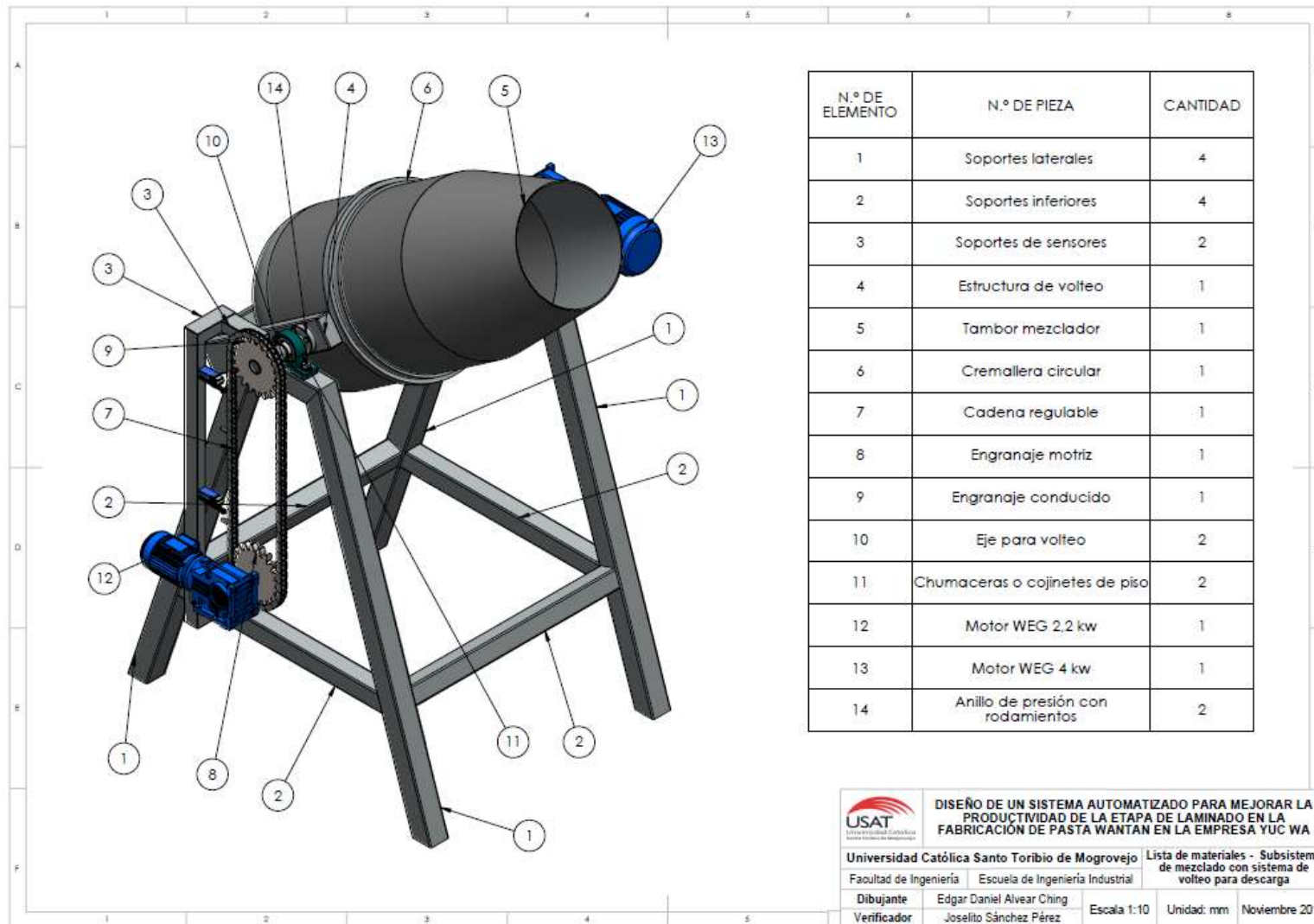


Figura 63: Plano de materiales del subsistema de mezclado

Para el giro rotacional del tambor a 360°, se acoplará un eje de 230 mm de longitud con 45 mm de diámetro, sostenido con un cojinete o chumacera de pared, el cual permitirá el giro por medio del rodamiento de bolas, y estará acoplado en la estructura de volteo, ajustándose con un anillo de presión en el casquete inferior. (Ver figura 64). El material a utilizar para la fabricación será de acero inoxidable de grado alimenticio 304.

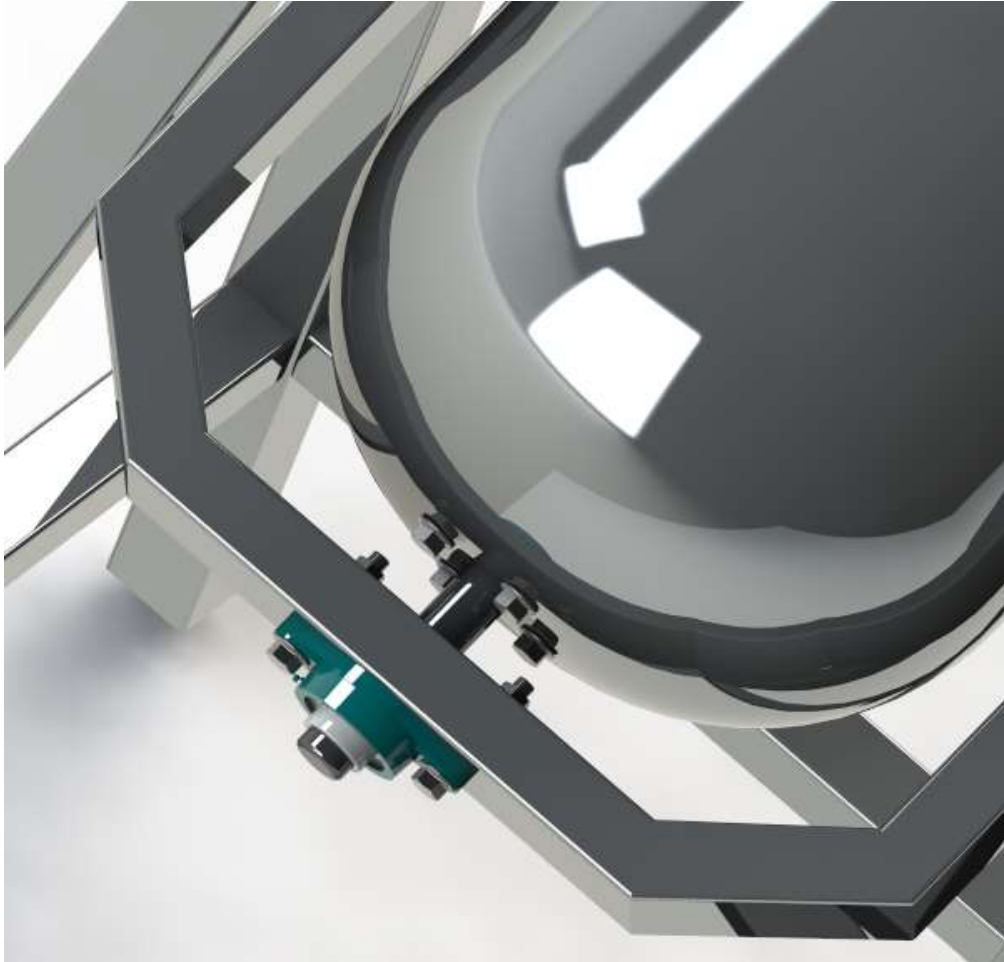


Figura 64: Eje inferior para el giro a 360°

Tabla 29: Ficha técnica de la chumacera de pared

Ficha técnica chumacera de pared	
Marca	Norelem
Referencia de fabricación	24244 MUCFL
Versión	Rodamiento de carcasa abridado con 2 agujeros y acabado natural
Material	Carcasa y rodamiento de acero inoxidable con junta de goma NBR
Diámetro	45 mm
Tornillos de fijación	M16

Fuente: Norelem (2017)



Figura 65: Chumacera de pared

Para este movimiento rotacional, el tambor contará con una cremallera circular ajustable, la cual se acoplará por pernos hexagonales, arandelas y tuercas alrededor del cuerpo del tambor. El diámetro de la cremallera será de 63 cm y se determinó de acuerdo a ciertos criterios: 60 cm de diámetro del tambor, 2 cm de espesor de la plancha de acero inoxidable y 1 cm de ajuste a las paredes de este.

La cremallera girará junto con el tambor por medio de un piñón, el cual se accionará por el motoreductor. Además, es necesario que el piñón tenga el mismo ancho y paso de dientes que la cremallera, de manera que el giro sea el adecuado. El material para la fabricación de las piezas mencionadas será de acero inoxidable de grado alimenticio 304.



Figura 66: Cremallera circular y piñón para el movimiento rotacional

Para la operación del mezclado, el tambor contará con tres paletas en su interior cuyas dimensiones serán de 84cm x 15cm x 0,5cm; las cuales estarán acopladas por medio de pernos hexagonales, arandelas y tuercas hexagonales en las paredes del tambor. Estas girarán junto con el tambor para realizar la etapa de mezclado. Las paletas tendrán unas aberturas en el centro, de manera que, mientras gira el tambor, la masa ingrese por tal abertura y se mezcle fácilmente. El material a utilizar para la fabricación será de acero inoxidable de grado alimenticio 304.



Figura 67: Paletas mezcladoras

- **Descarga de masa por volteo**

Para la descarga de la masa se utilizará el sistema de volteo, cuyo funcionamiento es a través de una transmisión de piñones y cadena. Este mecanismo es el más adecuado para la descarga, pues al emplear cadenas que engranan en los dientes de los piñones se evitará el deslizamiento o

desprendimiento, manteniendo así una relación de transmisión constante que permitirá soportar el peso del tambor junto con la masa mezclada.

Cabe resaltar también que al utilizar esta transmisión habrá mayor eficiencia mecánica (mejor rendimiento), y la cadena no necesitará estar tan tensa, lo que se traduce en menores averías en los rodamientos de los piñones.

El mecanismo de transmisión de piñones y cadena permitirán que el tambor gire y logre posicionarse en el ángulo requerido mediante sensores mecánicos (hasta 95° contando desde su posición inicial a 45°). Este ángulo de volteo será el adecuado, permitiendo descargar la masa a la primera faja transportadora, sin que el tambor deje de girar. (Ver figura 68)



Figura 68: Esquema de posición de volteo para descarga de masa

El material que se utilizará para la fabricación de los piñones y cadena será de acero inoxidable de grado alimenticio 304.

Tabla 30: Ficha técnica de piñón motriz y conducido

Ficha técnica piñón motriz y conducido	
Marca	Sistemas generales de transmisiones
Número de dientes	20
Número de hilos	1
Diámetro primitivo	220 mm
Ranura de chaveta	Cuadrado

Fuente: Suministros generales de transmisiones (2017)

Tabla 31: Ficha técnica de cadena regulable

Ficha técnica cadena regulable	
Marca	Sistemas generales de transmisiones
Tipo	200 H
Longitud	2,26 m
Número de hilos	1
Material	Acero inoxidable
Tipo de material	Grado alimenticio 304
Condición	Regulable

Fuente: Suministros generales de transmisiones (2017)

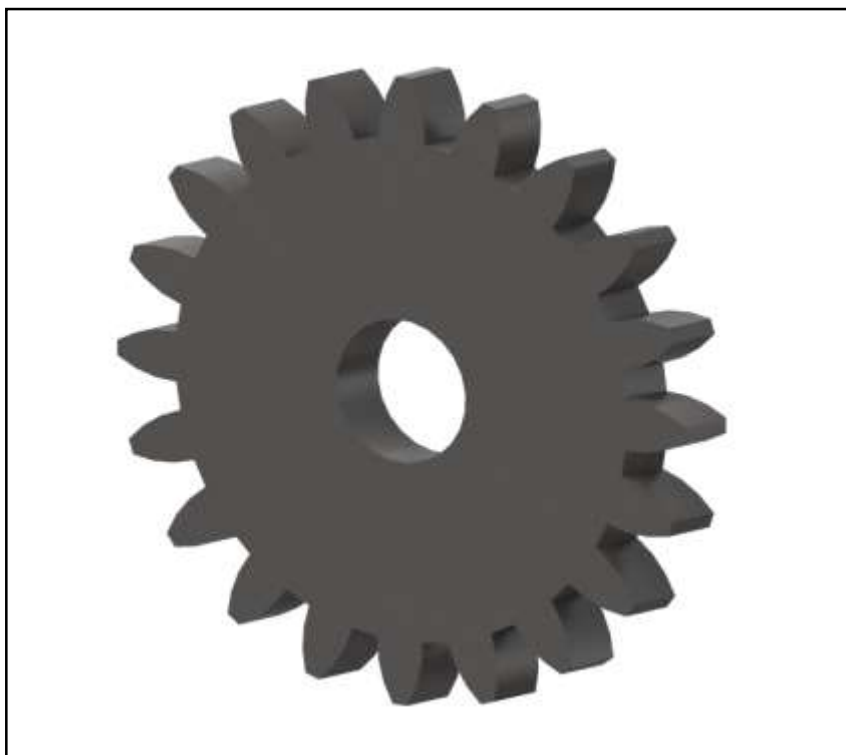


Figura 69: Piñón motriz y conducido

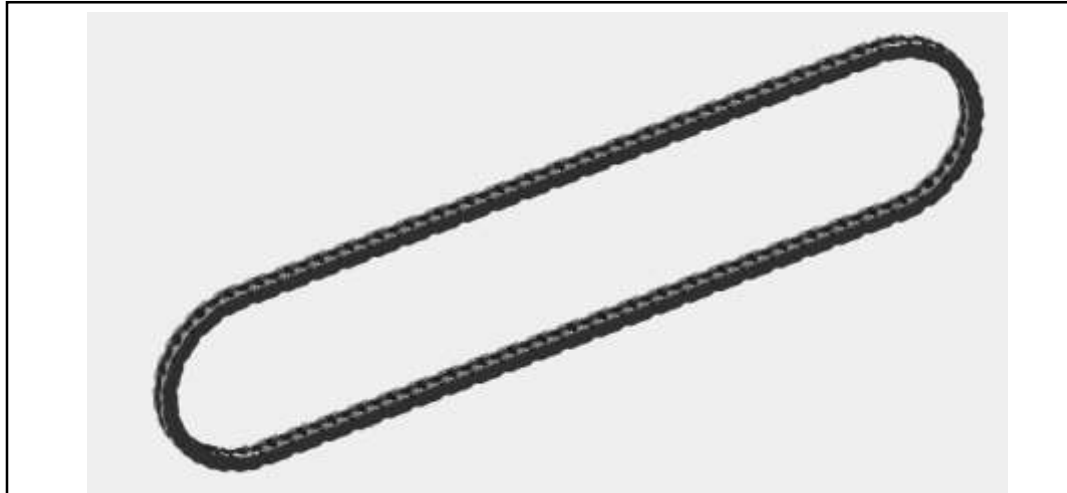


Figura 70: Cadena regulable

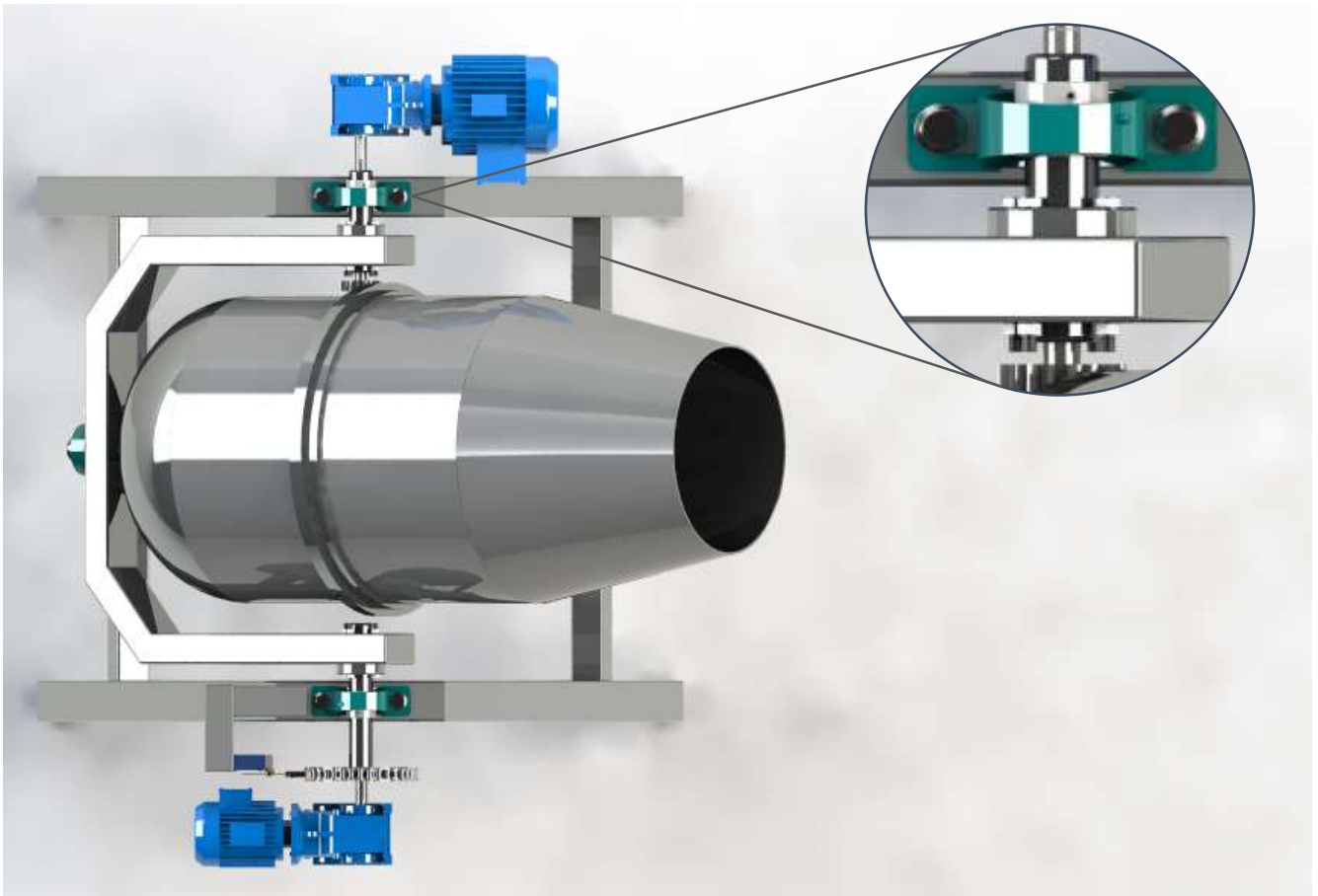


Figura 71: Esquema renderizado de ejes para sistema de volteo

Como se observa en la figura 71, el volteo del tambor también se realizará a través del giro por medio de los ejes, los cuales estarán sujetos por los cojinetes o chumaceras de piso ubicados a los extremos del soporte general del tambor rotatorio. Además, los ejes estarán acoplados paralelamente a una estructura de volteo.

Tabla 32: Ficha técnica de la chumacera de piso

Ficha técnica chumacera de piso	
Marca	Norelem
Referencia de fabricación	24240 MUCP
Versión	Rodamiento de carcasa con soporte recto en acabado natural
Material	Carcasa y rodamiento de acero inoxidable con junta de goma NBR
Diámetro	35 mm
Tornillos de fijación	M10

Fuente: Norelem (2017)

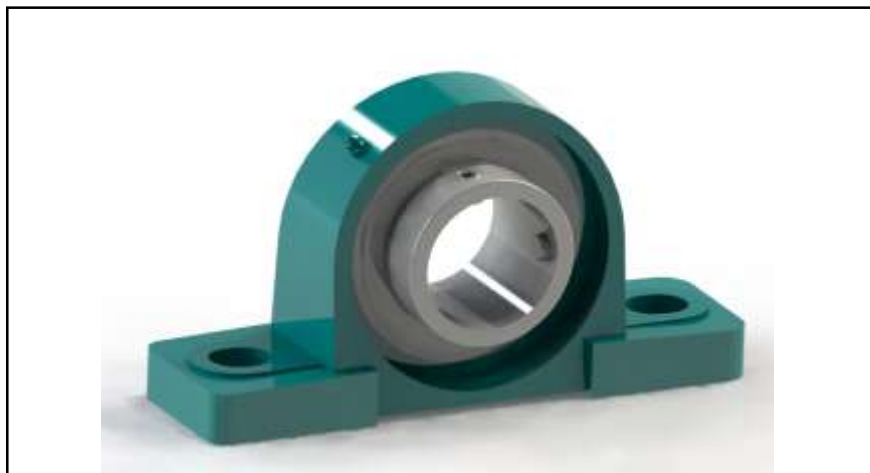


Figura 72: Chumacera de piso

- **Elección de sensor mecánico o de posición**

Como ya se mencionó anteriormente, para la activación y detención del volteo se implementarán dos sensores mecánicos, los cuales se acoplarán a una estructura metálica, paralela al soporte general del tambor mezclador y se accionarán al momento que el motor se active y genere movimiento a la transmisión de piñones y cadena.

El sensor mecánico a utilizar en el sistema será un interruptor de posición OSISENSE XC de tipo XCK J* – formato industrial, metálico; el cual cuenta con un cabezal, con palanca regulable que incluye una roldana termoplástica en

la parte superior, con una velocidad máxima de accionamiento hasta 1,5 m/s, con un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto y con una referencia de fabricación XCKJ10541 según catálogo de la compañía Schneider Electric.

Se optó por elegir un sensor mecánico para la descarga de la masa por volteo, considerando que sería el más apropiado y seguro para mantener el tambor a una posición inicial de 45°, mientras ocurre la etapa del mezclado; como también para la activación del giro de volteo mediante el mecanismo de transmisión ya mencionada y para la detención en su posición final. Además, tiene la ventaja de soportar cualquier temperatura, alta resistencia a golpes, fácil montaje y acople, precio accesible, alta sensibilidad y mayor precisión al hacer contacto, fácil acceso para repuestos y apto para trabajos con dispersión de material; en este caso, el uso de harina y maicena.

Estos sensores mecánicos se activarán por medio de dos pines metálicos situados estratégicamente en el paso de la cadena a la distancia requerida y de acuerdo al giro que se requiere para el volteo.



Figura 73: Sensor de posición (sensor mecánico)



Figura 74: Funcionamiento del sensor mecánico

3.2.1.2. Subsistema de faja transportadora

La finalidad del subsistema de fajas será transportar la masa de Wantan, ya sea mezclada o laminada hacia cada estación de laminado, activando cada motor de por medio de sensores fotoeléctricos. La primera faja transportadora se encargará de recibir la masa descargada y transportarla hacia la máquina laminadora 1; la segunda, tercera y cuarta faja transportaran la masa hacia la máquina laminadora 2, 3 y 4; y la quinta faja cumplirá la función de llevar la masa laminada final al subsistema de vaivén para el acopio respectivo. Cabe resaltar que a cada faja transportadora se acoplarán unas guías laterales ubicadas paralelamente una frente a otra a cada costado del soporte, con la finalidad de evitar desbordes de masa.

Por otro lado, el transporte de masa se consideró en forma lineal mediante fajas transportadoras, para evitar los sobreesfuerzos y movimientos repetitivos que se generan durante el proceso productivo. Además al usar este tipo de transporte se ahorra tiempo al trasladar cualquier tipo de carga de un punto a otro de manera que el material no se dañe y se haga en el menor tiempo posible; son equipos muy versátiles pues se adaptan a cualquier terreno, en cualquier ambiente, como también puede transportar distintos tipos de materiales; tienen una gran capacidad de transporte; son rápidos, seguros, confiables, mantenibles, tiene la facilidad para la colocación del material y un fácil montaje.

En la figura 75 se presenta el esquema renderizado de las fajas transportadoras.



Figura 75: Esquema renderizado de faja transportadora 1, 2, 3, 4 y 5

En las figuras 76 y 77 se presentan los planos esquemáticos con sus tres vistas principales y el plano de materiales señalando cada componente de la máquina.

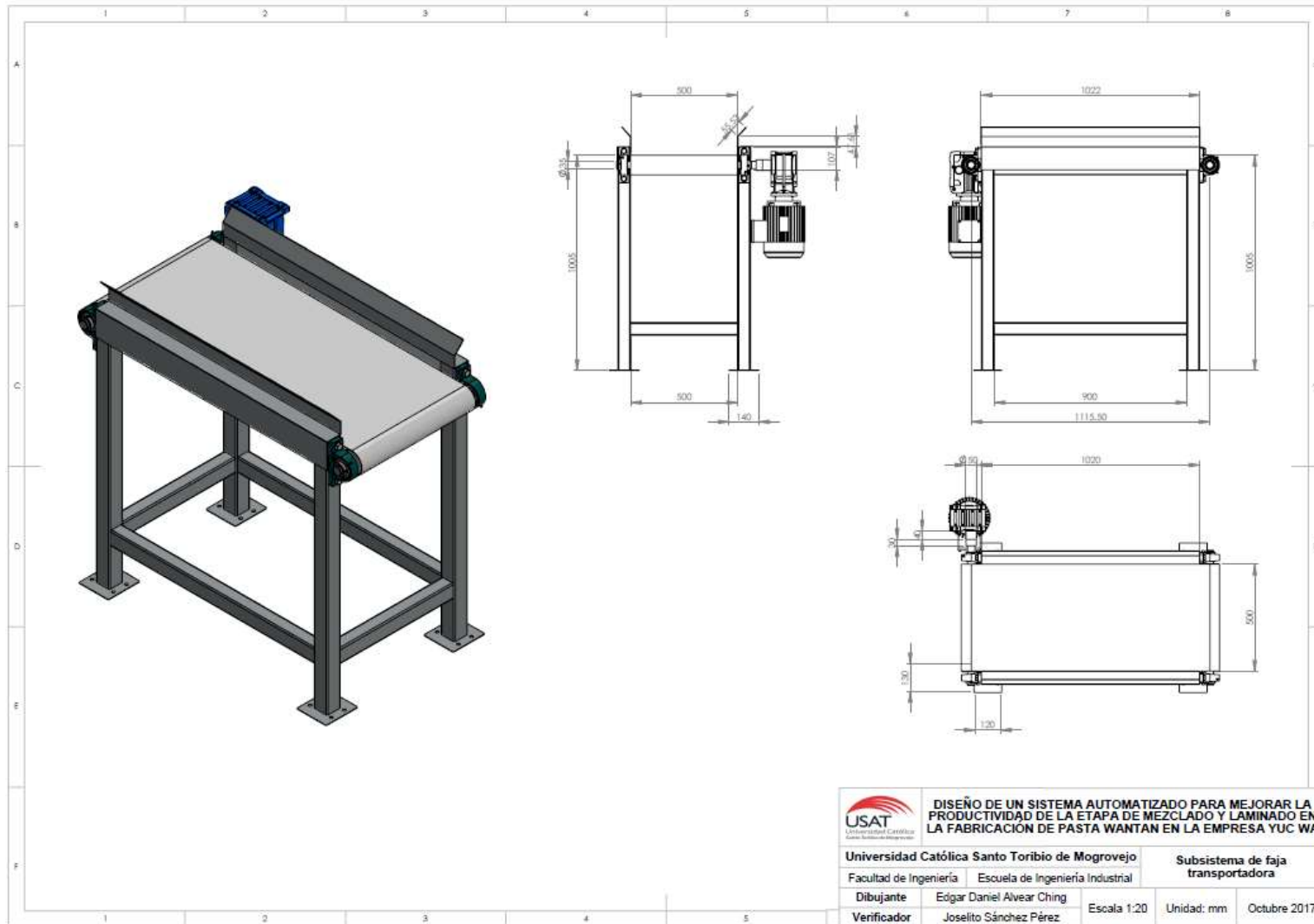


Figura 76: Plano esquemático de subsistema de faja transportadora 1, 2, 3, 4 y 5 con sus vistas principales

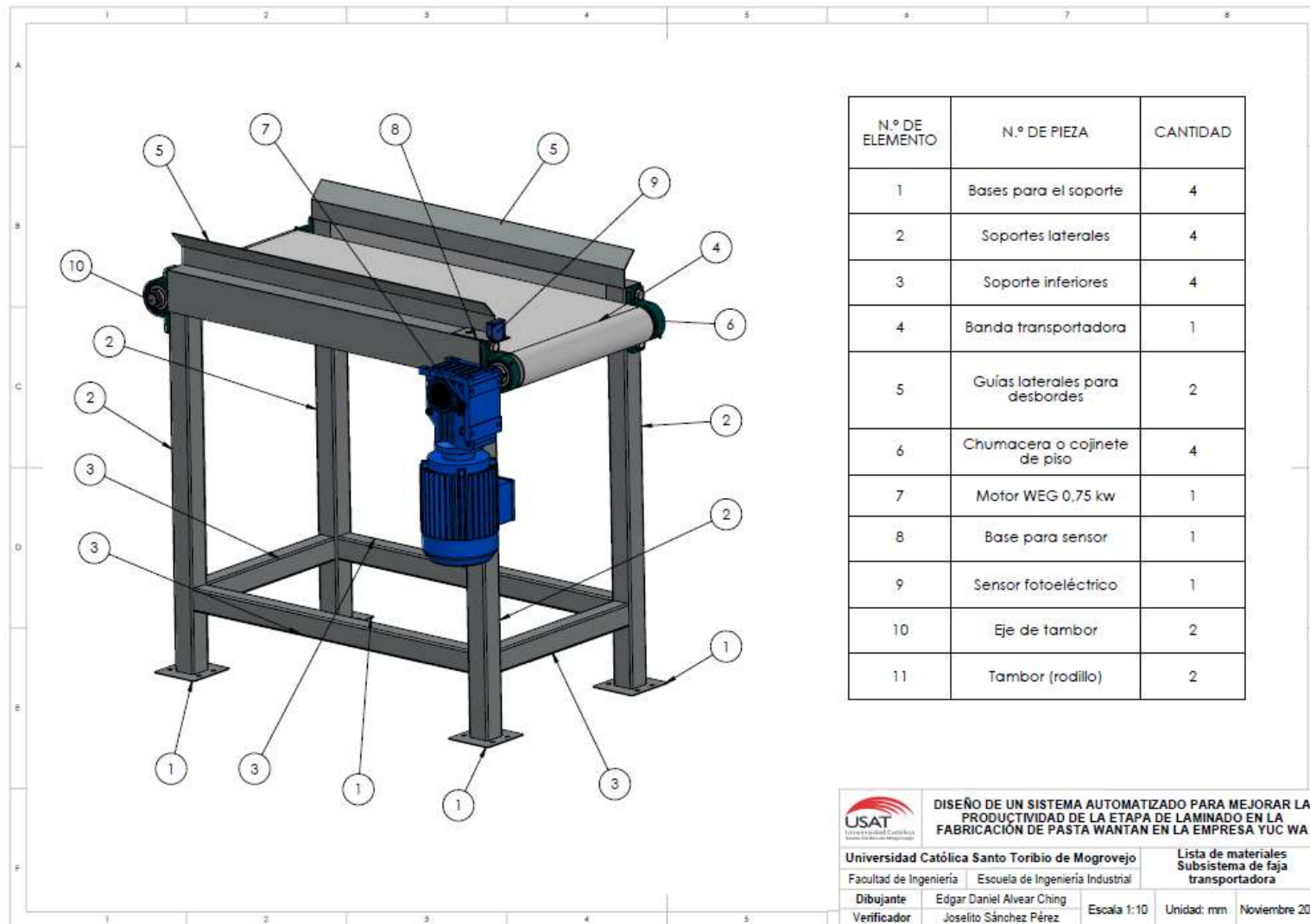


Figura 77: Plano de materiales de subsistema de faja transportadora

- **Elección de banda transportadora**

Según López y Díaz (2012), la anchura mínima de la banda es uno de los primeros parámetros en ser elegidos, debido a que su valor depende únicamente del tipo de material a transportar y de sus características físicas. Es necesario elegir cuidadosamente el ancho de banda adecuado para evitar desbordes laterales de masa mezclada. Siempre que sea posible, se deben elegir anchos de banda normalizados. Para este caso, se trata de una masa compuesta principalmente por harina, huevos y agua; cuya textura es grumosa y se desborona al hacer contacto con el tacto.

Tabla 33: Anchura mínima, velocidad máxima y flujo másico para fajas

Banda Ancho mínimo (mm)	Velocidad máxima (m/s)				Flujo másico (kg / min)
	A	B	C	D	
400	2,5	2,3	2	1,65	100
500					
650	3	2,75	2,38	2	250
800					
1000	4	3,2	2,75	2,35	400
1200					
1400	4,5	3,65	3,15	2,65	550
1600					

Fuente: López y Díaz (2012)

Donde:

A = Materiales ligeros deslizables, no abrasivos, peso específico de $0,5 \div 1,0$ tn/m³

B = Materiales no abrasivos de tamaño medio, peso específico de $1,0 \div 1,5$ tn/m³

C = Materiales medianamente abrasivos y pesados, peso específico de $1,5 \div 2,0$ tn/m³

D = Materiales abrasivos, pesados y cortantes, peso específico $> 2,0$ tn/m³

Según la tabla 33, se elige un ancho mínimo de banda de 500 mm, considerando que la abertura superior del tambor (radio menor) es de 400 mm. Por razones de seguridad se le adicionan 50 mm en ambos lados de la banda, con la finalidad de evitar obstrucciones al momento de la recepción de la masa mezclada.

Además, la velocidad máxima para el transporte de la masa, se selecciona por medio de los tipos de materiales representados en letras; y en este caso el tipo de masa se ubica en la letra B, ya que es un material no abrasivo de tamaño medio, por lo tanto la velocidad máxima será de 2,3 m/s.

Se optó por elegir las bandas transportadoras de la compañía HABASIT ya que es el líder mundial en la industria de bandas alimentarias con materiales de

revestimiento de elevada calidad, adecuadas para todos los modernos procesos de la industria alimentaria, con presencia internacional en más de 70 países, reconociendo su seguridad e higiene en el procesamiento de alimentos así como el cumplimiento de las regulaciones europeas y de la FDA (Administración de alimentos y medicamentos).

Para el presente subsistema se seleccionó una banda alimentaria HabaGUARD TT12+H15 ya que tiene una amplia aplicación industrial en producción de pastas, alimentos semi – preparados, masas húmedas y secas, y en panaderías. Además, la banda es resistente a la abrasión, con tratamiento anti – microbiano, de fácil limpieza, con bordes resistentes al desgaste, resistente a aceites y grasas y es adecuada para diámetros de polea pequeños.

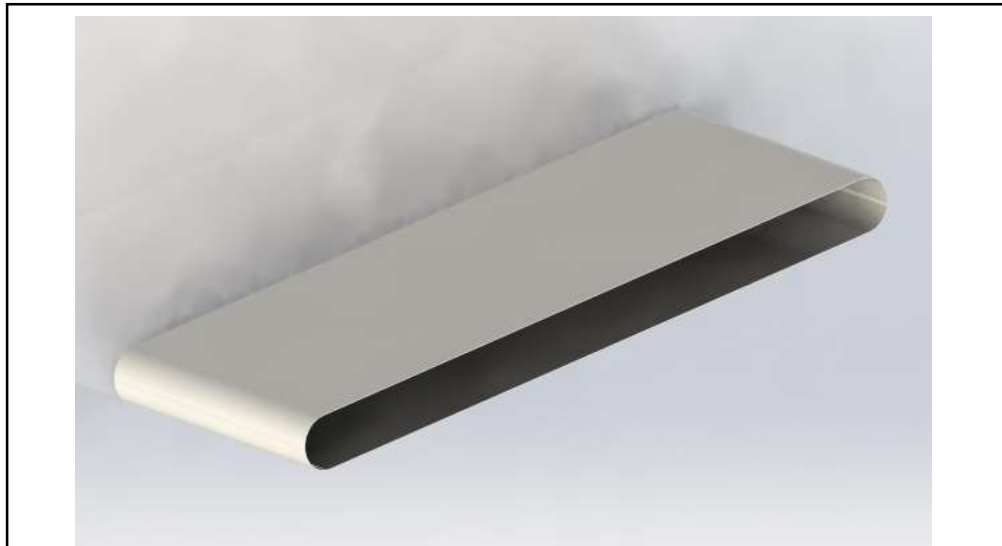


Figura 78: Banda del transportador

Tabla 34: Ficha técnica banda

Ficha técnica banda transportadora	
Marca	HABASIT
Serie	TT12+H15
Modelo	HabaGUARD
Tipo	Alimentaria con aditivos antimicrobianos
Material	Poliuretano termoplástico (TPU)
Patrón	Brillante
Propiedad	Medianamente adhesivo
Color	Blanco
Número de tejidos	2
Espesor de banda	1,3 mm

Fuente: HABASIT (2017)

- **Elección de tambor**

Para la selección de los tambores que accionaran la banda para el transporte de la masa mezclada y laminada, se determinara por medio del ancho mínimo de la banda, por lo tanto se recurre a la siguiente tabla con valores establecidos y normalizados según normativas internacionales.

Tabla 35: Valores aproximados del peso de los rodillos (en kg) distanciados un metro entre sí

Ancho de banda	Diámetros exteriores en mm									
	51		70		89		108		183	
	Pla	Abar	Pla	Abar	Pla	Abar	Pla	Abar	Pla	Abar
300	1,6	2,4	2,7	4,1						
400	1,9	2,7	3,2	4,6						
500	2,2	3,0	3,7	5,1						
600			4,2	5,7	6,5	9,1				
700			4,8	6,3	5,1	9,7				
800			5,4	6,8	5,8	10,4	11,4	16,0		
900					8,4	11,0	12,3	16,9		
1000					9,1	11,7	13,3	15,9	15,5	23,5

Fuente: Roldán (2010)

Según la tabla 35, el diámetro de los rodillos será de 89 mm, teniendo en cuenta que el ancho mínimo de banda es 500 mm.

Los tambores motriz y conducido serán fabricados con tubos redondos de acero inoxidable de grado alimenticio 304 y de acuerdo a las especificaciones calculadas; 89 mm de diámetro y 500 mm de longitud. Además, los ejes serán de 35 mm de diámetro y se ajustarán dentro del tambor respectivo, de tal manera que los extremos se sujetarán por medio de chumaceras de piso. (Ver tabla 35 y figura 79).



Figura 79: Tambor transportador

Una vez calculada la velocidad máxima (2,3 m/s) y el radio del tambor (44,5 mm) a utilizar en el subsistema de transporte, se podrá hallar la velocidad mínima requerida para el presente sistema.

Para el cálculo de la velocidad mínima requerida se utilizarán ciertos datos de los cálculos para la determinación del motor, como la velocidad con la que gira el motor, el cual es de 3400 RPM y el ratio del reductor que es de 1 a 40. Por lo tanto, si la velocidad de entrada del reductor es 3400 RPM y la relación es de 1 a 40, entonces la velocidad de salida del reductor será de 85 RPM. Estos datos se extraen de las tablas 57 y 58.

Entonces, para hallar la velocidad en m/s se establecen las siguientes conversiones:

Si:

$$1 \text{ revolución por minuto} = 2 \pi \text{ rad}$$

Entonces:

$$85 \frac{\text{revoluciones}}{\text{minuto}} \times \frac{2 \pi \text{ rad}}{\text{revoluciones}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = \frac{8,89 \text{ rad}}{\text{segundo}}$$

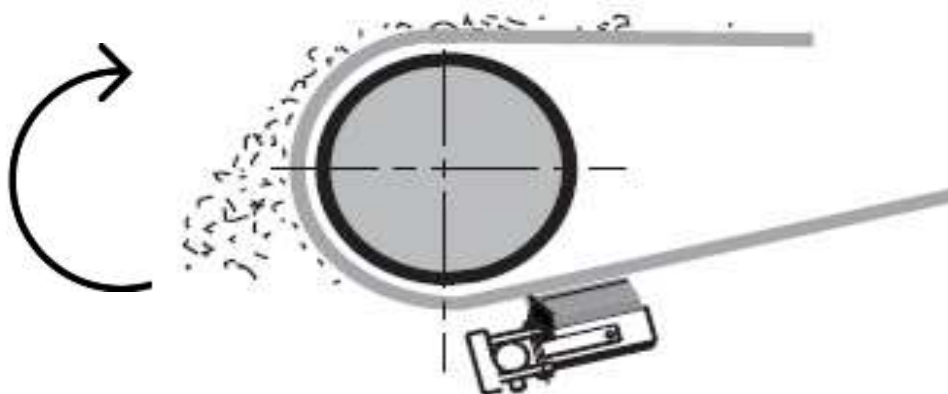


Figura 80: Esquema de giro del tambor de la faja

Sabiendo que:

$$\text{Radio del elemento que gira} = \text{Radio de tambor} = 44,5 \text{ mm} = 4,45 \text{ cm}$$

Por lo tanto:

$$Velocidad\ requerida = 8,89 \frac{rad}{s} \times 4,45\ cm$$

$$Velocidad\ requerida = 39,56 \frac{cm}{s}$$

- **Elección de sensor óptico (Detector fotoeléctrico)**

Para la detección fotoeléctrica se utilizarán tres sensores ópticos, los cuales estarán distribuidos a lo largo de toda la estación de fajas y laminadoras, con la finalidad de censar la masa mezclada o laminada en movimiento, y por lo tanto los motores de cada equipo se activaran de acuerdo a una secuencia establecida. Estos se colocarán en una base de platina muy cerca de las bandas transportadoras, de manera que la sensibilidad detectora de proximidad del cuerpo sea óptima.

El sensor óptico a utilizar será un detector fotoeléctrico Osisence XU, de proximidad con una detección de corto alcance, hasta 2 metros (dependiendo del color del objetivo), de modo difuso con un contacto normalmente abierto o cerrado dependiendo de la función, con 3 hilos, con una frecuencia máxima de 250 hz y una alimentación de 12 – 24 voltios. Además para el funcionamiento del sensor óptico se requiere de un entorno limpio y el objeto a detectar debe tener ciertas propiedades reflectantes, con código de referencia de fabricación XUM0APSAL2 según catálogo de la compañía Schneider Electric.

Se optó por un detector fotoeléctrico, considerando que sería el más adecuado para detectar cuerpos en movimiento a cualquier velocidad y a una distancia moderada sin estar en contacto físico con la masa. Cabe resaltar también que tiene un peso ligero, de fácil montaje e instalación, bajo coste, tecnología bien establecida, mayor precisión y sensibilidad.

El primer sensor óptico estará ubicado en la faja 1, de tal manera que detecte la masa mezclada al momento que ocurra la descarga y se activaran los motores de la faja 1, 2, 3, 4 y 5; así mismo los motores de las maquinas laminadoras 1, 2, 3 y 4. El segundo sensor óptico estará situado en la faja 5, activando el cernidor vibratorio y el subsistema de vaivén; y un último sensor óptico ubicado en el subsistema de vaivén, el cual permitirá la inversión de giro de la máquina mezcladora.

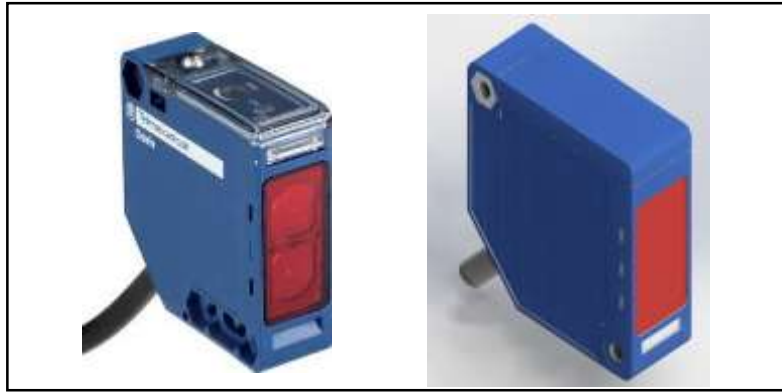


Figura 81: Detector fotoeléctrico (sensor óptico)

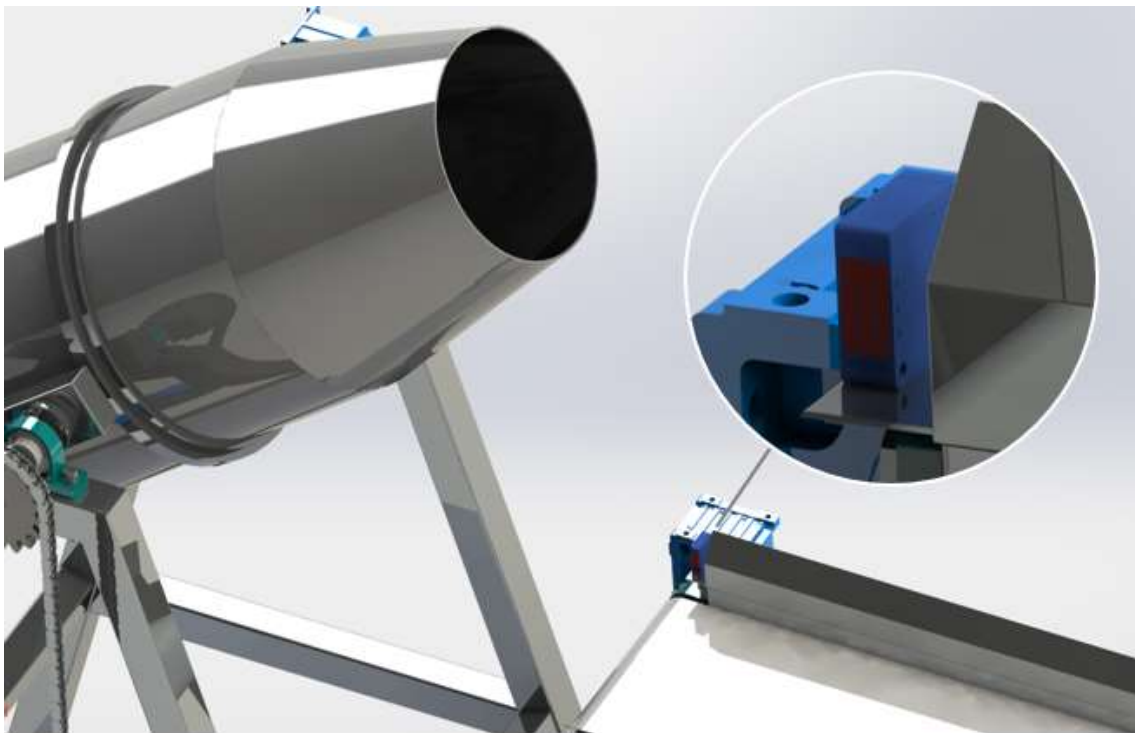


Figura 82: Funcionamiento del sensor óptico

3.2.1.3. Subsistema de laminado

La finalidad de este subsistema es la laminación de la masa mezclada de acuerdo a cada separación en los rodillos de las 4 máquinas laminadoras. El ajuste y calibración de la abertura de estos serán de 10 mm, 5 mm, 3,5 mm y 1,5 mm. Además, cada máquina laminadora estará ubicada entre cada faja transportadora, y entre estos equipos habrá un espacio vacío, por lo tanto se acoplará unas pequeñas plancha de acero inoxidable, de manera que los une y evita las caídas de masa o mermas de la misma que se podrían generar durante todo el recorrido.

La distancia de separación de cada máquina laminadora dependerá de las dimensiones de las fajas transportadoras, las cuales serán de 1 metro de longitud aproximadamente.

En la figura 83 se presentan el esquema renderizado de la maquina laminadora.



Figura 83: Esquema renderizado de máquina laminadora

Por razones de seguridad y estética, al igual que la mezcladora se opta por acoplar un guarda fija de seguridad, de manera que recubre los piñones y el sistema de transmisión de polea y faja, evitando algún riesgo que pueda generarse durante el proceso.

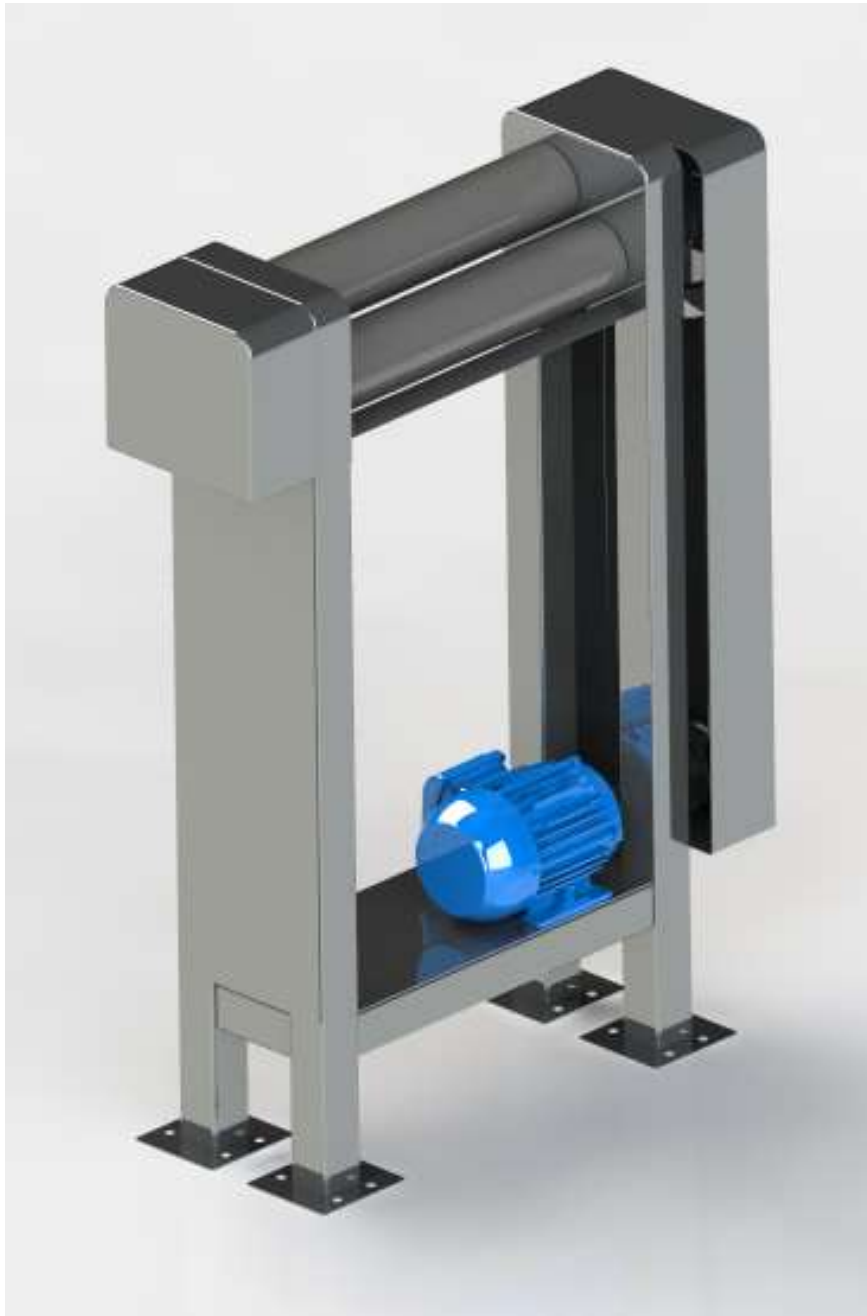


Figura 84: Esquema renderizado de máquina laminadora con guarda de seguridad

En las figuras 85 y 86, se presentan los planos esquemáticos con sus tres vistas principales y el plano de materiales señalando cada componente de la máquina.

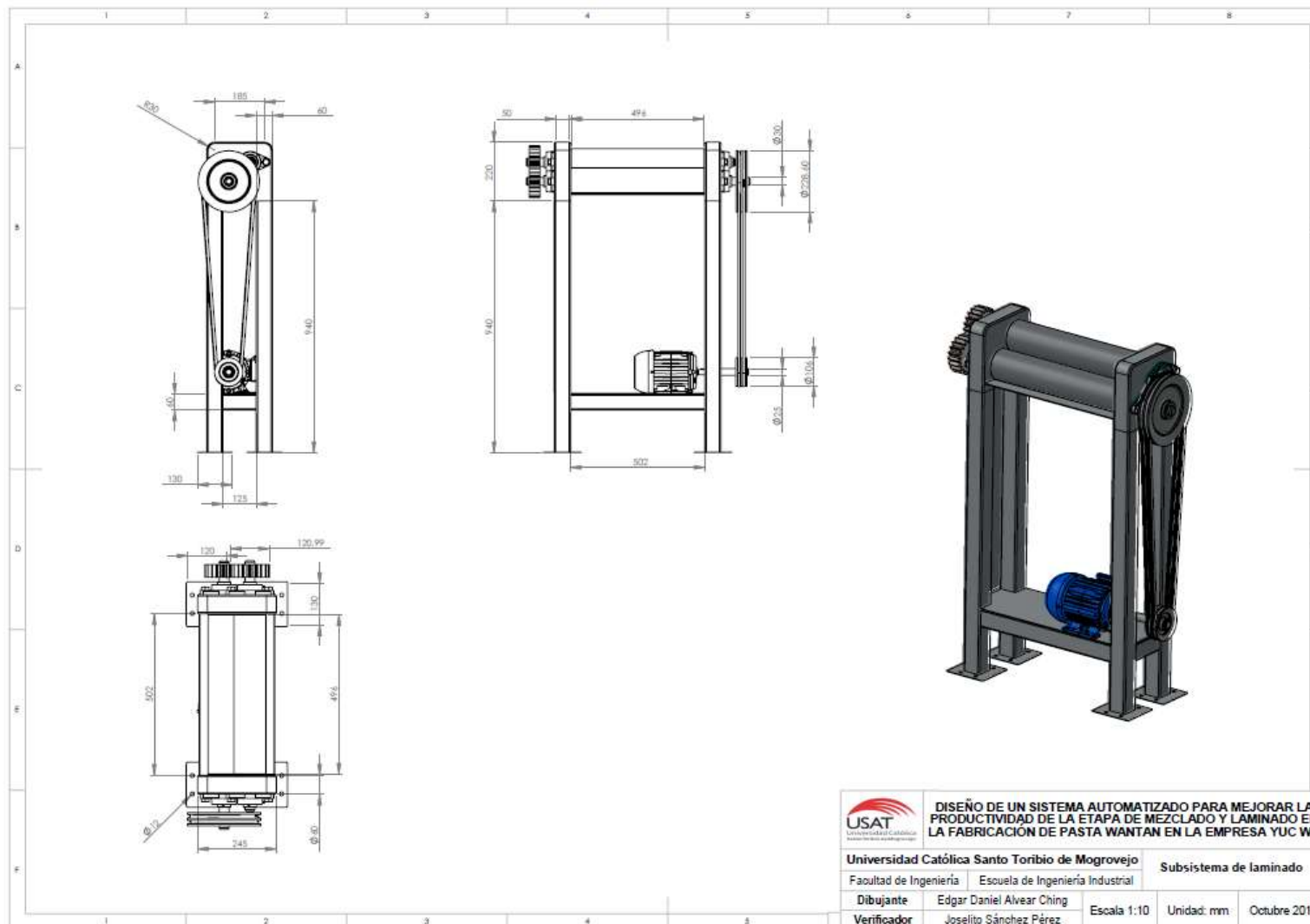


Figura 85: Plano esquemático del subsistema de laminado con sus tres vistas principales

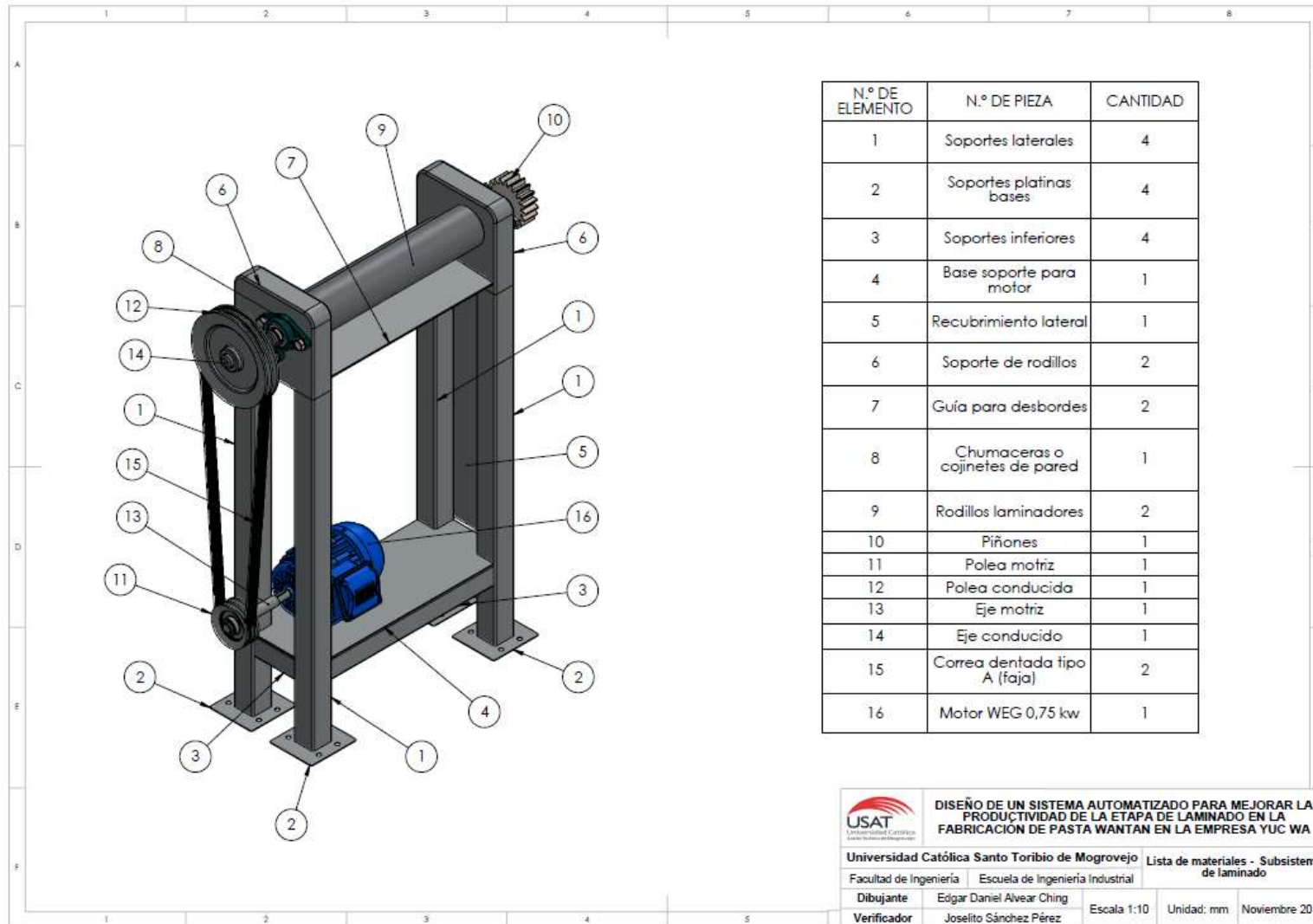


Figura 86: Plano de materiales del subsistema de laminado

- **Elección de rodillos**

Para la selección de los rodillos, se tomará como referencia las mismas características, material de fabricación, la posición e inclinación de los rodillos de la maquina laminadora actual, a excepción de la longitud, diámetro exterior e interior, siendo las nuevas dimensiones: 500 mm, 10 mm y 30 mm, respectivamente.

El material de fabricación será un tubo redondo o una barra redonda de acero inoxidable de grado alimenticio 304. Además el ángulo de la inclinación que estarán posicionados los rodillos motriz y conducido será entre 18° a 30°; de esta manera solo se empujará hasta cierto punto sin mucho esfuerzo, la masa no se regresará, no se alzarla la masa, el paso de la masa junto con el giro del rodillo será mínimo y se podrá observar al momento que la masa pase al otro extremo, en este caso a la faja transportadora 2.



Figura 87: Rodillos de laminación

Tabla 36: Ficha técnica rodillos para laminado

Ficha técnica rodillos	
Diámetro exterior	100 mm
Diámetro interior	30 mm
Longitud	500 mm
Ángulo de inclinación	18° a 30°
Material	Acero inoxidable sanitario
Tipo de material	Grado alimenticio 304

Fuente: Empresa Yuc Wa

Por otro lado, los rodillos estarán sujetos por medio de unos ejes atravesados en su interior, y estos a su vez estarán acoplados a unos cojinetes o chumaceras de pared de carcasa abridado con 2 agujeros, de la compañía Norelem cuya

referencia de fabricación según catalogo es 24244 MUCFL. Estas chumaceras serán las mismas que se utilizarán para hacer girar a la estructura de volteo. (Ver tabla 28)

- **Elección de poleas y fajas**

Para la elección de poleas, se tomará como referencia las mismas que se utilizan en la máquina laminadora actual. En la tabla 37 y 38 se describen en sus respectivas fichas técnicas:

Tabla 37: Ficha técnica polea motriz

Ficha técnica polea motriz	
Diámetro exterior	4,17 pulgadas
Diámetro interior	0,98 pulgadas
Material	Acero inoxidable sanitario
Tipo de material	Grado alimenticio 304

Fuente: DUCASSE (2017)

Tabla 38: Ficha técnica polea conducida

Ficha técnica polea conducida	
Diámetro interior	1,18 pulgadas
Diámetro exterior	9 pulgadas
Material	Acero inoxidable sanitario
Tipo de material	Grado alimenticio 304

Fuente: DUCASSE (2017)



Figura 88: Polea motriz



Figura 89: Polea conducida

Según el manual técnico Rexon (2005), para la elección la correa industrial a utilizar en el sistema, es necesario analizar el tipo de maquina accionada y condiciones de arranque, la potencia del motor, la velocidad del motor, el diámetro exterior y tipos de poleas para el accionamiento del motor, la distancia aproximada entre ejes, condiciones ambientales de funcionamiento (humedad, polvo, aceite, temperatura, interperie, etc.) y horas de funcionamiento diarias previstas.

Además, es necesario el conocimiento de la potencia consumida por la maquina o potencia nominal del motor, la velocidad de rotación de la polea menor, generalmente la velocidad del motor y la potencia efectiva de la transmisión. Para determinar esta potencia se determina mediante la siguiente ecuación:

Si:

$$Potencia_{efectiva} = Potencia\ consumida \times 0,746 \times Factor\ de\ servicio$$

El factor de servicio se determina a través de una tabla establecida con valores predeterminados (*Ver anexo 41*); de acuerdo a la clase de trabajo que se realiza; si es ligero, mediano, pesado o extra pesado; además se detalla el tipo de máquinas motrices que se accionan y las horas de servicio diarias entre menos de 10 a más de 16 con respecto al par de arranque, ya sea normal o elevado.

Según estos parámetros de la tabla establecida, el factor de servicio es 1,1 debido a que corresponde a un trabajo mediano, con menos de 10 horas de servicio diarias y el accionamiento es en una máquina laminadora.

El motor a utilizar será de 0,75 kW de potencia y velocidad de la polea motriz será de 3400 rpm.

Por lo tanto:

$$Potencia_{efectiva} = 0,75 \text{ kW} \times 0,746 \times 1,1$$

$$Potencia_{efectiva} = 0,82 \text{ kW}$$

Una vez determinado los datos requeridos, se procede a realizar una intersección entre la potencia efectiva de la transmisión calculada (eje X), con las revoluciones por minuto de la polea motriz (eje Y); en la tabla de elección de las correas clásicas. (Ver anexo 40).

En la tabla establecida se detalla los tipos de correas industriales clasificados de acuerdo a letras, ya sean Z, A, B, C, D y E

Los valores a utilizar en la tabla son:

$$Potencia_{efectiva} = 0,82 \text{ kw}$$

$$Velocidad \text{ de polea motriz} = 3400 \text{ rpm}$$

Para la elección del tipo de correa a utilizar en el presente subsistema, se realiza la intersección, se elige la respectiva letra, siempre y cuando los resultados obtenidos se encuentren dentro del área o sección de esta.

Según la intersección de revoluciones por minuto de la polea motriz y la potencia efectiva en kW se seleccionó la correa de tipo A con alta precisión dentada.

Según GPR Industrial (2017), las correas de tipo A son resistentes a la grasa y antiestáticas y se utilizan comúnmente en aplicaciones que necesiten capacidad de caballos de fuerza y cuando la instalación de varias correas sencilla es impráctica debido a limitaciones de espacio. El diseño y construcción de estas correas aseguran un desempeño suave y una operación silenciosa. Se recomienda su uso cuando hay presencia de vibración o deslizamientos por la instalación de varias correas.

Según Dunlop (2016), las correas de alta precisión dentada tienen una elevada transmisión de potencia, una elevada duración, una elevada estabilidad dimensional, un elevado rendimiento, garantiza una absoluta confiabilidad del

sistema de transmisión, reduce las paradas por mantenimiento y reduce la pérdida de potencia debido al uso de la correa alta prestación.

Tabla 39: Ficha técnica correa dentada de tipo A

Ficha técnica correa dentada tipo A	
Marca	OBTIBELT
Serie	SUPER TX
Longitud	92,12 mm
Altura	560 mm
Material	Goma

Fuente: OBTIBELT (2017)

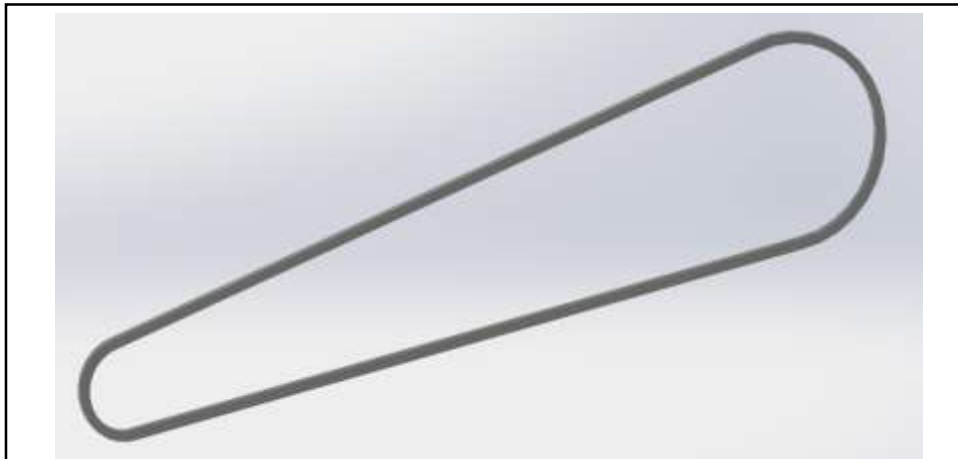


Figura 90: Correa dentada de tipo A

Según Rexon (2005), si la distancia entre ejes es menor a la mínima, se presentan problemas de patinamiento en las correas disminuyendo consecuentemente la potencia transmitida, la vida útil de las poleas y de las correas.

Si la distancia entre ejes es mayor a la máxima, a pesar de existir un mejor "agarre" de la correa en las poleas, las vibraciones de la correa se aumentan demasiado quedando por encima de lo recomendado haciendo que la correa sea sometida a un exceso de "flexiones" que agotan la correa acabándola prematuramente.

Entonces, la distancia entre ejes:

Donde:

D_{pm} = Diámetro polea motriz

D_{pc} = Diámetro polea conducida

Por lo tanto:

Para la distancia mínima:

$$\begin{aligned}D_{\text{mínima}} &= 0,7 \times (D_{pm} + D_{pc}) \\D_{\text{mínima}} &= 0,7 \times (6 \text{ cm} + 22 \text{ cm}) \\D_{\text{mínima}} &= 19,6 \text{ cm} \\D_{\text{mínima}} &= 7,7 \text{ pulgadas}\end{aligned}$$

Para la distancia máxima:

$$\begin{aligned}D_{\text{máxima}} &= 2,0 \times (D_{pm} + D_{pc}) \\D_{\text{máxima}} &= 2,0 \times (6 \text{ cm} + 22 \text{ cm}) \\D_{\text{máxima}} &= 56 \text{ cm} \\D_{\text{máxima}} &= 22 \text{ pulgadas}\end{aligned}$$

Según los resultados obtenidos, la distancia entre los ejes deberá tener un valor muy aproximado a 22 pulgadas.

Según Rixon (2005), al colocar una correa en una transmisión, la correa no trabaja sobre los diámetros exteriores de las poleas, ni alcanza a tocar el fondo de las poleas (diámetro interior). La velocidad real de la transmisión se determina por el desarrollo primitivo de la correa, que corresponde al punto medio de la correa, y se denomina Factor "i". En razón a que la polea recibe en su diámetro el contacto de la correa, se debe considerar para el cálculo de las transmisiones $2i$ (dos veces i) en cada polea que intervenga en la transmisión.

Por otro lado, entre mayor sea la distancia entre ejes (sin exceder de la distancia máxima), más óptima es la transmisión, dado que el contacto de las correas con las poleas es mayor; por lo tanto se sugiere que se utilice la distancia que más se aproxime a la "distancia máxima".

Tabla 40: Factor "i" para cada tipo de correa

Factor "i"	
Tipo de correa	Factor en mm
Z	2,5
A	3,3
B	4,2
C	5,7
D	8,1
E	9,6

Fuente: Rixon (2005)

Según la tabla 40 se utilizará el factor 3,3 mm, ya que la correa seleccionada es de tipo A.

Según Rexon (2005), las poleas comerciales se consiguen en pulgadas y por su diámetro exterior; razón por la que una vez calculada la transmisión debemos convertir el diámetro primitivo obtenido a diámetro exterior dividiendo su valor por 25,4 y aproximando sus dos últimos dígitos a 0,50 o a 1,00 por exceso o por defecto según sea el caso.

Reemplazando el factor i , para cada diámetro:

$$D_{ppm} = \text{Diámetro exterior} - 2i$$

$$D_{ppc} = \text{Diámetro exterior} - 2i$$

Donde:

$$D_{ppm} = \text{Diámetro primitivo de polea motriz}$$

$$D_{ppc} = \text{Diámetro primitivo de polea conducida}$$

Por lo tanto:

$$D_{ppm} = \text{Diámetro exterior} - 2i$$

$$D_{ppm} = 60 \text{ mm} - (2 \times 3,3 \text{ mm})$$

$$D_{ppm} = 53,4 \text{ mm}$$

$$D_{ppm} = 2 \text{ pulgadas}$$

$$D_{ppc} = \text{Diámetro exterior} - 2i$$

$$D_{ppc} = 220 \text{ mm} - (2 \times 3,3 \text{ mm})$$

$$D_{ppc} = 213,4 \text{ mm}$$

$$D_{ppc} = 8 \text{ pulgadas}$$

Por otro lado, también es necesario el cálculo de la longitud de la correa y se determina mediante la siguiente fórmula establecida:

Si:

$$L_{correa} = \left[\left(D_{ppm} + D_{ppc} \times \frac{\pi}{2} \right) \right] + [2 \times Le] + \left[\frac{(Dp - dp)^2}{4 \times Le} \right]$$

Donde:

L_{correa} = Longitud de la correa a utilizar

D_{ppm} = Diámetro primitivo de polea motriz

D_{ppc} = Diámetro primitivo de polea conducida

Le = Distancia entre los ejes

D_p = Diámetro primitivo polea mayor

d_p = Diámetro primitivo polea menor

Por lo tanto:

$$L_{correa} = \left[\left(213mm + 534mm \times \frac{\pi}{2} \right) \right] + [2 \times 560mm] + \left[\frac{(534mm - 234mm)^2}{4 \times 560mm} \right]$$

$$L_{correa} = 2339,90mm$$



Figura 91: Esquema renderizado de la transmisión de polea y faja

- **Elección de piñones**

Para la selección de los piñones motriz y conducido también se tomará como referencia a la

Actualmente, en la máquina laminadora se utilizan 4 engranajes; uno de 5 cm, otro de 22 cm y los dos restantes de 10 cm de diámetro. El movimiento del más pequeño, se origina por medio del sistema de transmisión polea y faja; a su vez, este, genera una fuerza al engranaje de mayor dimensión, el cual está unido desde el centro de su eje al engranaje de 10 cm lo que permite también realizar el giro al último engranaje. Este último genera movimiento al rodillo conducido.

Para el nuevo subsistema, solo se utilizarán dos engranajes, con la finalidad de que el tiempo de giro del rodillo conducido sea el mismo que el rodillo motriz.

Tabla 41: Ficha técnica de piñón motriz y conducido

Ficha técnica piñón motriz y conducido	
Diámetro exterior	3,79 pulgadas
Diámetro interior	1,18 pulgadas
Diámetro primitivo	4,76 pulgadas
Numero de dientes	20
Material	Acero inoxidable sanitario
Tipo de material	Grado alimenticio 304

Fuente: DUCASSE (2017)



Figura 92: Piñón motriz y conducido

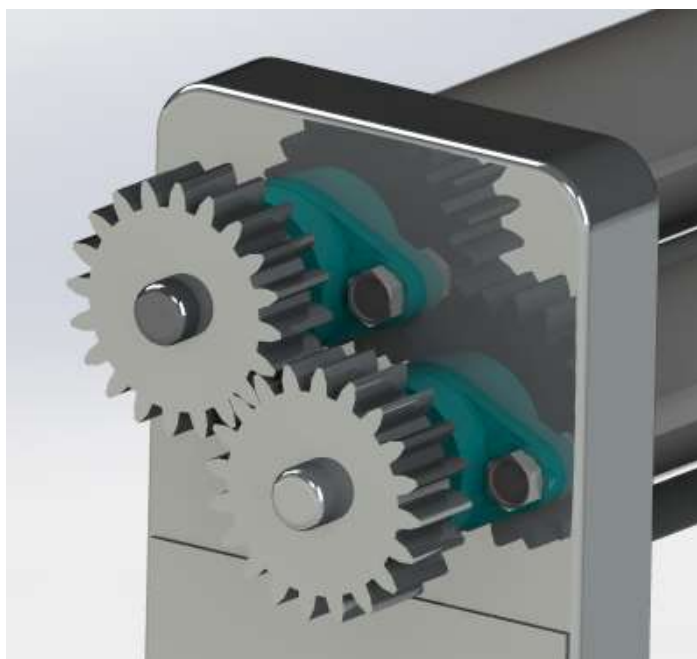


Figura 93: Esquema renderizado del sistema de transmisión de piñones

3.2.1.4. Subsistema cernidor vibratorio y cepillo reductor

La finalidad del subsistema cernidor será espolvorear o cernir maicena sobre las capas laminadas de Wantan. El cernidor se activará por medio de un sensor fotoeléctrico. Una vez que el sensor detecte la masa, la tolva del cernidor realizará un movimiento vibratorio con ayuda de un pequeño motovibrador eléctrico. (Ver figura 94)



Figura 94: Esquema renderizado de cernidor y cepillo

Para la caída de la maicena, se acoplará una malla de acero inoxidable cuyas dimensiones serán menores a la granulometría de la maicena, impidiendo el paso del polvo mientras el cernidor se encuentre desactivado.

En la figura 95 se detalla el esquema de funcionamiento del subsistema cernidor

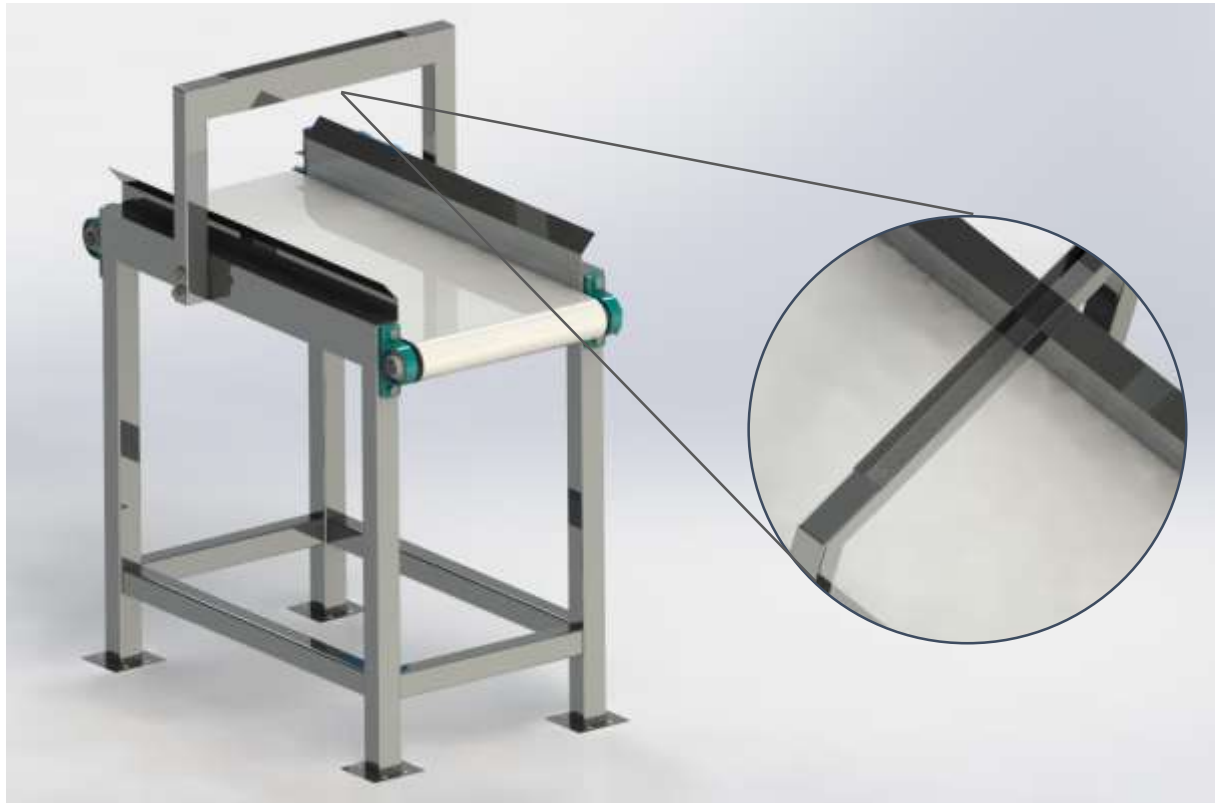


Figura 95: Funcionamiento del cernidor

La finalidad del subsistema cepillo reductor será la dispersión y homogeneización de la maicena distribuyéndola y repartiéndola en todos los extremos de la lámina una vez que haya caído.

El movimiento del cepillo reductor se realizará manualmente. Al momento que la masa laminada se encuentre cerca de esta sub – estación, es decir, de la faja transportadora 4 y laminadora 4; el operario estará alerta, de tal manera que ubique y posicione el cepillo sobre el ancho de la lámina de Wantan.

El cepillo estará ajustado y calibrado de acuerdo a la altura requerida; por medio de unos pernos de cabeza hexagonal, y tuercas de acero inoxidable de grado alimenticio 304. (Ver figura 96).

En la figura 97 se detalla el esquema de funcionamiento del subsistema.

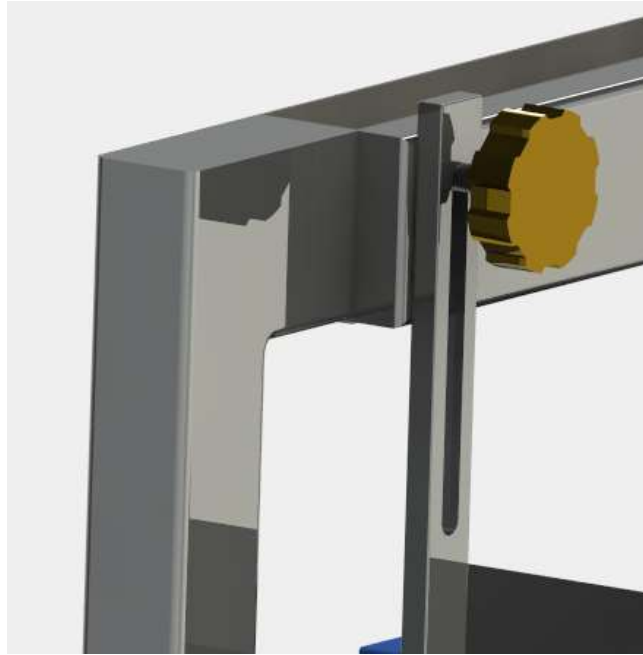


Figura 96: Nonios para regulación de altura de cepillo lineal

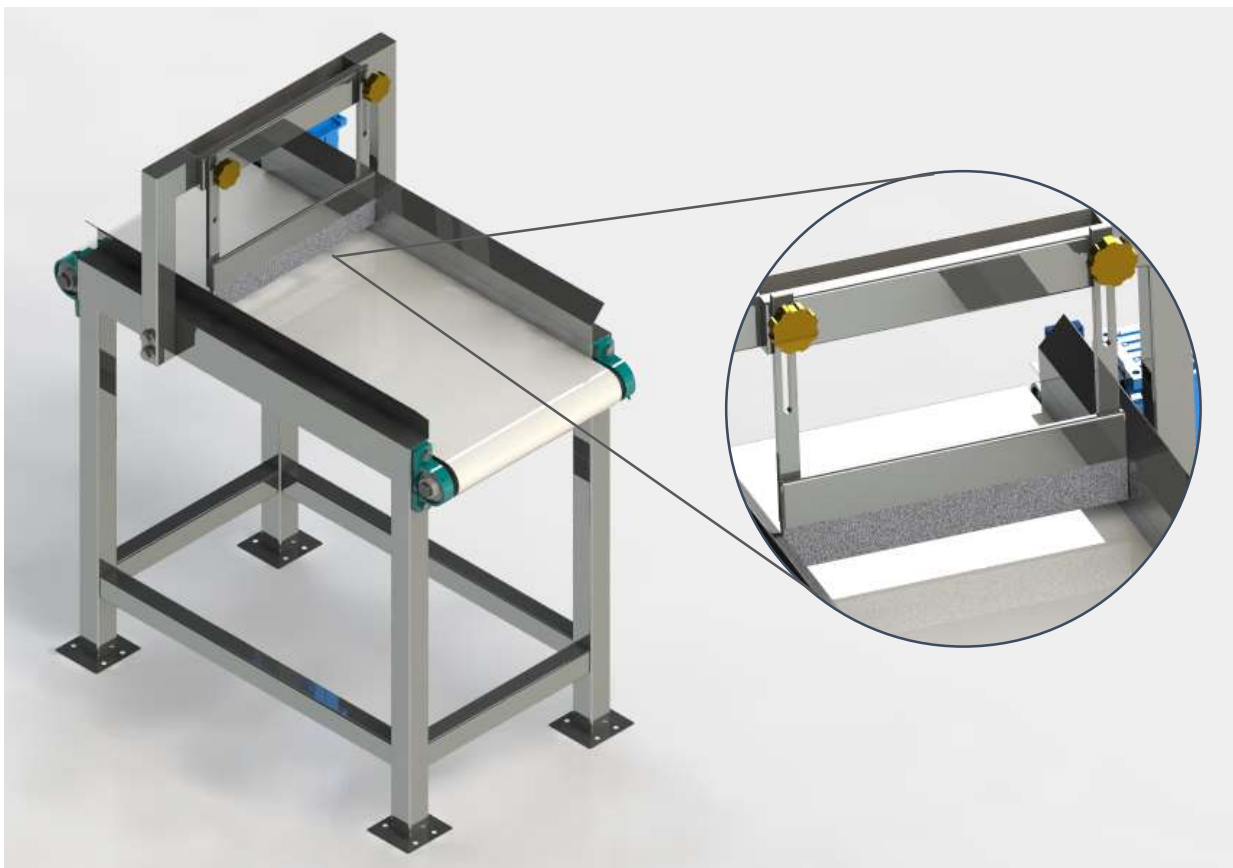


Figura 97: Funcionamiento del cepillo reductor acoplado en la faja transportadora 5

En las figura 98 y 99, se visualizan el plano esquemático con sus tres vistas principales y el plano de materiales señalando cada componente de la máquina.

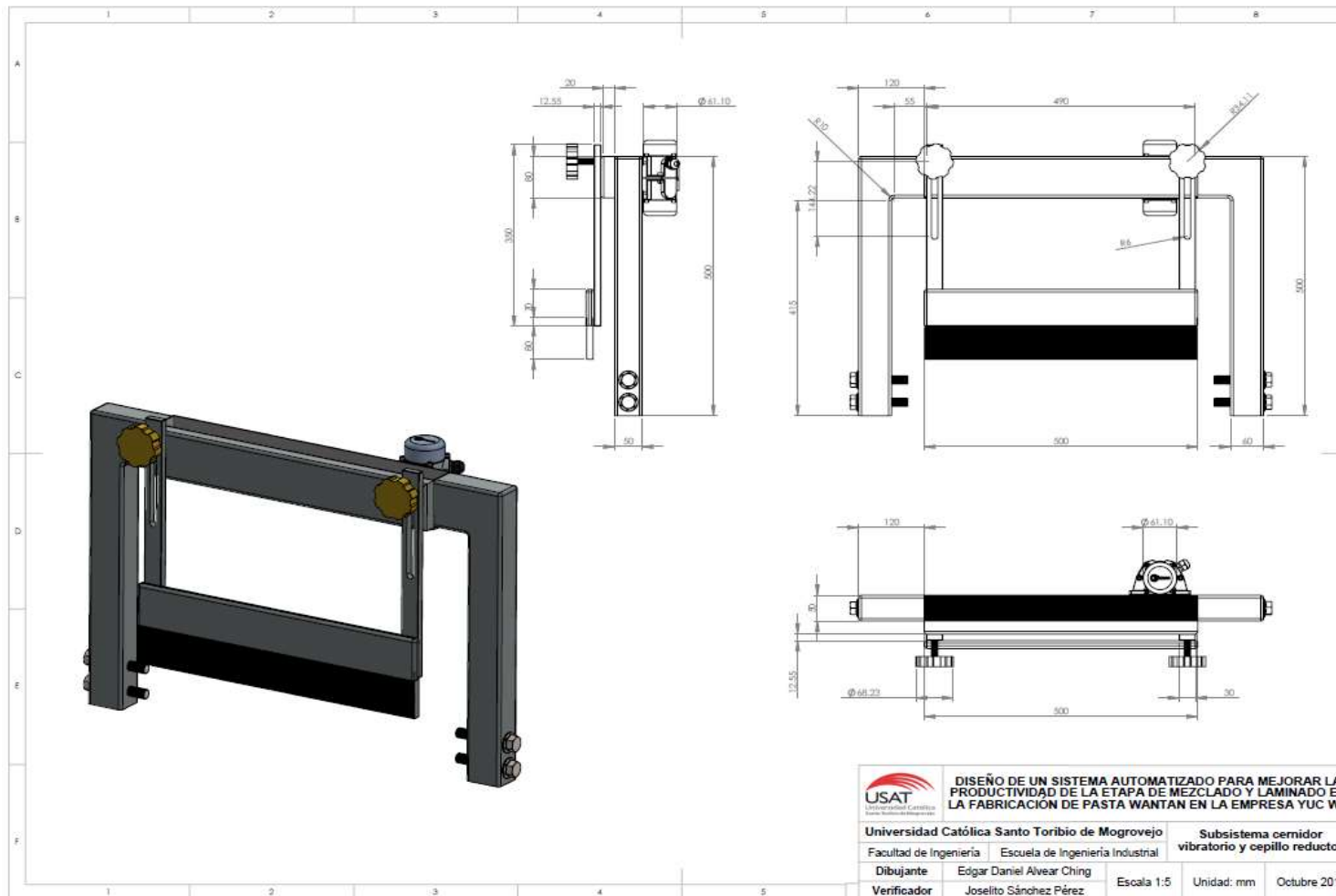


Figura 98: Plano esquemático de subsistema cernidor vibratorio y cepillo reductor con sus tres vistas principales

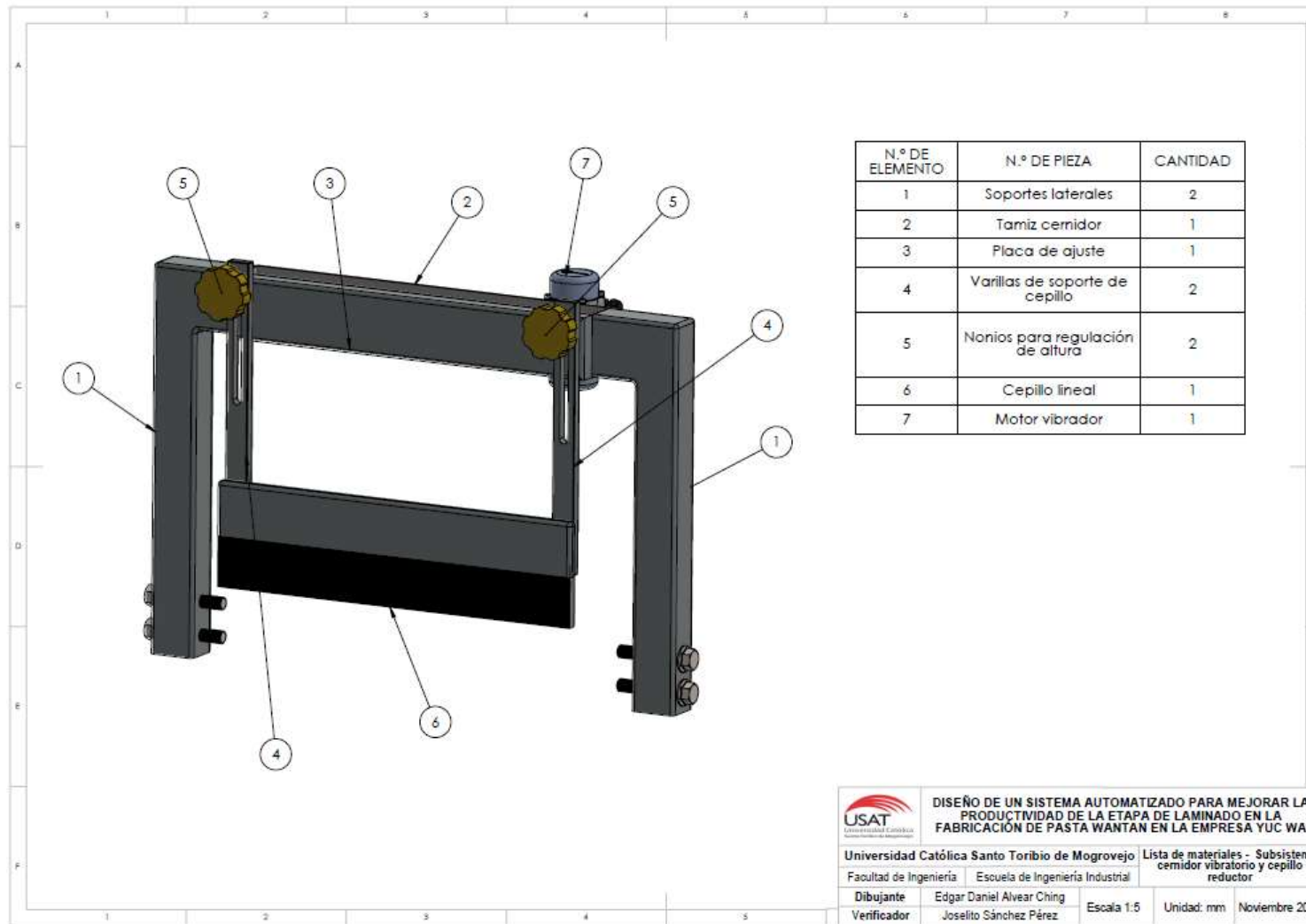


Figura 99: Plano de materiales de subsistema cernidor vibratorio y cepillo reductor

- **Tamiz cernidor**

Para la dosificación de maicena se fabricará un tamiz en forma de paralelepípedo, la cual estará ubicada por encima de la faja transportadora 4 y ajustada en un soporte estructural mediante pernos de cabeza hexagonal y tuercas. Por otro lado, las dimensiones se considerarán de acuerdo al ancho, largo y altura de la faja transportadora.

En primer lugar, se calcula la capacidad de carga del tamiz cernidor representado en unidades de volumen por medio de la densidad de la maicena (almidón o fécula de maíz). Este valor se extrae de una hoja de datos de seguridad del grupo TRANSMERQUIN, en la sección de propiedades fisicoquímicas del producto. (Ver anexo 45).

$$\text{Densidad de almidón de maiz} = 1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Una vez determinada la densidad de la maicena, se procede a calcular la cantidad de maicena que se utiliza para producir 100 kg de masa Wantan.

Entonces:

Si:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg de pasta Wantan} &\rightarrow 0,017 \text{ kg de maicena} \\ 100 \text{ kg de pasta Wantan} &\rightarrow X \text{ kg de maicena} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 1,7 \text{ kg de maicena se emplean para } 100 \text{ kg de Wantan} \\ X &= 1700 \text{ g de maicena se emplean para } 100 \text{ kg de Wantan} \end{aligned}$$

A continuación se calcula la capacidad volumétrica, por medio de la ecuación establecida de la densidad:

Si:

$$\rho = \frac{\text{Masa (kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

Entonces:

$$1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{1700 \text{ g}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Volumen} = 1133,33 \text{ cm}^3 = 0,0011 \text{ m}^3$$

Finalmente, con los datos hallados se procede a calcular la altura del tamiz, puesto a que el ancho será el mismo que la faja transportadora (50 cm) y se considera una longitud de 3 cm; para ello se formula la siguiente ecuación:

Si:

Volumen del paralelepípedo = largo x ancho x altura

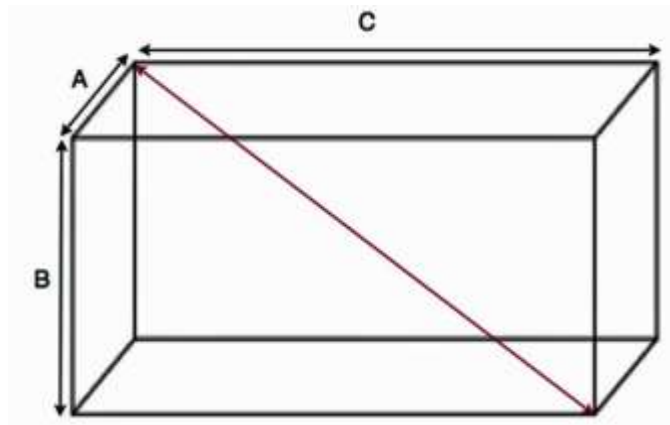


Figura 100: Esquema de un paralelepípedo

Entonces:

$$1133,33 \text{ cm}^3 = 5 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times \text{Altura}$$
$$\text{Altura} = 4,53 \text{ cm} + 3 \text{ cm de seguridad}$$
$$\text{Altura} = 7,53 \text{ cm}$$



Figura 101: Esquema renderizado del tamiz cernidor

Se considera una longitud de 2 cm puesto a que tiene que cernir maicena de acuerdo al avance de la masa laminada en la faja. En caso que la longitud sea mayor, al momento que se active el motor vibrador, la maicena caerá en donde no haya pasado aun la masa, o también habrá una excesiva caída perjudicando la calidad del producto.

- **Elección de malla**

Para cernir la maicena se elegirá una malla cuadrado de acero inoxidable de grado alimenticio 304, cuyas dimensiones se adaptarán de acuerdo a la tolva alimentadora de maicena. Para el dimensionamiento de los orificios de la malla cernidora, se tiene que tener en cuenta la granulometría de la fécula de maíz o maicena, evitando caídas del material durante el proceso productivo.

Tabla 42: Ficha técnica de malla cernidora

Ficha técnica malla	
Marca	MATEX
Ancho	50 mm
Largo	500 mm
Espesor	1 mm
Diámetro de alambre	0,021/0,016
Abertura en micrones	12 μ
Malla o Mesh	200 x 1400
Material	Acero inoxidable sanitario
Tipo de material	Grado alimenticio
Tipo de tejido	Tejido Holandés

Fuente: MATEX (2017)

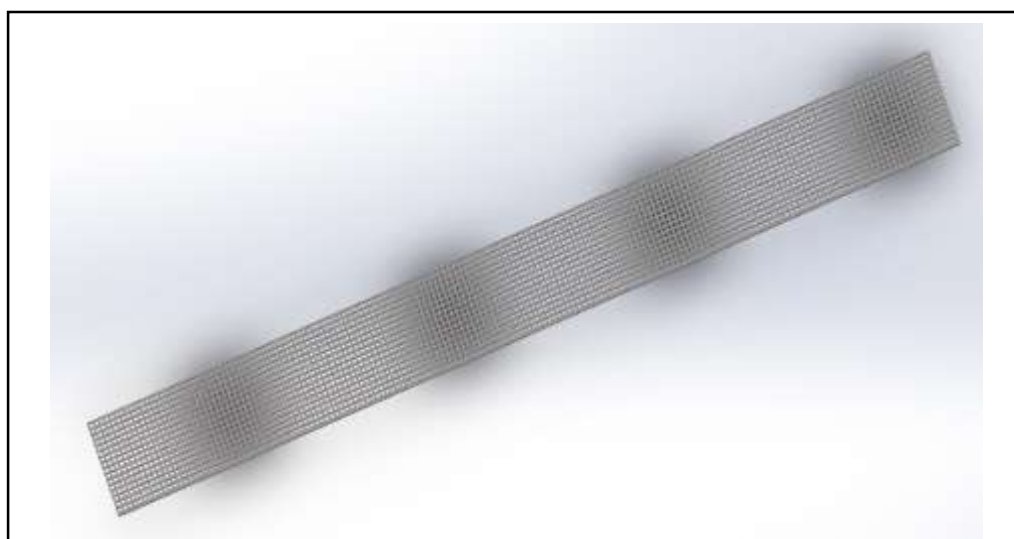


Figura 102: Malla para cernir

- **Elección de cepillo**

El cepillo a elegir será de tipo banda lineal de forma recta, el cual puede fabricarse en forma recta, del largo deseado y con una altura de material que varía según la exigencia del usuario. Estos cepillos son muy útiles debido a la capacidad de adaptación que los filamentos poseen para compensar irregularidades o diferencias de altura de las distintas superficies, permitiendo un movimiento fácil y ligero, para aislar parte móviles de fijas. Se optó por la elección de este cepillo, ya que se adapta a distintos procesos industriales, en los cuales estará en contacto directo con el alimento, desempeñándose en distintas aplicaciones como el direccionado, transporte, guía, homogeneizado, distribución y reparto de polvos finos, en este caso de fécula de maíz o maicena.

Tabla 43: Ficha técnica de cepillo lineal

Ficha técnica cepillo	
Marca	AOQUN BRUSH
Modelo	M03
Tipo	Alimenticio de banda lineal recta
Longitud	500 mm
Altura total	135 mm
Material de apoyo	Acero inoxidable AISI 304
Material de cerdas	Pelo de animales
Color de cerdas	Blanco humo

Fuente: AOQUN BRUSH (2017)

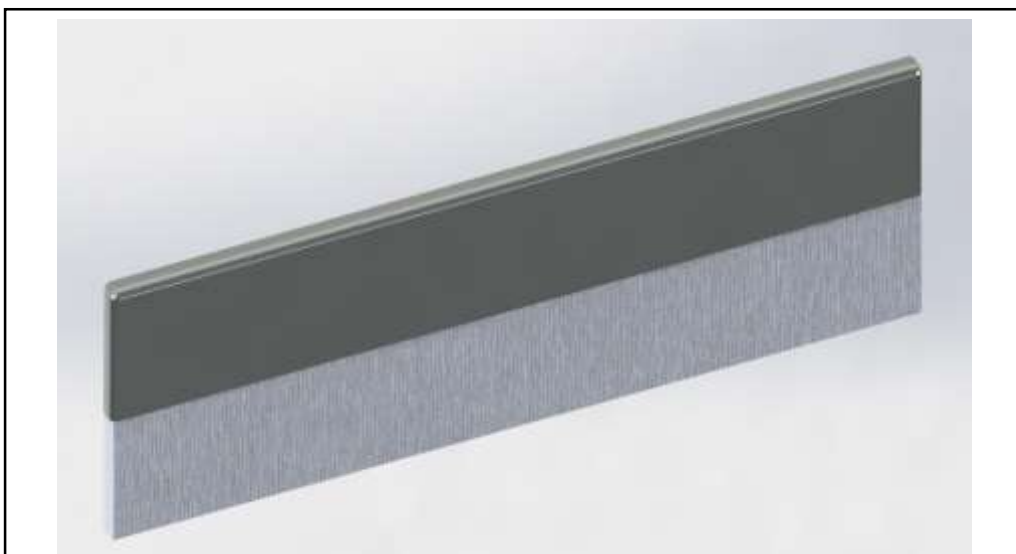


Figura 103: Cepillo lineal

3.2.1.5. Subsistema de vaivén para acopio de masa

La finalidad de este subsistema es el acopio y acomodo de masa laminada, recogida sobre una plancha de acero inoxidable, la cual es accionada con un actuador neumático acoplado por debajo de la quinta faja transportadora en el soporte general.

El recorrido de esta plancha de acero se realizará en forma de vaivén, ejerciendo un movimiento de avance y retroceso por medio de unas guías lineales de bolas, los cuales se acoplaran paralelamente a ambos lados del soporte estructural, de tal manera que la plancha encaje perfectamente de acuerdo a sus dimensiones y pueda apoyarse durante todo el recorrido.

Por otro lado, el subsistema de vaivén se activará por medio de un sensor fotoeléctrico ubicado en la quinta faja transportadora, de tal manera que al pasar la masa laminada, el sensor detecte un objeto y envíe una señal al compresor, con el objetivo de generar un movimiento a través del pistón neumático.

En la figura 104 se visualiza el esquema renderizado del subsistema vaivén.



Figura 104: Esquema renderizado de subsistema de vaivén



Figura 105: Esquema renderizado de subsistema de vaivén acoplado en faja transportadora 5

En las figuras 106 y 107 se visualizan detalladamente el plano esquemático con sus tres vistas principales y el plano de materiales señalando cada componente de la máquina.

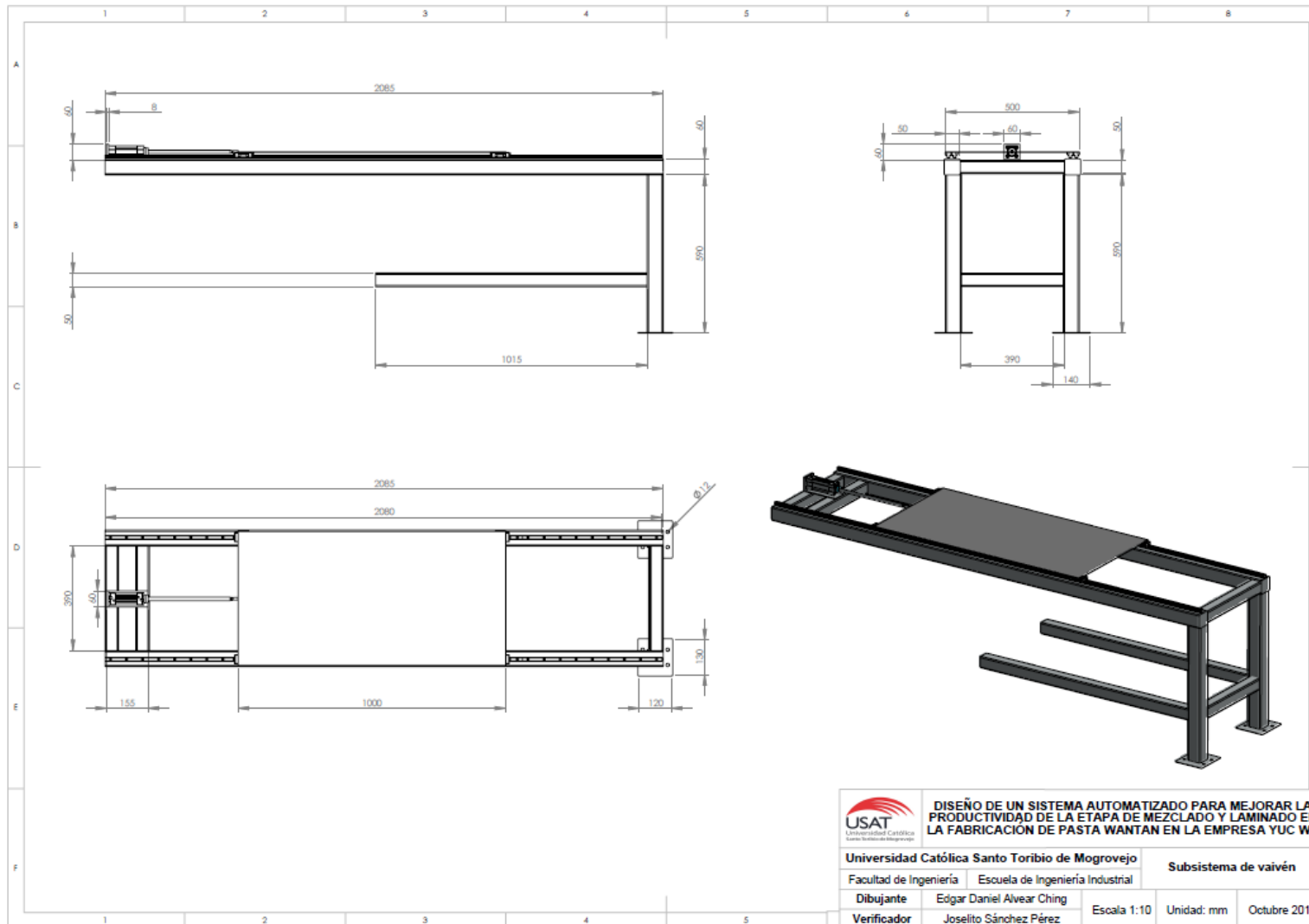


Figura 106: Plano esquemático del subsistema de vaivén con sus tres vistas principales

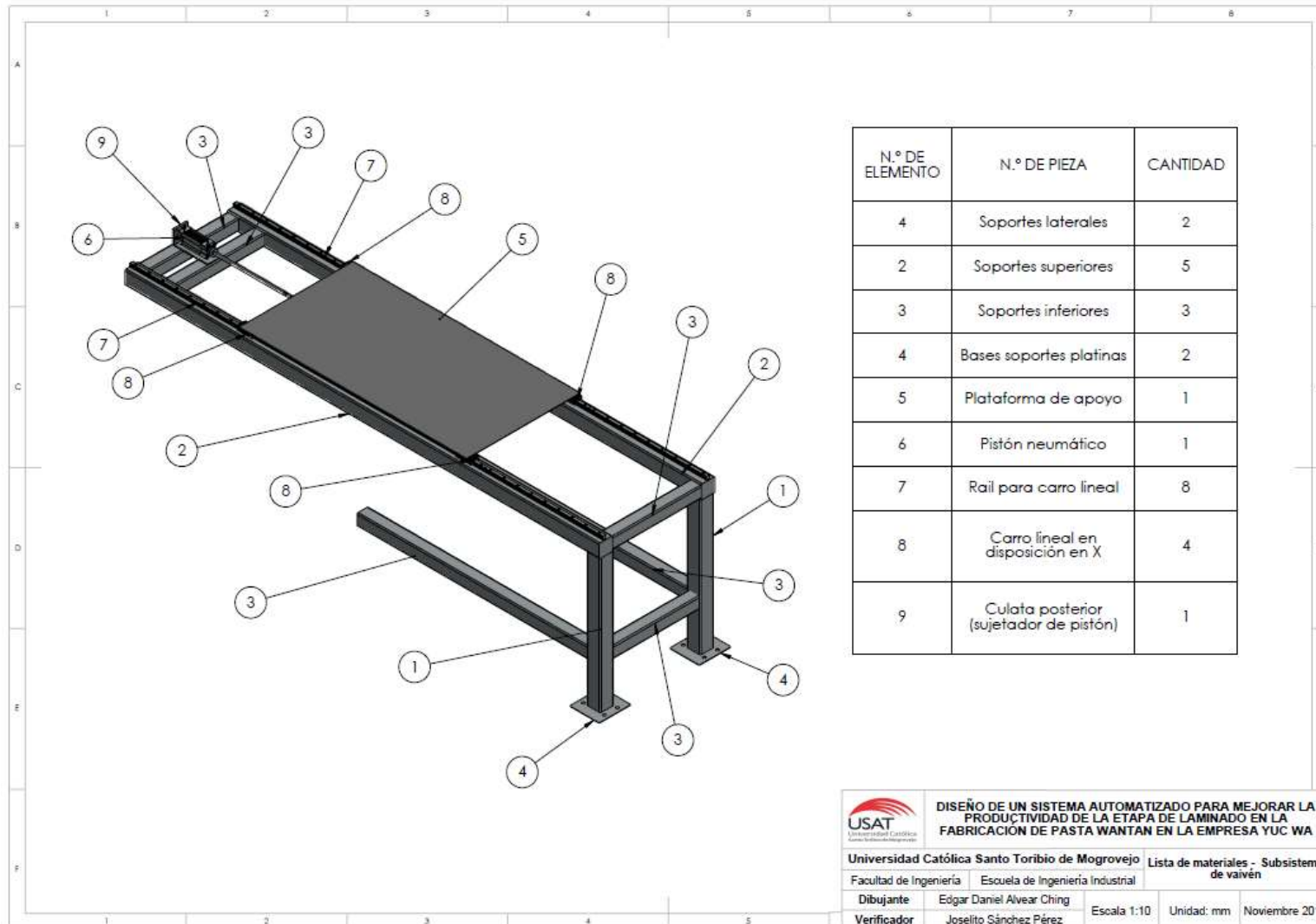


Figura 107: Plano de materiales del subsistema de vaivén

- **Plataforma de apoyo**

La plataforma se fabricará con una plancha de acero inoxidable de grado alimenticio 304, la cual estará apoyada sobre los rodamientos lineales o carros de guía lineal con la finalidad de recoger y acopiar la masa laminada. Esta plancha será acoplada con pernos y tuercas en cada extremo del carrito lineal. El dimensionamiento de la plataforma se detalla en la tabla 44.

Tabla 44: Ficha técnica de plataforma de apoyo

Ficha técnica plataforma	
Longitud	1000 mm
Ancho	500 mm
Espesor	2 mm
Material	Acero inoxidable sanitario
Tipo de material	Grado alimenticio 304

Fuente: Elaboración propia

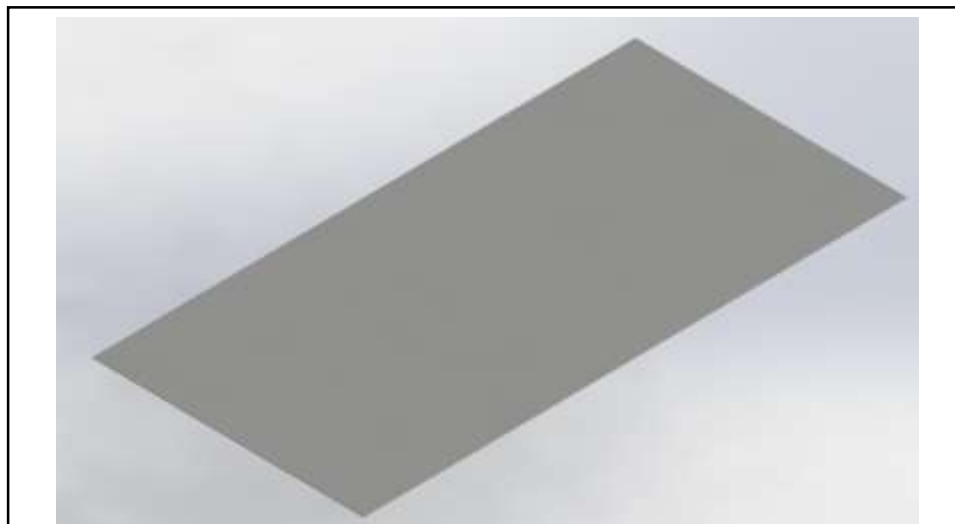


Figura 108: Plataforma de apoyo

- **Elección de guía lineal**

Para el recorrido de avance y retroceso se optó por elegir una guía lineal con patines LLT de la compañía SKF, la cual consta de un carril con caminos de rodadura rectificadas de precisión y un carro con cuatro hileras de bolas en una disposición en X.

La disposición en X es una configuración cuadrada de los caminos de rodadura dando lugar a un sistema de guiado que ofrece una capacidad de carga igual en las cuatro direcciones principales de carga, esto se debe a que el carro tiene cuatro filas de bolas posicionadas a un ángulo de 45° entre los elementos

rodantes y los carriles facilitando la distribución de manera que se reparte en ambos extremos; ofreciendo una auto – alineación, facilidad de acomodo del montaje bajo precargas, cargas pesadas y momentáneas; de fácil montaje y acople, de fácil acceso para repuestos, de fácil mantenimiento, ajuste y calibración, con un funcionamiento suave, con una mínima fricción entre el carro y el carril; además de mantenerse rígido con una fuerza requerida y precisa para procesos en donde la capacidad de carga es alta. Los carriles de guía de perfil SKF se encuentran pre – lubricados de fábrica, y cuentan con una reserva de lubricantes situados en las placas terminales, relubricando constantemente las bolas de circulación a ambos extremos del carro, con la finalidad que no existan atascos durante el movimiento de avance y retroceso. Además, cuentan con unos puertos de metal roscado para acomodar el sistema de re – lubricación automático.

Se optó por elegir una guía lineal de la compañía SKF, ya que es un proveedor con tecnología líder a nivel mundial desde hace más de 100 años, fabricando los mejores productos y contando con las mejores experiencias y conocimientos prácticos en más de 40 industrias en rodamientos y unidades de rodamientos, sellos, mecatrónica, servicios y sistemas de lubricación.

Para el presente sistema se seleccionó una guía lineal con patines LLT con referencia de fabricación LLTHC de tipo A según catálogo de SKF, con brida en el carro, longitud estándar y altura estándar; con un tamaño 15, manteniendo correctamente una carga dinámica máxima de 8 400 N equivalente a 856,56 kg y una carga estática máxima de 15 400 N equivalente a 1570,36 kg; tamaño de carro adecuado para soportar 100 kg de masa Wantan durante el recorrido vaivén. Además, el número de carros por rail será de 2; con una clase de precarga T0, ya que se adaptan a sistemas de guía con carril extremadamente lisos con baja fricción y baja influencia externa; con una clase de precisión P5, la cual es estándar. Por lo tanto la orden de pedido de acuerdo a los parámetros mencionados será: LLTHC 15 A 2 T0 P5.

Para el camino de rodadura o rail tendrá una referencia de fabricación LLTHR 15 P5 A según catálogo de SKF. Para este sistema se requiere de una distancia mínima de 500 mm para realizar el recorrido. La longitud se elige de acuerdo al tamaño del carro seleccionado, el cual es de 15; por lo tanto la longitud mínima será de 60 mm y una longitud máxima de 3920 mm; medidas suficientes para poder realizar el movimiento.

A continuación se detallan las fichas técnicas y figuras de los productos analizados en la tabla 45 y 46 respectivamente.

Tabla 45: Ficha técnica de guía línea con patines

Ficha técnica guía lineal o carro	
Marca	SKF
Serie	LLTHC A
Código de fabricación	LLTHC 15 A 2 T0 P5
Tamaño de carro	15
Tipo de carro	Carro con brida con altura y longitud estándar
Número de carros por rail	2
Clase de precarga	T0
Clase de precisión	P5
Carga dinámica máxima	8400 N / 858,56 kg
Carga estática máxima	15400 N / 1570,36 kg

Fuente: Grupo SKF (2017)

Tabla 46: Ficha técnica de rail

Ficha técnica rail	
Marca	SKF
Serie	LLTHR A
Código de fabricación	LLTHR 15 P5 A
Longitud requerida	500 mm
Longitud mínima	60 mm
Longitud máxima	3920 mm

Fuente: Grupo SKF (2017)

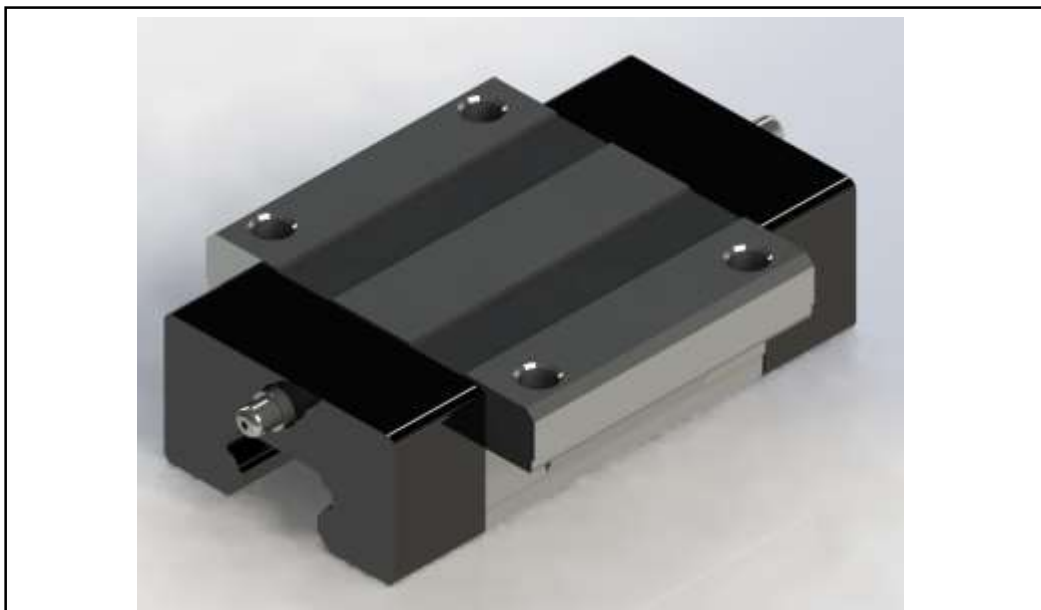


Figura 109: Carro lineal



Figura 110: Rail lineal

En la figura 107 se visualiza el esquema del conjunto de la guía lineal y el rail.



Figura 111: Funcionamiento de la guía lineal

- **Elección de actuador neumático**

Para el recorrido de la plancha apoyado sobre la guía lineal, se utilizará un actuador neumático. El avance y retroceso del vástago acoplado en uno de los bordes de la plataforma de acero inoxidable, generará el movimiento vaivén. En las figuras 112 y 113 se visualiza el funcionamiento del pistón neumático.



Figura 112: Funcionamiento del actuador neumático en posición inicial

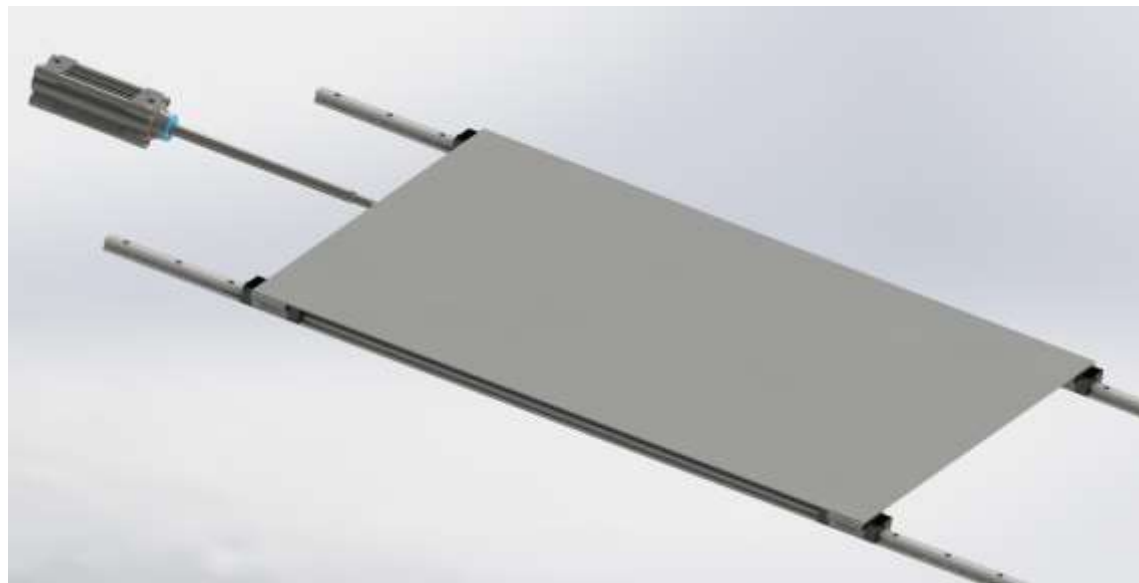


Figura 113: Funcionamiento del actuador neumático en posición final

El actuador neumático a utilizar será un cilindro de doble efecto. El aire comprimido genera los dos movimientos del cilindro, el de salida y el de entrada del vástago, de esta manera generará el avance y retroceso junto con la plancha de acero inoxidable. El trabajo debe ser rectilíneo debido a que la plataforma acopiadora de masa Wantan realizará un movimiento en forma lineal junto con las guías lineales sobre los rails.

Según el catálogo de cilindros neumáticos de la compañía FESTO, se utilizará un cilindro estándar ISO perfilado DNCB ISO 15552.

El cilindro con vástago de doble efecto DNCB, se adecua eficientemente con el sistema, ya que tiene un diseño moderno, compacto y ligero, permitiendo ahorrar hasta un 11% de espacio de montaje en comparación con cilindros normalizados convencionales; ideal para tareas sencillas, de bajo costo; gracias a la estructura compacta del émbolo, consume menos energía y sobra más espacio para poder aplicar un rodamiento más largo, de fácil acceso para repuestos; además, es de fácil montaje ya que la calidad de las culatas y las tuercas del tirante simplifican el proceso aumentando la vida útil del cilindro; es mantenible, seguro, resistente contra golpes y caídas; y cuentan con un peso reducido gracias al diseño de las culatas y del cuerpo del cilindro.

Se optó por elegir un actuador neumático de la compañía FESTO, considerando que es una de las empresas líderes y proveedor mundial de soluciones en temas de automatización mediante tecnología neumática desde hace 90 años.

Tabla 47: Ficha técnica del actuador neumático

Ficha técnica cilindro neumático	
Marca	FESTO
Serie	DNCB ISO 15552
Tipo	Cilindro perfilado
Funcionamiento	Doble efecto
Fluido	Aire
Diámetro de émbolo	63 mm
Diámetro de vástago	20 mm
Longitud de carrera	500 mm
Presión de compresor	8 bar
Lubricación	No necesaria
Velocidad de émbolo	De 50 a 1000 mm/s
Montaje (Accesorios)	Brida en la culata posterior

Fuente: FESTO (2017)



Figura 114: Cilindro neumático de doble efecto

Una vez determinado los diámetros del émbolo y vástago del cilindro neumático, los cuales se seleccionaron por medio del catálogo la compañía FESTO; se podrán calcular las áreas efectivas de estos componentes y posteriormente la fuerza al avance y al retroceso. Cabe resaltar también, que es necesario el cálculo de estas fuerzas en Newton, de manera que se pueda conocer la capacidad para mantener y empujar la carga total, la cual es de 100 kg de masa laminada acopiada en conjunto con la plataforma de acero. En caso que la fuerza calculada sea menor que la carga total, se procederá a modificar el pistón neumático por uno de mayor fuerza.

Según Renedo (2015), la fuerza teórica del cilindro se calcula multiplicando el área efectiva del pistón por la presión de trabajo. La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica (al avance y al retroceso) del émbolo se calcula con la siguiente fórmula:

$$Fuerza_{teórica} = Área \times Presión$$

Donde:

Fuerza_{teórica} = Fuerza teórica del émbolo

Área = Superficie útil del émbolo

Presión = Presión del trabajo

$$Fuerza_{avance} [N] = \pi \times \frac{(Diametro_{émbolo})^2}{4} [cm^2] \times Presión [bar]$$

$$Fuerza_{retroceso} [N] = \pi \times \frac{(D_{émbolo}^2 \times D_{vástago}^2)}{4} [cm^2] \times Presión [bar]$$

Una vez determinados los diámetros del émbolo y vástago en el catálogo de cilindros neumáticos de la compañía FESTO (Ver tabla 47), se podrá calcular cada área respectiva.

Donde:

$$Área_{al\ avance} = \pi \times \frac{(Diámetro_{émbolo})^2}{4}$$

$$Área_{al\ avance} = \pi \times \frac{(6,3\ cm)^2}{4}$$

$$Área_{al\ avance} = 31,17\ cm^2$$

$$\begin{aligned} \text{Área}_{\text{al retroceso}} &= \pi \times \frac{(D_{\text{embolo}}^2 \times d_{\text{vástago}}^2)}{4} \\ \text{Área}_{\text{al retroceso}} &= \pi \times \left(\frac{(6,3^2 - 2^2) \times \text{cm}^2}{4} \right) \\ \text{Área}_{\text{al retroceso}} &= 124,69 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

A continuación se procede a calcular las fuerzas al avance y al retroceso considerando que, según Rodríguez y Sierra (2015), es necesario tener en cuenta la fuerza de rozamiento; esta se puede tomar como un valor entre 3% y 20% cuando el sistema trabaja entre 4 y 8 bar.

Para cilindros de doble efecto (al avance):

$$\text{Fuerza}_{\text{avance}} [N] = A_1 \times P - F_r (20\%)$$

Para cilindros de doble efecto (al retroceso):

$$\text{Fuerza}_{\text{retroceso}} [N] = A_2 \times P - F_r (20\%)$$

La fuerza que se empleará en los movimientos de avance y retroceso del vástago, con una presión de 8 bar, se calcula de la siguiente manera:

Entonces:

Para al avance:

$$\begin{aligned} \text{Fuerza}_{\text{avance}} [N] &= 31,17 \text{ cm}^2 \times 8 \text{ bar} \\ \text{Fuerza}_{\text{avance}} [N] &= 31,17 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 800\,000 \text{ pa} \\ \text{Fuerza}_{\text{avance}} [N] &= 2493,60 \text{ N} - (20\% \times 2493,60) \end{aligned}$$

$$\text{Fuerza}_{\text{avance}} [N] = 1994,88 \text{ N}$$

Para el retroceso:

$$\begin{aligned} \text{Fuerza}_{\text{retroceso}} [N] &= 124,69 \text{ cm}^2 \times 8 \text{ bar} \\ \text{Fuerza}_{\text{retroceso}} [N] &= 124,69 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 800\,000 \text{ pa} \\ \text{Fuerza}_{\text{retroceso}} [N] &= 9975,20 \text{ N} - (20\% \times 9975,20) \end{aligned}$$

$$\text{Fuerza}_{\text{retroceso}} [N] = 7980,16 \text{ N}$$

La fuerza de avance y retroceso resultaron 1994,88 N y 7980,16 N respectivamente, las cuales son suficientes para mover los 100 kg de masa laminada con la plataforma de acero durante el recorrido vaivén.

Por otro lado también es importante calcular la relación de compresión y el consumo de aire, con la finalidad de seleccionar el compresor adecuado.

Si:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + \text{presión del trabajo}}{101,3 \text{ kPa}}$$

Entonces:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 800 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}}$$

$$\text{Relación de compresión} = 8,9$$

Si:

$$\text{Consumo de aire} = (s \times A_1 + s \times A_2) \times n \times \text{Relación de compresión}$$

Donde:

s = Longitud de carrera

n = Ciclos por minuto

Entonces:

$$\text{Consumo de aire} = (50 \times 31,17 + 50 \times 124,69) \times 10 \times 8,9$$

$$\text{Consumo de aire} = 693577 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ litro}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Consumo de aire} = 693,58 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, el compresor adecuado será de 2 hp de potencia, con una presión de 8 bar y con un flujo de entrada de 720 litros/minuto lo cual será suficiente para accionar el actuador neumático (pistón), debido a que su consumo de aire resultó 693,58 litros/minuto, lo cual es menor.

Tabla 48: Ficha técnica de compresor

Ficha técnica compresor	
Marca	SCHULZ
Presión de trabajo	8 bar
Flujo de entrada (aire)	720 litros/minuto
Potencia motor	2 hp
Peso	120 kg
Dimensiones	115 cm x 45 cm x 85 cm
Tipo de arranque	Normal
Kit de transporte	Si

Fuente: Schulz Perú (2017)



Figura 115: Compresor 8 bar

3.2.2. Desarrollo del sistema de control automático

En este punto se analizará los distintos parámetros de control para la determinación y selección adecuada de los elementos de automatización, tales como: tipo de proceso, nivel de automatización, tipo de sistema de control, tipo de controlador; variables, perturbaciones; señales, entradas y salidas al controlador.

Además, se visualizarán detalladamente los planos esquemáticos de la parte eléctrica y neumática del sistema; así como la descripción y selección de los dispositivos e instrumentación seleccionada, tales como: Actuadores y pre – actuadores eléctricos, sensores, elementos de mando y cableado; con su respectiva conexión en la unidad de control.

3.2.2.1. Parámetros del sistema automático de control

a) Tipo de proceso

El sistema de laminado es un proceso discreto, ya que la masa laminada de Wantan se obtiene a través de varias operaciones y se manejan mediante una secuencia temporal separados en intervalos de tiempo, en las que se puede acelerar, frenar, o incluso parar. En este caso es el avance o retroceso del sensor mecánico y al detectar o no detectar de la masa mezclada o laminada.

Cada una de las operaciones de la etapa de laminado supone una serie de activaciones y desactivaciones de los accionadores o actuadores (motores y pistones neumáticos) que se producirán en función de: Los sensores mecánicos (de posición y fotoeléctricos), y los pre – accionadores (Contactores, guardamotores, etc.) que activan los motores eléctricos, y de las variables que indican que se ha realizado el estado anterior.

b) Tipo de sistema automático

El presente sistema es un automatismo eléctrico y neumático, ya que se utilizan una serie de dispositivos tales como: Controladores lógicos programables (PLC), accionadores (motores), pre – accionadores (contactores, guardamotores, etc.), captadores (sensores de posición y fotoeléctricos), pulsadores, pilotos de señalización e interruptores (accionados por el operario), electroválvulas y cilindros de doble efecto

Además, con respecto al tipo de nivel de automatización es un sistema automático parcial, puesto a que la máquina realiza las operaciones de manera secuencial y de forma autónoma, pero aun así necesita de la intervención humana

para ajustar, calibrar, presionar y realizar ciertas tareas o actividades durante la etapa de laminado.

c) Tipo de control y posibles perturbaciones

El sistema propuesto es un control de lazo abierto u “open loop”, ya que no existe una retroalimentación que controle la señal de salida al PLC MODICON.

Para el caso de la descarga por volteo o para la detección de masa, la señal que se envíe a la unidad de control dependerá de la buena calibración, ajuste y posición inicial de los sensores mecánicos y fotoeléctricos, mas no de la comparación con un punto de ajuste o set - point; cuya operación se basa únicamente en el tiempo, contacto físico y detección óptica.

Por ausencia de una señal de retroalimentación, en caso de perturbaciones en el volteo, es decir que la distancia en que estarán acoplados los sensores de posición sea la incorrecta, o se genere algún atasco en el sistema de transmisión de cadenas y piñones, o haya un mal acople de los pines en la cadena; simplemente el movimiento o la actividad respectiva no se realizará.

Del mismo modo si hubiera alguna perturbación en la detección de masa; por ejemplo, si la posición del tambor para la descarga es la inadecuada, o por la mala ubicación, ajuste y posición de los sensores fotoeléctricos en la faja; el sensor no detectará algún cuerpo en movimiento, por lo tanto no se activarán los motores de la sub – estación.

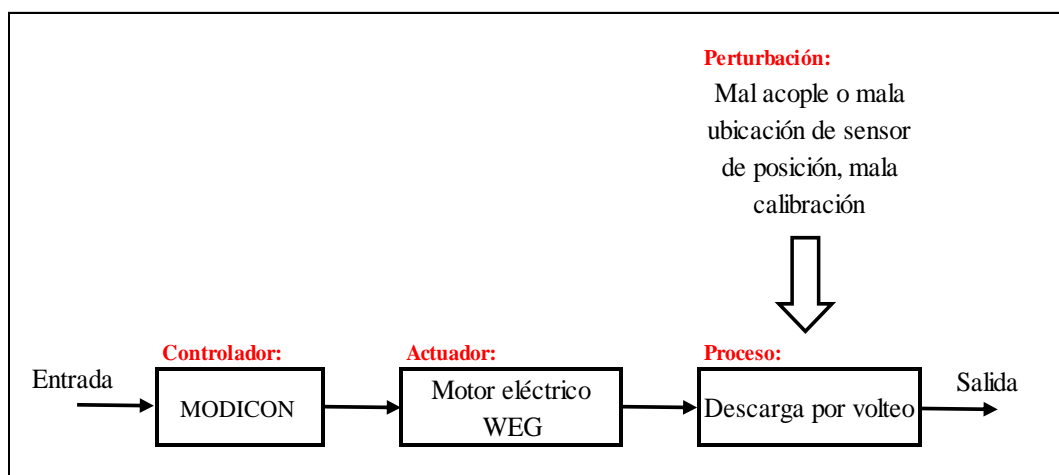


Figura 116: Representación de lazo abierto en el subsistema de volteo

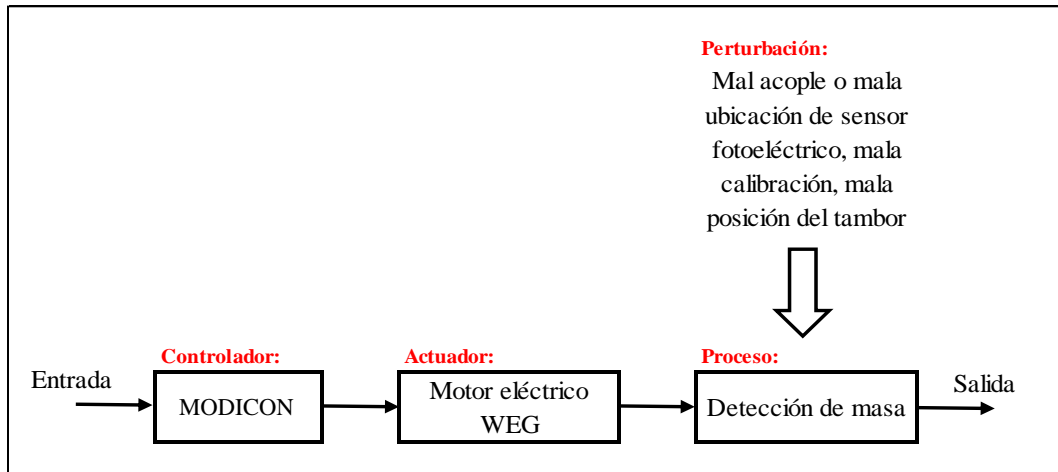


Figura 117: Representación de lazo abierto en la detección de masa en el subsistema de fajas

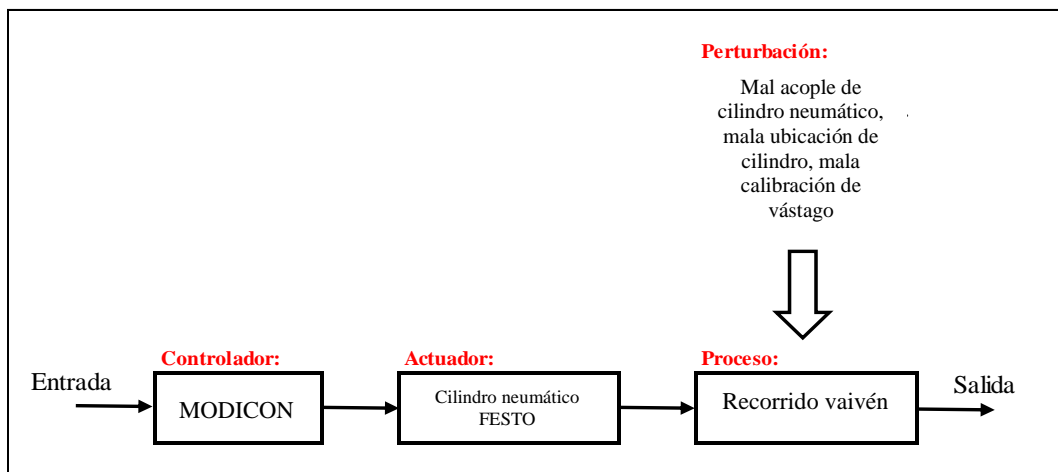


Figura 118: Representación de lazo abierto durante accionamiento de pistón neumático

d) Tipo de controlador

El sistema automatizado corresponde al tipo de controlador ON – OFF, ya que la unidad de control solo acepta dos posiciones o dos valores pre – determinados: avance o retroceso, detectar o no detectar, encendido o apagado; en este caso el lenguaje de programación los adopta como valores numéricos, al 100% o al 0%. Estos valores son enviados por las señales de los sensores de posición y fotoeléctricos representados si es “Si” o “No”, es decir “Todo” o “Nada”.

Al accionar el motor de descarga por volteo, el sensor de posición 1 envía una señal de salida al PLC, ordenando que realice un avance, en este caso un volteo. Una vez que se encuentre a la posición requerida, es decir a 90° partiendo de una posición inicial del tambor (45°); el sensor de posición 2, ordena que el tambor se detenga, es decir envía una señal al controlador y ordena que se apague.

Para el caso de la detección de masa mediante el sensor fotoeléctrico, una vez que detecte el cuerpo en movimiento (masa mezclada o laminada), el sensor 1 envía una señal a la unidad de control, ordenando el encendido de los actuadores (motores 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11). Una vez que no se detecte algún cuerpo, el mismo sensor envía una señal de apagado, ordenando que los motores se detengan).

e) Tipos de entradas/salidas y señales

El equipo se accionará por medio de entradas y salidas digitales, enviando señales digitales de tipo todo o nada. En este caso, los módulos de entradas digitales (captadores ON – OFF) permitirán una conexión al autómata (PLC). El modulo se encargará de convertir la señal que entra por la vía en una señal que es cero o uno en un bit interno de la memoria del módulo.

Los captadores (sensores de posición o fotoeléctricos), se conectarán hacia el controlador por medio de un cable de entrada, los cuales trabajaran con señales de tensión de 220 voltios. Entonces, cuando por una vía llegan 220 voltios se interpreta como 1 y cuando llegan cero voltios se interpreta como un 0; es decir la señal enviada activa o desactiva el sensor.

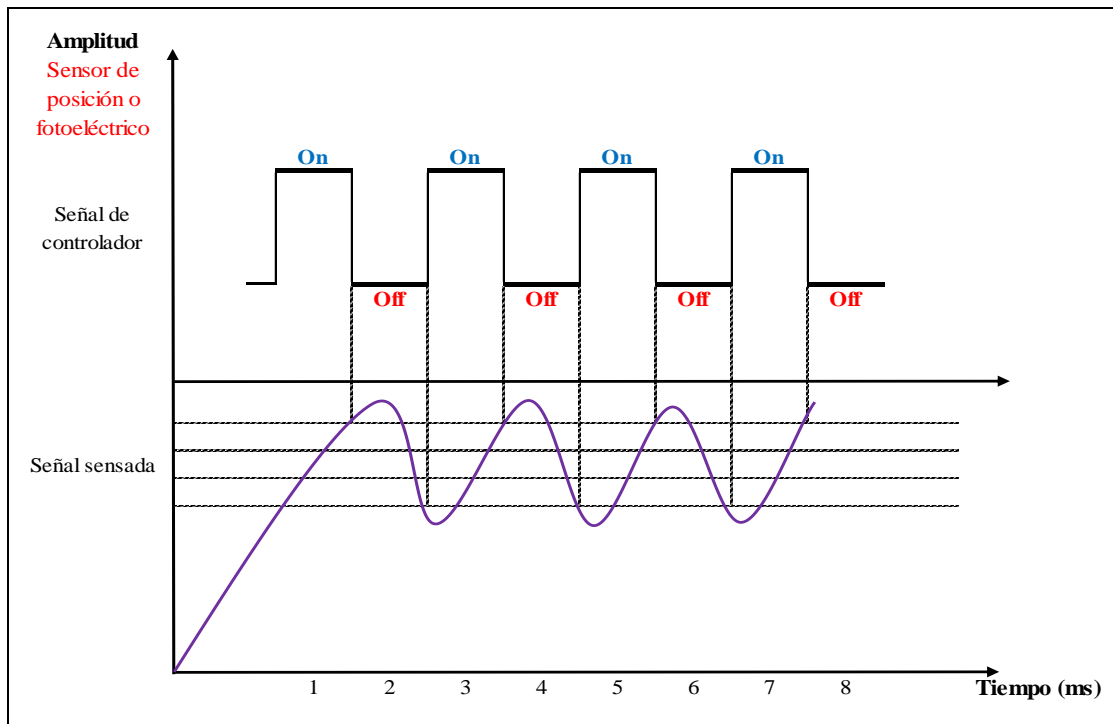


Figura 119: Representación de la señal digital del sensor de posición y/o fotoeléctrico

f) Variables

En todo sistema de control de lazo abierto, la variable fundamental es el tiempo y la salida requerida con el set point o señal de referencia no son comparadas; es decir, las actividades controladas mediante un PLC tienen que operarse bajo una condición fija que se le ha otorgado; por lo tanto no existirán variables perturbadoras que alteren o modifiquen el tiempo preestablecido por el usuario.

El buen funcionamiento de un sistema dependerá única y exclusivamente del tiempo y en caso de los captadores (sensores de posición y fotoeléctricos), estos se calibrarán y ajustarán adecuadamente para evitar perturbaciones.

Tabla 49: Variables del sistema automatizado

Tipo	Variable	Descripción
Variables controladas	Tiempo	La variable controlada es el tiempo, es decir todo el proceso depende de un tiempo determinado para accionar o detener el sistema. Además, el tiempo se controla mediante un controlador lógico programable (PLC), y se otorga un valor según las necesidades del usuario.
Variable manipulada	Tiempo	El tiempo se manipula; si al controlador ya se le impuso un tiempo, este puede ser modificado de acuerdo a los requerimientos.
Variables medidas	Tiempo	El tiempo se mide antes y después de haber ingresado un valor numérico al controlador. El tiempo se monitorea mientras el sistema está en funcionamiento, con la finalidad de corroborar que este sea el adecuado para obtener un buen producto.

Fuente: Elaboración propia

g) Esquema general del comportamiento del sistema propuesto en nivel automático

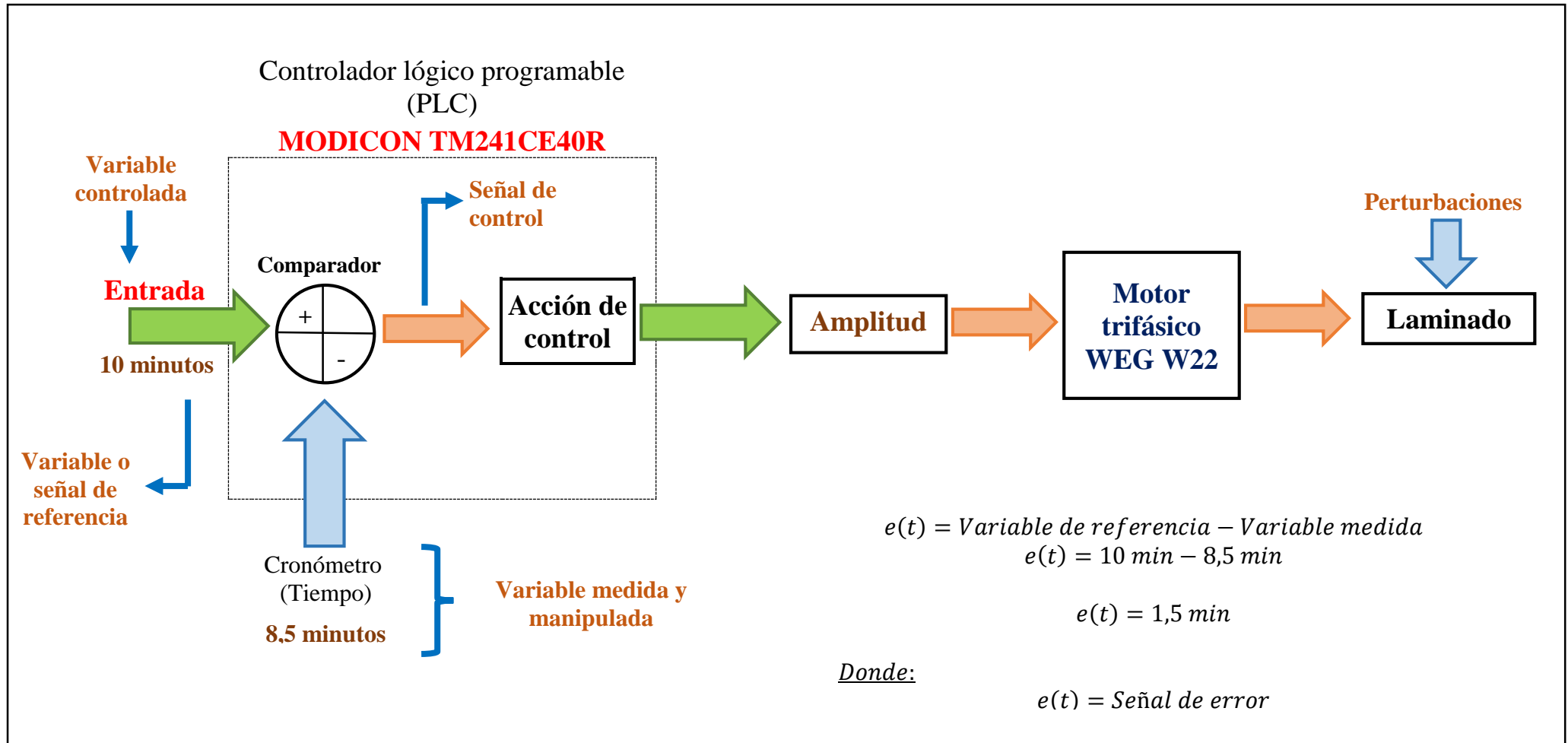


Figura 120: Esquemización del sistema a nivel automatización

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. Selección de actuadores eléctricos

El motor seleccionado para el mezclado será un motoreductor trifásico de 4 kW (5 HP), tomando como referencia al actual motor de la mezcladora horizontal, cuya potencia es de 1,12 kW para una capacidad de 50 kg, en la que giran solamente las paletas. Para el subsistema propuesto de mezclado, se tiene que tener en cuenta que la capacidad es para 100 kg de mezcla, y que girará todo el tambor; por lo tanto se necesitará una potencia mayor, para así evitar sobrecargas al momento del giro. Los cálculos respectivos se muestran a continuación.



Figura 121: Motoreductor de 4 kW (5 HP)

Tabla 50: Ficha técnica motoreductor para mezclado

Ficha técnica motoreductor 1	
Marca	WEG
Serie	W22 -IE3
Potencia	4 kW
Voltaje	380 v
Amperaje	8,5 A
Frecuencia	60 hz
Peso	32 kg
N° de polos	2
Velocidad	3505 rpm
Certificación	IEC ISO 9001

Fuente: WEG (2016)

El motor adecuado para la descarga de masa será un motor trifásico de 2,2 kW (3HP), debido a que el movimiento que realizará es un volteo y un retroceso del tambor una vez que no haya nada en el interior. Se seleccionó esta potencia

debido a que se aplicará una fuerza mayor al sostener el tambor mezclador en una posición inicial de 45° y otra, al realizar el movimiento de volteo a 90°, contando desde su posición inicial. Los cálculos respectivos se muestran a continuación.



Figura 122: Motor trifásico de 2,2 kW (3 HP)

Tabla 51: Ficha técnica motoreductor para descarga de masa

Ficha técnica motor trifásico 1	
Marca	WEG
Serie	W22 -IE3
Potencia	2,2 kW
Voltaje	380 v
Amperaje	5 A
Frecuencia	60 hz
Peso	22 kg
N° de polos	2
Velocidad	3470 rpm
Certificación	IEC ISO 9001

Fuente: WEG (2016)

El motor adecuado para el subsistema de transporte por fajas y laminado, será un motoreductor y un motor convencional trifásico de 0,75 kW (1 HP), debido a que los únicos movimientos que realizarán serán el transporte de la masa y la laminación correspondiente por parte de los rodillos motriz y conducido; por lo tanto no se requerirá esfuerzos mayores. Los cálculos respectivos se muestran a continuación.



Figura 123: Motoreductor 0,75 kW (1 HP)

Tabla 52: Ficha técnica motoreductor para faja

Ficha técnica motoreductor 2,3,4,5,6	
Marca	WEG
Serie	W22 -IE3
Potencia	0,75 kW
Voltaje	380 v
Amperaje	2 A
Frecuencia	60 hz
Peso	7,5 kg
N° de polos	2
Velocidad	3400 rpm
Certificación	IEC ISO 9001

Fuente: WEG (2016)



Figura 124: Motor trifásico 0,75 kW (1 HP)

Tabla 53: Ficha técnica motor para laminadora

Ficha técnica motor trifásico 2,3,4,5	
Marca	WEG
Serie	W22 -IE3
Potencia	0,75 kW
Voltaje	380 v
Amperaje	2 A
Frecuencia	60 hz
Peso	7,5 kg
N° de polos	2
Velocidad	3400 rpm
Certificación	IEC ISO 9001

Fuente: WEG (2016)

Se calcula la potencia útil que generan los motores trifásicos, para ello es necesario conocer algunos valores establecidos tales como: El rendimiento (%), factor de potencia (ϕ) y la intensidad de corriente (A); los cuales se establecen en la tabla 54. Según Roldan (2010), esta potencia útil se corrobora en la siguiente fórmula establecida por el autor:

Tabla 54: Parámetros de motores trifásicos

Potencia (kW)	Rendimiento (%)	Factor de potencia (Cos ϕ)	Intensidad de corriente (A)
4	82	0,84	8,5
2,2	80	0,82	5
0,75	72	0,78	2

Fuente: Roldan (2010)

Entonces, para la potencia útil del motor se tiene que:

$$Potencia\ útil = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi \times \eta}{1000}$$

Donde:

U = Tensión de la red eléctrica, en voltios (V)

I = Intensidad absorbida por el motor, en amperios (A)

cos ϕ = Factor de potencia

η = Rendimiento del motor

Entonces:

Calculando la potencia util del motor para mezcladora:

$$U = 380 \text{ voltios}$$

$$I = 8,5 \text{ amperios}$$

$$\cos\phi = 0,84$$

$$\eta = 82\%$$

$$\text{Potencia útil} = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 8,5 \times 0,84 \times 0,82}{1000}$$

$$\text{Potencia útil} = 3,85 \text{ kW}$$

Calculando la potencia util del motor para descarga de masa:

$$U = 380 \text{ voltios}$$

$$I = 5 \text{ amperios}$$

$$\cos\phi = 0,82$$

$$\eta = 80\%$$

$$\text{Potencia útil} = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 5 \times 0,82 \times 0,80}{1000}$$

$$\text{Potencia útil} = 2,15 \text{ kW}$$

Calculando la potencia util del motor para faja y laminadora:

$$U = 380 \text{ voltios}$$

$$I = 2 \text{ amperios}$$

$$\cos\phi = 0,78$$

$$\eta = 72\%$$

$$\text{Potencia útil} = \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 2 \times 0,78 \times 0,72}{1000}$$

$$\text{Potencia útil} = 0,74 \text{ kW}$$

Según la fórmula establecida, la potencia útil de los motores respectivos resultaron 3,85 kW, 2,15 kW y 0,74 kW; esto quiere decir que los motores pierden cierta potencia debido a los esfuerzos internos del motor, generándose pérdidas mecánicas por rozamientos y deslizamientos.

Para poder calcular el motor de cada subsistema también es necesario conocer la velocidad con la que gira el eje, y según Roldán (2010), la velocidad se

determina de acuerdo a tablas con valores establecidos, detallándose el número de polos del motor, la velocidad síncrona y asíncrona, y se elige dependiendo el tipo de motor, conectados a redes de 50 a 60 hz.

Tabla 55: Parámetros 1 para el análisis de la velocidad en motor trifásico

N° de polos del motor	Velocidad síncrona (n_s)		Velocidad asíncrona (n)	
	Frecuencia = 50 hz	Frecuencia = 60 hz	Frecuencia = 50 hz	Frecuencia = 60 hz
	rpm	rpm	rpm	rpm
2	3000	3600	2800 a 2950	3360 a 3540
4	1500	1800	1400 a 1470	1680 a 1765
6	1000	1200	900 a 985	1080 a 1180
8	750	900	690 a 735	830 a 880
10	600	720	550 a 585	660 a 700

Fuente: Roldan (2010)

Según el análisis de la tabla 55, el número de polos de los motores serán de 2 y para un motor asíncrono las frecuencias serán de 60 hz, con velocidades de 3360 a 3540 rpm.

Si las potencias de los motores son de 4 kW; 2,2 kW y 0,75 kW; trabajando a una tensión trifásica de 380 voltios, entonces se procede a seleccionar el tipo de motor según el catálogo de motores marca WEG de acuerdo al rango de velocidades determinados en la tabla 56.

Tabla 56: Parámetros 2 para el análisis de la velocidad en motor trifásico

W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 hz									
Potencia		RPM	N° de polos	Par nominal	Par máximo	Peso (kg)	Nivel de ruido db (A)	Voltaje v	Corriente nominal In (A)
kW	HP			(kgfm)	Tb/Tn				
0,75	1	3425	2	0,213	3,6	9	60	380	1,65
2,2	3	3470	2	0,618	3,1	22	68	380	4,55
4	5	3505	2	1,03	3,8	32	71	380	7,38

Fuente: WEG (2016)

Se eligieron motores de la marca WEG, porque dentro de todas las compañías especialistas en la fabricación de motores eléctricos, WEG es el mayor fabricante en las Américas y una de las mayores del mundo, ofreciendo productos de calidad, confiables y mantenibles desde hace más de 50 años. Los motores que se eligieron fueron motores asíncronos trifásicos de corriente alterna de tipo jaula ardilla, ya que hoy en día es el más común, más práctico para realizar aplicaciones en donde se requiere variación de velocidad y de uso más generalizado por el bajo costo, bajo mantenimiento, fácil de adquirir, alto grado de protección, pocos componentes y muy robusto.

Además, cuenta con certificación internacional IEC de la Comisión Electrónica Internacional, la cual es acogida por la gran mayoría de países y especialmente los europeos; y un grado de protección IP Internal Protection, en este caso es un motor con un grado de protección IP22, el cual se encuentra protegido contra contacto con los dedos, contra ingreso de cuerpos sólidos mayores que 12 mm y contra gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical.

Según la tabla 56, se seleccionaron motores WEG cuyas potencias son de 4 kW, 2,2 kW y 0,75 kW, con velocidades de 3425 rpm, 3470 rpm y 3505 rpm respectivamente, las cuales se encuentran dentro del rango de velocidades de la tabla 55, cumpliendo con las especificaciones determinadas en el cálculo de los motores para cada sistema.

- **Elección de reductor mecánico**

Para el subsistema de mezclado y transporte por fajas, se utilizará un variador de velocidad mecánica; que generalmente, la velocidad proporcionada por un motor trifásico se adapta a la necesidad de la utilización a través de un reductor. Al reducir la velocidad se incrementa el par (momento de fuerza) proporcionado por el motor.

Para el nuevo sistema, en el caso del subsistema de mezclado se tomará como referencia el reductor de la actual mezcladora horizontal, con un ratio de 1 a 10, ya que la velocidad con la que gire será mayor; lo cual permitirá que el giro del tambor sea más rápido. Si el reductor a utilizar tiene una relación de transmisión (ratio) de 10, esto quiere decir, que el piñón motriz tendrá que realizar 10 vueltas en el eje del reductor, para que el piñón conducido alcance a dar una vuelta completa.

Para el subsistema de fajas transportadoras se utilizará un reductor con un ratio de 1 a 40. Si el reductor a utilizar tiene una relación de transmisión (ratio) de 40 esto quiere decir, que el piñón motriz tiene que realizar 40 vueltas en el eje del reductor, para que el piñón conducido alcance a dar una vuelta completa.

Tabla 57: Ficha técnica del reductor para mezcladora

Ficha técnica reductor 1	
Tipo	NMRV085
Serie	80B5
Ratio	1 = 10
Año de fabricación	2012
Certificación	IEC ISO 9001

Fuente: WEG (2016)



Figura 125: Reductor WEG 1 (Worm box)

Tabla 58: Ficha técnica de reductor para fajas

Ficha técnica reductor 2	
Tipo	NMRV088
Serie	80B2
Ratio	1 = 40
Año de fabricación	2012
Certificación	IEC ISO 9001

Fuente: WEG (2016)



Figura 126: Reductor WEG 2 (Worm box)

Según Roldan (2010), para el cálculo de la velocidad requerida de salida de los reductores mecánicos se establece mediante siguiente fórmula:

$$n_r = \frac{N_m}{i}$$

Donde:

n_r = Velocidad de salida del reductor en rpm

N_m = Velocidad de salida del motor en rpm (entrada del reductor)

i = Relación de transmisión

Por lo tanto:

Para el reductor de subsistema de mezclado:

$$n_r = \frac{3505 \text{ rpm}}{10}$$

$$n_r = 350,5 \text{ rpm}$$

Para el reductor de subsistema de fajas transportadoras:

$$n_r = \frac{3400 \text{ rpm}}{40}$$

$$n_r = 85 \text{ rpm}$$

De acuerdo con el cálculo respectivo, se obtiene la velocidad de salida del reductor, el cual es 350,5 rpm y 85 rpm. Con estas velocidades se realizarán el giro rotativo del tambor y el recorrido de la faja transportadora.

Según Chapman (2002), es importante calcular el par, torque o momento de fuerza de salida del reductor, con la finalidad de conocer la carga total que puede soportar el eje mientras se encuentra en movimiento.

Si:

$$\text{Par reductor} = \frac{\text{Potencia (kw)} \times 746}{\text{Velocidad de salida (rpm)}}$$

Por lo tanto:

Para el reductor de subsistema de mezclado:

$$Par\ reductor = \frac{4\ kw \times 746}{350,5\ rpm}$$

$$Par\ reductor\ máximo = 8,51\ kgm = 77,86\ Nm$$

Para el reductor de subsistema de fajas transportadoras:

$$Par\ reductor = \frac{0,75 \times 746}{85\ rpm}$$

$$Par\ reductor\ máximo = 6,58\ kgm = 64,53\ Nm$$

Según la fórmula establecida, mientras el eje se encuentra en movimiento puede mantener una carga o un par reductor máximo de 8,51 kgm equivalente a 77,86 Nm, para el subsistema de mezclado y 6,58 kgm equivalente a 64,53 Nm para el subsistema de transporte. Si esta masa es mayor, pueden generarse problemas de atascamientos en el sistema de transmisión de piñones y cadena durante el giro por deslizamientos o movimientos inadecuados; por lo tanto se ocasionará un mal volteo o una sobrecarga en los motores de las fajas.

- **Elección de motor vibratorio para cernidor**

El diseño de los vibradores rotativos se basa en una masa excéntrica que, al girar por la acción de un motor eléctrico, produce una fuerza centrífuga ocurriendo una vibración. En los vibradores, las masas desequilibradas están situadas a ambos extremos del accionamiento eléctrico; por lo tanto se optó por elegir un motor vibrador, con la finalidad que algún cuerpo golpee el cernidor con maicena.

Para este subsistema se elegirá un motovibrador rotativo de forma horizontal con un accionamiento electromecánico con una tensión de 24 voltios cuya referencia de fabricación es VX 50DC 12 según catálogo de la compañía MIKSAN (Ver tabla 59 y figura 127).

Estos vibradores ofrecen el medio más efectivo y económico para mantener el flujo constante y uniforme del material, en este caso la caída de maicena. Además es muy robusto, de fácil adquisición en el mercado, con elevadas prestaciones electromecánicas a bajas temperaturas de funcionamiento, de mantenimiento mínimo, versátil con una multitud de aplicaciones industriales, de fácil acceso para repuestos y con una larga duración de los cojinetes.

Tabla 59: Ficha técnica de motor vibrador

Ficha técnica motovibrador	
Marca	MIKSAN
Modelo	VX 50 DC 12
Tamaño	10
Potencia	0,16 kW
Voltaje	24 v
Amperaje	6,67 A
Frecuencia	50/60 hz trifásico
Peso	6,5 kg
Nº de polos	2
Velocidad	3000 rpm
Fuerza suministrada	2 KN
Capacidad de suministro	260 sets/s
Grado de protección	IP65
Forma	Horizontal
Tipo de funcionamiento	Electromecánico Rotativo

Fuente: MIKSAN (2017)

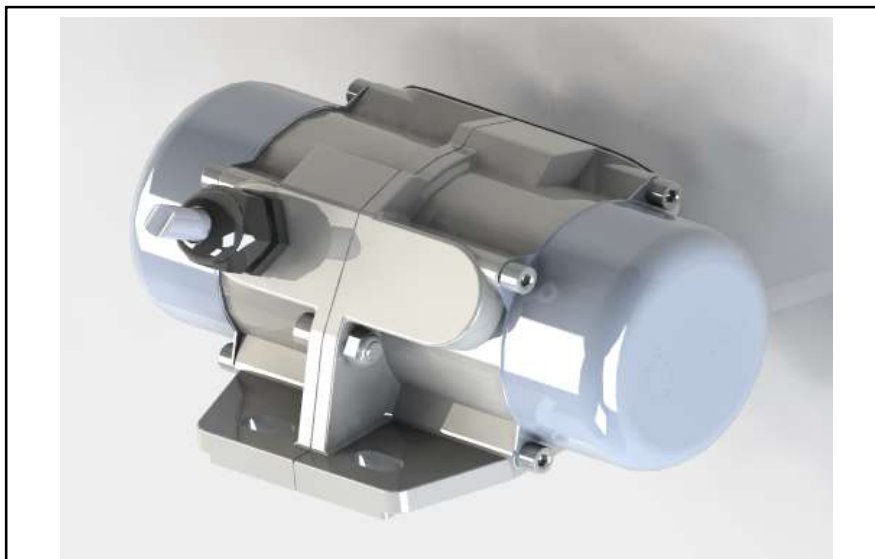


Figura 127: Motor vibrador

3.2.2.3. Selección de pre – actuadores para el control automático

a) Contactor tripolar

Los contactores que se utilizarán para el presente sistema desarrollado serán tripolares TeSys D para comando de motores y circuitos de distribución (aptos para coordinación de tipo 2), con una tensión o voltaje en la bobina de 380 voltios y con un contacto auxiliar normalmente abierto y otro normalmente cerrado, con un código de referencia de fabricación LC1D09Q7 según catálogo de la compañía Schneider Electric. Este dispositivo de mando tendrá la capacidad de dejar pasar o interrumpir la corriente eléctrica por medio de la bobina interna, permitiendo encender los motores trifásicos del sistema general.



Figura 128: Contactor tripolar

Fuente: Schneider Electric (2015)

b) Guardamotor

Los guardamotores que se utilizarán serán de tipo magneto – térmico para protección contra sobrecargas y cortocircuitos de coordinación de tipo 2 GV2P, con una regulación en el calibre entre 1,6 a 2,5 amperios para los motores de las fajas y laminadoras de 1 hp (0,75 kW); entre 4 a 6,3 amperios para el motor de volteo del tambor de 3 hp (2 kW) y entre 6,3 a 10 amperios para el motor del tambor mezclador de 5 hp (3,73). Este calibre dependerá del amperaje del motor, el cual se puede apreciar en la ficha técnica. Los códigos de referencia de fabricación de estos dispositivos según catálogo de la compañía Schneider Electric son: GV2P07, GV2P10 y GV2P14 respectivamente. Además cada guardamotor tendrá un voltaje de 380 voltios al igual que los contactores, con

la finalidad que estos se puedan accionar al momento de suceder algún inconveniente (sobrecargas o cortocircuito).



Figura 129: Guardamotor magneto térmica

Fuente: Schneider Electric (2015)

Estos dispositivos se seleccionaron de acuerdo a una tabla establecida por Schneider Electric (2015) de arrancadores directos para motores asíncronos de coordinación tipo 2² de arranque directo, en donde especifica detalladamente la potencia del motor trifásico con un voltaje de 380, con una frecuencia de 50/60 hz y con una potencia de 1 HP, 3 HP y 5 HP. De acuerdo a estos datos se selecciona el tipo de contactor y guardamotor.

Según Roldan (2010), para obtener la intensidad de corriente en cuanto al ajuste y calibración en los pre – accionadores (contactores y guardamotors), se aplica la fórmula anteriormente establecida:

Entonces, para la intensidad de corriente (Amperios):

$$Intensidad\ de\ corriente\ (A) = \frac{Potencia\ útil\ x\ 1000}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi \times \eta}$$

Como ya se sabe, de acuerdo a los cálculos obtenidos la potencia útil de los motores a utilizar son: 3,85 kW, 2,15 kW y 0,74 kW.

² Coordinación de tipo 2: Es la solución que asegura la continuidad de servicio. Ningún riesgo para el operador, y el arrancador sin daños, permiten la rápida respuesta en servicio luego de la eliminación de la falla y de la verificación del contactor.

Además de acuerdo a la tabla 53, se conocen los rendimientos, factor de potencia y voltajes respectivos para cada potencia.

Por lo tanto, calculando el amperaje para:

$$\text{Intensidad de corriente (A1)} = \frac{3,85 \text{ kw} \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \text{ v} \times 0,84 \times 82\%} = 8,82 \text{ amperios}$$

$$\text{Intensidad de corriente (A2)} = \frac{2,15 \text{ kw} \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \text{ v} \times 0,82 \times 80\%} = 4,98 \text{ amperios}$$

$$\text{Intensidad de corriente (A3)} = \frac{0,74 \text{ kw} \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \text{ v} \times 0,78 \times 72\%} = 2 \text{ amperios}$$

Se obtuvieron amperajes de 8,82 A, 4,98 A y 2 A para cada potencia respectiva. Estas intensidades de corriente se corroboran en la tabla 60 establecida según la compañía Schneider Electric.

Tabla 60: Selección de contactores y guardamotors según voltaje, potencia y amperaje

Coordinación tipo 2 - Arranque directo																		
Motor trifásico 50/60 Hz						Con dos productos				Con tres productos								
220 V			380 V			440 V			Guardamotor		Contactor		Guardamotor		Contactor		Relé	
P	I _e	I _q	P	I _e	I _q	P	I _e	I _q	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste	Referencia	Ajuste	Referencia	Ajuste	
HP	A	kA	HP	A	kA	HP	A	kA	(1)	A	(2)	(1)	A	(2)	(3)	A		
									Q1		KM1	Q2		KM1	RT1			
						0.5	0.99	130	GV2-P05	0.83...1	LC1-D09	GV2-L05	1	LC1-D09	LRD-05	0.83...1		
0.25	1.04	130	0.5	1.03	130				GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7		
0.33	1.47	130	0.75	1.6	130	0.75	1.36	130	GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7		
0.5	1.8	130	1	2	130	1	1.68	130	GV2-P07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-L07	2.5	LC1-D09	LRD-07	1.6...2.5		
						1.5	2.37	130	GV2-P07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
0.75	2.75	130	1.5	2.6	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
1	3.5	130	2	3.5	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
						2	3.06	130	GV2-P09	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-10	4...5		
1.5	4.4	130	3	5	130	3	4.42	130	GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...5		
						4	5.77	130	GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...5		
2	6.1	130	4	6.6	130				GV2-P14	8...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-12	5.5...8		
						5	7.9	130	GV2-P14	8...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	7...10		

Fuente: Schneider Electric (2015)

Tabla 61: Cuadro resumen de selección de dispositivos de coordinación tipo 2

Dispositivos		Voltaje (v)	Frecuencia (hz)	Potencia (kw)	Rango de ajuste/calibración (A)	Ajuste requerido (A)
Contactor	Guardamotor	380	50/60	4	6 ... 10	8,82
		380	50/60	2,2	4 ... 6,3	4,98
		380	50/60	0,75	1,6 ... 2,5	2

Fuente: Schneider Electric (2015)

c) Interruptor automático tripolar

El interruptor termomagnético o llave termomagnética a utilizar para el presente sistema será una automática tripolar COMPACT de tipo NSX100F, TM16D con una capacidad de interrupción última I_{cu} de 36 KA de 380 v, además cuenta con una regulación unidad de disparo TMD (A), térmica (I_r) de 11,2 a 16 y magnética (I_m) de 200 con un poder de corte (I_{cs} o I_{cu}) del 100%, con un código de referencia de fabricación LV429637 según catálogo de la compañía Schneider Electric. Este dispositivo tendrá la función de protección tanto para la instalación general como para el personal de producción, interrumpiendo automáticamente el paso de la corriente eléctrica cuando exista algún tipo de sobrecarga o corto circuito proveniente del equipo, sobrepasando los valores máximos preestablecidos. Este interruptor termomagnético de 36000 amperios se seleccionó de acuerdo a la cantidad de amperios que pasarán y serán alimentados por este dispositivo. Además, tendrá un margen de seguridad adicional de amperios, generalmente para proteger los otros dispositivos que serán conectados dentro del tablero eléctrico.



Figura 130: Interruptor o llave termomagnética tripolar

Fuente: Schneider Electric (2015)

d) Pulsador de paro

El interruptor de apagado será un HARMONY XB5AA42 de tipo rasante de color rojo con cuerpo de plástico no luminoso (con retorno) IP66 NEMA 4X – NEMA 13, con un contacto de parada normalmente cerrado (NC = Normal Close) y con diámetro de 22 mm. Cuando el pulsador normalmente cerrado es activado manualmente (se pulsa), el contacto se abre, y abre también el circuito,

permitiendo la interrupción de la corriente eléctrica; por lo tanto la máquina activa se detendrá.



Figura 131: Pulsador de paro

Fuente: Schneider Electric (2015)

e) Pulsador de marcha

El interruptor de encendido será un HARMONY XB5AA31 de tipo rasante de color verde con cuerpo de plástico no luminoso (con retorno) IP66 NEMA 4X – NEMA 13, con un contacto de marcha normalmente abierto (NA ó NO = Normal Open) y con diámetro de 22 mm. Cuando el pulsador normalmente abierto es activado, el contacto se cierra, y realiza la conexión eléctrica entre sus contactos, permitiendo el paso de la corriente eléctrica; por lo tanto la máquina se activará.



Figura 132: Pulsador de marcha

Fuente: Schneider Electric (2015)

f) Piloto de señalización de paro

El piloto de señalización de paro a utilizar en el sistema será de tipo lámpara bulbo incandescente 2.4 w IP65 NEMA 4X, con un voltaje < 250 de corriente alterna con conexión directa de color rojo con un código de referencia de fabricación XB5AV64 según catálogo de la compañía Schneider Electric. Esta

señalización indicará el estado actual del sistema, en este caso de parada, de manera que al accionar el pulsador de paro, la lámpara se encenderá de un color rojo vivo.



Figura 133: Piloto de señalización de paro

Fuente: Schneider Electric (2015)

g) Piloto de señalización de marcha

El piloto de señalización de paro a utilizar en el sistema será de tipo lámpara bulbo incandescente 2.4 w IP65 NEMA 4X, con un voltaje < 250 de corriente alterna con conexión directa de color verde con un código de referencia de fabricación XB5AV63 según catálogo de la compañía Schneider Electric. Esta señalización indicará el estado de marcha del sistema, de manera que al accionar el pulsador de marcha, la lámpara se encenderá de un color verde.



Figura 134: Piloto de señalización de marcha

Fuente: Schneider Electric (2015)

h) Pulsador de emergencia

El botón pulsador de emergencia a utilizar será de tipo hongo rojo de 40 mm con un contacto normalmente abierto y otro normalmente cerrado; el tipo de reset es con un giro para desenclavar con un código de referencia de fabricación XB7NS8445 según catálogo de la compañía Schneider Electric. Esta parada de emergencia se utilizará para aquellas aplicaciones donde por el motivo que sea, se podrá detener la marcha de la máquina de forma rápida, girando el pulsador, desbloqueando el mecanismo y listo para desenclavarlo.



Figura 135: Botón pulsador de emergencia

Fuente: Schneider Electric (2015)

i) Tablero mural de acero

El tablero metálico será de tipo IP66 SPACIAL CRN de color gris RAL 7035, con una apertura de la puerta superior a 120° con posibilidad de cambiar de lado de apertura. Además está pintado por dentro y por fuera con resina epoxi – poliéster texturizada, por lo tanto es resistente a los rayos ultravioletas (UV) y resistente a la corrosión, con un código de referencia de fabricación NSYCRN86300 según catálogo de la compañía Schneider Electric. El gabinete tendrá la función de protección y resguardo de todos los dispositivos eléctricos que se acoplarán junto con el cableado para el funcionamiento del equipo. Este modelo se eligió de acuerdo a la cantidad de dispositivos eléctricos que serán albergados dentro del tablero, como también de las propiedades que posee para el presente proyecto.



Figura 136: Tablero mural de acero
 Fuente: Schneider Electric (2015)

j) Cables Solido y vulcanizado

Los rollos de cable en solido de tipo/categoría THW 12 AWG de color azul y rojo de 7 hilos se utilizaran para conectar cada uno de los dispositivos de control que se ubicaran dentro del gabinete, y los rollos de cordón vulcanizado de tipo/categoría 12 AWG y 14 AWG de color gris con aislación de PVC se utilizarán para las conexiones exteriores desde el tablero hacia los motores de jaula ardilla.

Tabla 62: Cables solidos azul, rojo y vulcanizado

Cables solidos THW 12 AWG	Cordón vulcanizado 12 y 14 AWG
	

Fuente: Indeco (2017)

Tabla 63: Cuadro resumen de dispositivos eléctricos a utilizar

Dispositivos a utilizar - Schneider Electric					
Nombre de producto	Características				Descripción de producto
	Serie/tipo	Voltaje (v)	Intensidad (A)	Magnética (Im)	
Contactor tripolar	LC1D09Q7	380	9/25	-	Contactor tripolar para comando de motores y circuito de distribución.
Guardamotor	GV2ME14	380	6/10	-	Guardamotor magnético - térmico. Protección contra sobrecargas y cortocircuito.
Interruptor automático tripolar	LV429637	380	36000	200	Regulables, capacidad de interrupción estándar, con unidad de disparo termo magnética.
Pulsador de paro	XB5AA42	230/240	-	-	Rasante color rojo no luminoso con retorno de parada NC
Pulsador de marcha	XB5AA31	230/240	-	-	Rasante color verde no luminoso con retorno de marcha NA
Piloto de señalización de marcha	XB5AV63	< 250	-	-	Piloto con lámpara color verde de tipo bulbo incandescente
Piloto de señalización de paro	XB5AV64	< 250	-	-	Piloto con lámpara color rojo de tipo bulbo incandescente
Pulsador de emergencia	XB7NS8445	230/240	-	-	Pulsador tipo hongo rojo, no luminoso con giro para desclavar
Tablero mural de acero IP66 Spacial CRN	NSYCRN86300	-	-	-	Instalación en exteriores conforme al IEC62208, resistente a los UV y a la corrosión.
Rollo Bticino azul y rojo	12AWG Sólido	220/380	-	-	Cable sólido forrado con plástico hermético.
Cable vulcanizado		220/380	-	-	3 Cables de hilos con triple forro vulcanizado.

Fuente: Schneider Electric (2015)

3.2.2.4. Desarrollo de planos eléctrico y neumático

Ver en la carpeta comprimida ANEXOS, adjunta en el CD-ROM, en la subcarpeta 2_PLANOS_ELÉCTRICO_NEUMÁTICO.

3.2.2.5. Desarrollo de simulación y secuencia lógica automática

En primer lugar se determinan las entradas y salidas digitales, con la finalidad de seleccionar el controlador lógico programable adecuado.

Tabla 64: Entradas digitales del sistema automático

Entradas	Símbolo
Pulsador de marcha	I1
Pulsador de paro	I2
Pulsador de emergencia	I3
Sensor mecánico N° 01 (Interruptor de posición)	I4
Sensor mecánico N° 02 (Interruptor de posición)	I5
Sensor óptico (Detector fotoeléctrico)	I6
Sensor óptico (Detector fotoeléctrico)	I7
Sensor óptico (Detector fotoeléctrico)	I8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Salidas digitales del sistema automático

Salidas	Símbolo
Motor trifásico N° 01 para mezclado	Q1
Motor trifásico N° 02 para volteo	Q2
Inversión de giro motor trifásico N°2	Q3
Motor trifásico N° 03 para faja transportadora de recepción inicial de material	Q4
Motor trifásico N° 04 para laminadora N° 01	Q5
Motor trifásico N° 05 para faja transportadora N° 02	Q6
Motor trifásico N° 06 para laminadora N° 02	Q7
Motor trifásico N° 07 para faja transportadora N° 03	Q8
Motor trifásico N° 08 para laminadora N° 03	Q9
Motor trifásico N° 09 para faja transportadora N° 04	Q10
Motor trifásico N° 10 para laminadora N° 04	Q11
Motor trifásico N° 11 para faja transportadora de N° 05	Q12
Vibrador del cernidor	Q13
Electroválvula 5/2 para vaivén	Q14

Fuente: Elaboración propia

a) Selección del controlador lógico programable (PLC)

Una vez determinadas las entradas y salidas digitales de todo el sistema, se procede a seleccionar el PLC adecuado.

Para este sistema se elige un controlador lógico MODICON con 38 entradas y 16 salidas, con un voltaje de 240 voltios, con reloj, y con una referencia de fabricación TM241CE40R, según catálogo de la compañía Schneider Electric.



Figura 137: MODICON TM241CE40R

Fuente: Schneider Electric (2015)

Para determinar la secuencia del sistema automatizado dirigido por la unidad de control, es decir por el controlador lógico programable (PLC), se realiza la lógica o secuencia de movimientos en el software SO MACHINE en un lenguaje de programación Ladder o de tipo escalera, ya que son esquemas de uso común para representar la lógica de control de los procesos industriales. En esta secuencia se visualizará detalladamente cada uno de los movimientos accionados por los actuadores, pre – actuadores y captadores. (Ver tabla 65)

De acuerdo con el diagrama de movimientos, el sistema comienza cuando el operario pulsa el botón verde del tablero mural (pulsador de marcha I1), es ahí en donde la mezcladora de tambor se acciona (Q1) contando 8 minutos, los cuales se programarán previamente en el PLC escogido. Dentro de este tiempo, al llegar a los 6 minutos de mezclado y obteniendo casi la textura adecuada de la masa, el tambor realizará un giro en sentido horario a 95° (Q2), contando desde su posición inicial (45°) con respecto al eje “X” sin dejar de mezclar. El tambor a una posición de 45°, estará sujetado por medio del sensor mecánico (I5), y al girar se activará el sensor mecánico (I4) ocurriendo la descarga de masa hacia la faja transportadora 1.

Al ocurrir este giro, la masa caerá y será detectada por el sensor fotoeléctrico (I6). Una vez que detecte la masa, se activará la faja transportadora 1, 2, 3 y 4; y al mismo tiempo las laminadoras 1, 2, 3 y 4, cuyos motores son: Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10 y Q11.

La masa ya laminada pasara por toda la estación de fajas y laminadoras hasta llegar a la faja transportadora 5 (tamizado y acopio en vaivén), es allí en donde la masa es detectada nuevamente por el sensor fotoeléctrico (I7) activándose la faja transportadora 5 (Q12), y al mismo tiempo el cernidor vibratorio (Q13) y la electroválvula que alimenta al pistón neumático (Q14).

En la parte final en la plataforma para acopio de la masa laminada, se posicionará un último sensor fotoeléctrico (I8), de manera que al detectar la masa se realice el giro en sentido anti horario, activado nuevamente por el sensor mecánico I5.

*El pulsador de paro y emergencia (I2 e I3), se utilizarán en caso de una sobrecarga, atascos, averías y/o ante cualquier perturbación o alteración ocurrida durante el proceso productivo.

Tabla 66: Diagrama de movimientos para el sistema automatizado

DIAGRAMA DE MOVIMIENTOS								
Salidas/Secuencia de movimientos		1	-2	3	4	5	6	7
Motor 1 MEZCLADORA	II = PULSADOR VERDE							
Motor 2 VOLTEO PARA DESCARGA			T1 = 8 min giro horario	I4 (MECÁNICO 1)				
Motor 3 FAJA TRANSPORTADORA 1				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 4 LAMINADORA 1				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 5 FAJA TRANSPORTADORA 2				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 6 LAMINADORA 2				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 7 FAJA TRANSPORTADORA 3				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 8 LAMINADORA 3				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 9 FAJA TRANSPORTADORA 4				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 10 LAMINADORA 4				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)				I6 (FOTOELÉCTRICO 1)
Motor 11 FAJA TRANSPORTADORA 5					I7 (FOTOELÉCTRICO 2)			I7 (FOTOELÉCTRICO 2)
Motor vibrador 12 CERNIDOR					I7 (FOTOELÉCTRICO 2)			I7 (FOTOELÉCTRICO 2)
Motor 13 INVERSIÓN DE GIRO					I7 (FOTOELÉCTRICO 2)	I5 (MECÁNICO 2)	I4 (MECÁNICO 1)	
ELECTROVALVULA VAIVÉN					I7 (FOTOELÉCTRICO 2)			I8 (FOTOELÉCTRICO 3)

Fuente: Elaboración propia

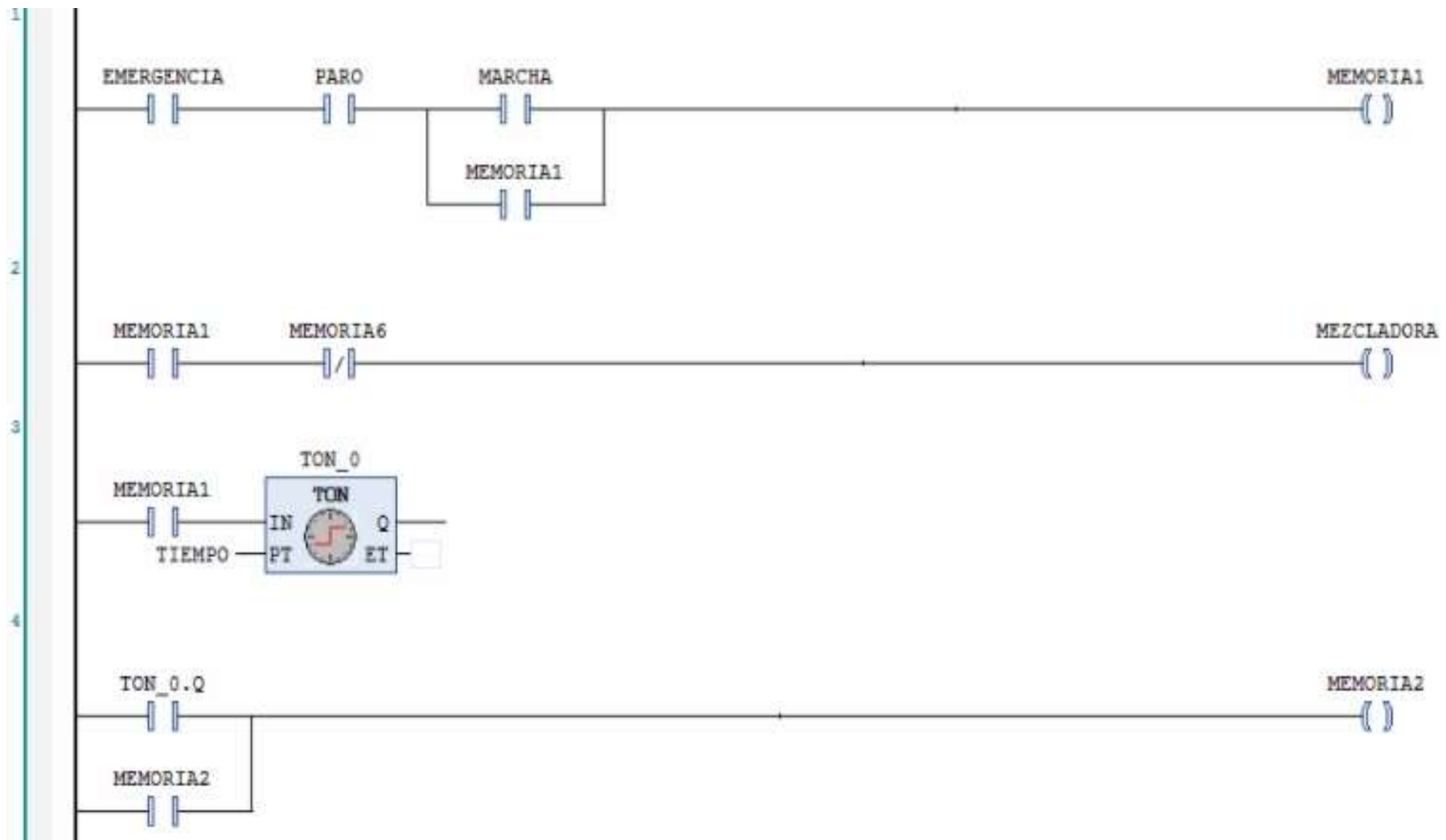


Figura 138: Secuencia N° 01 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia

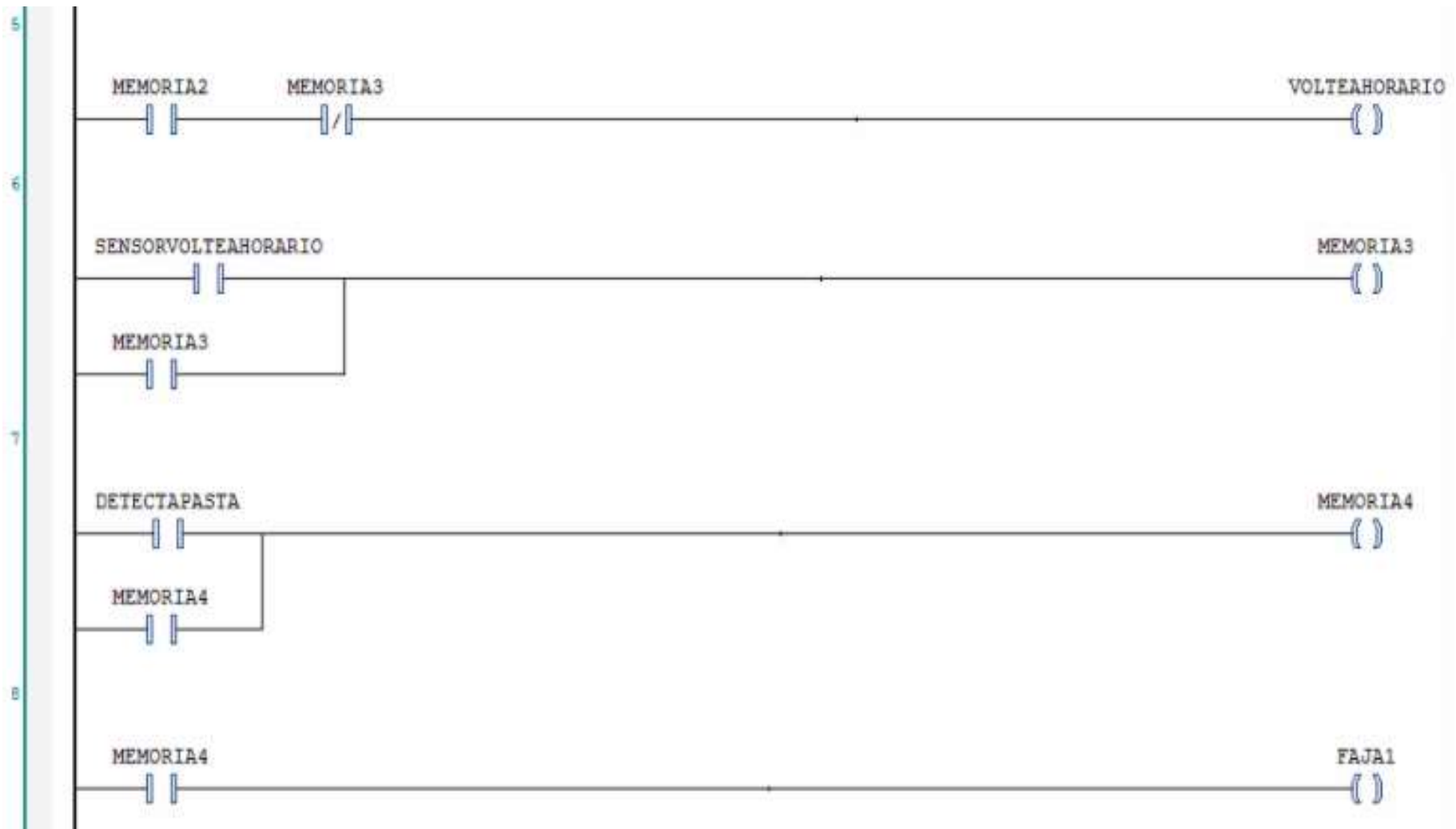


Figura 139: Secuencia N° 02 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia



Figura 140: Secuencia N° 03 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia

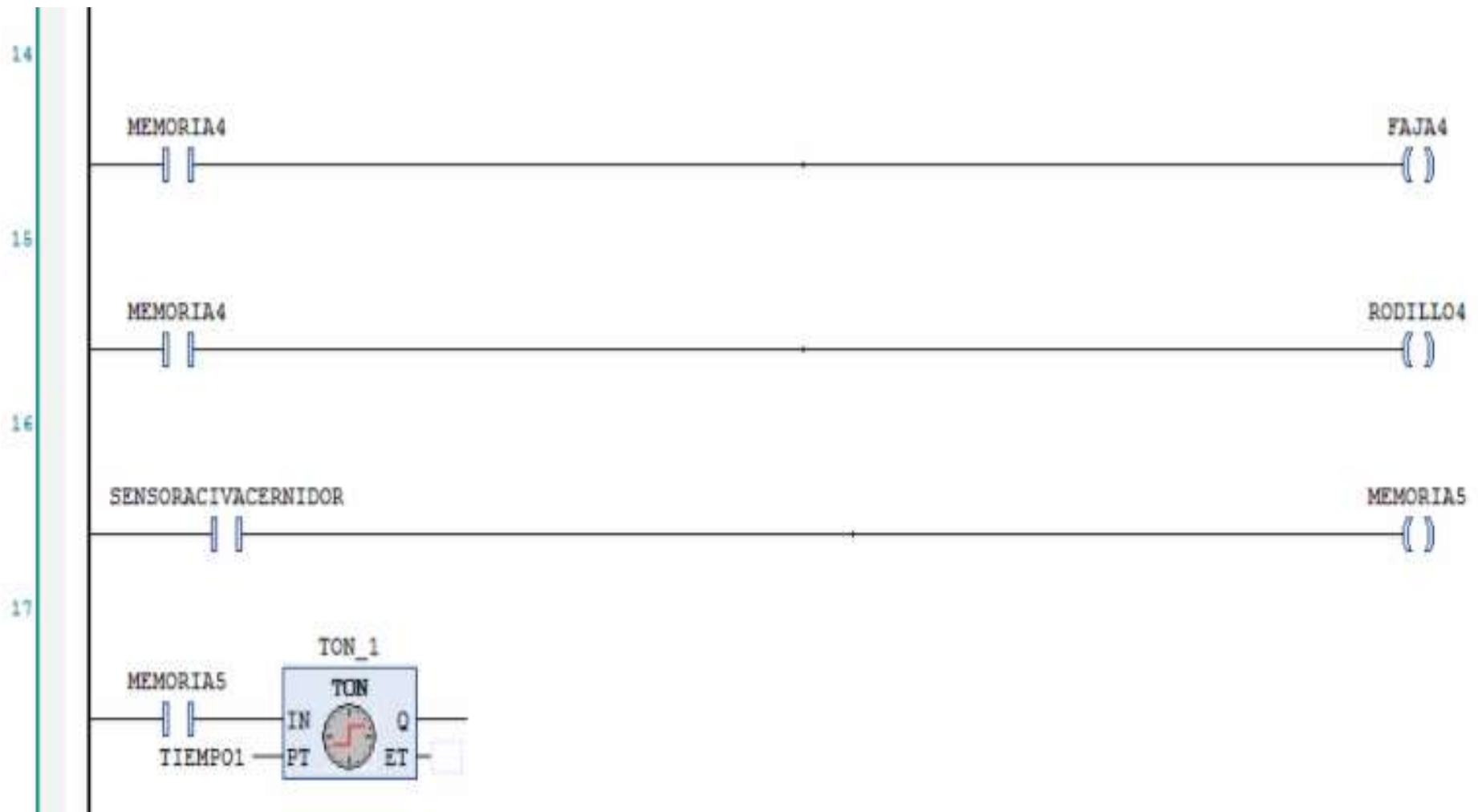


Figura 141: Secuencia N° 04 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia

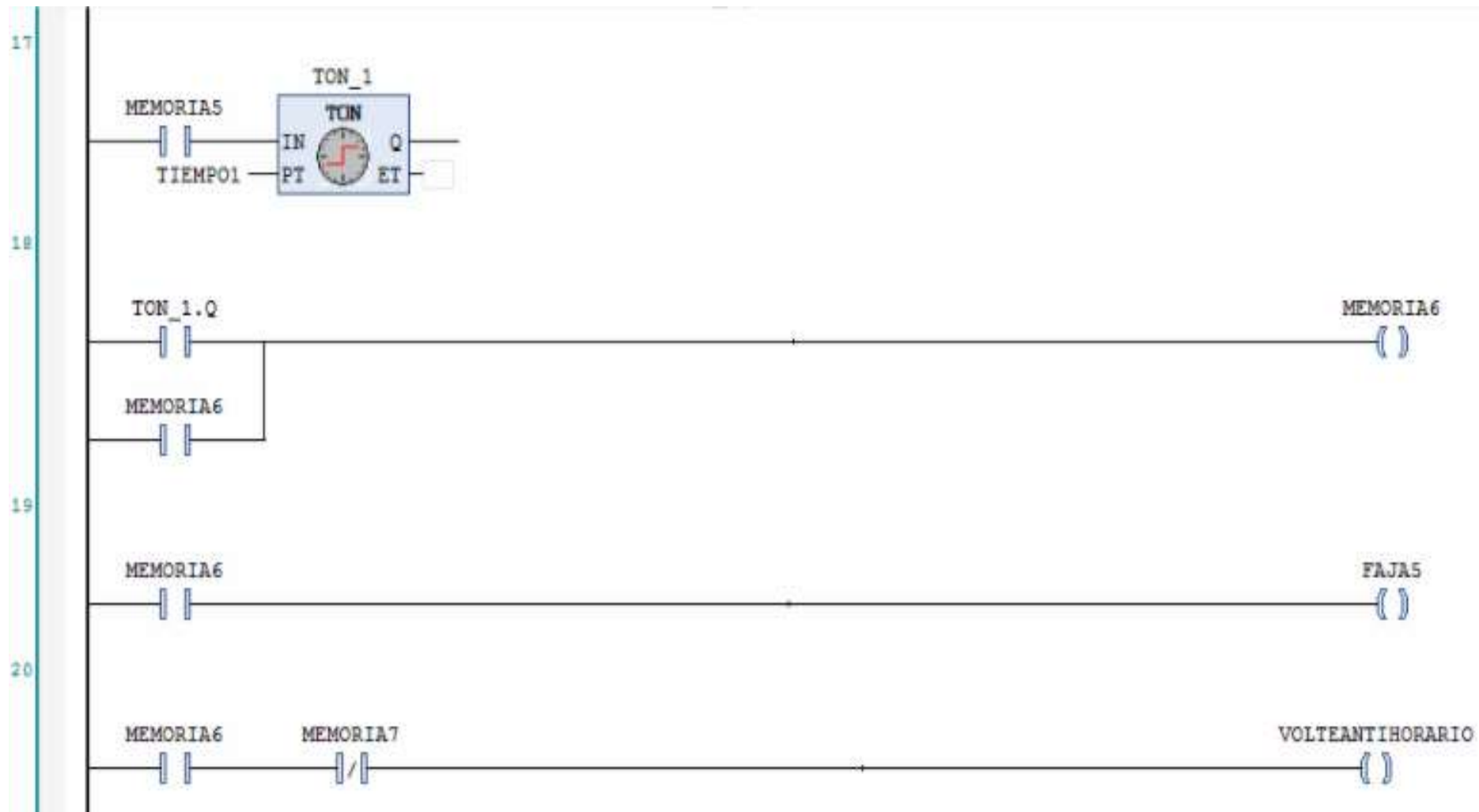


Figura 142: Secuencia N° 05 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia

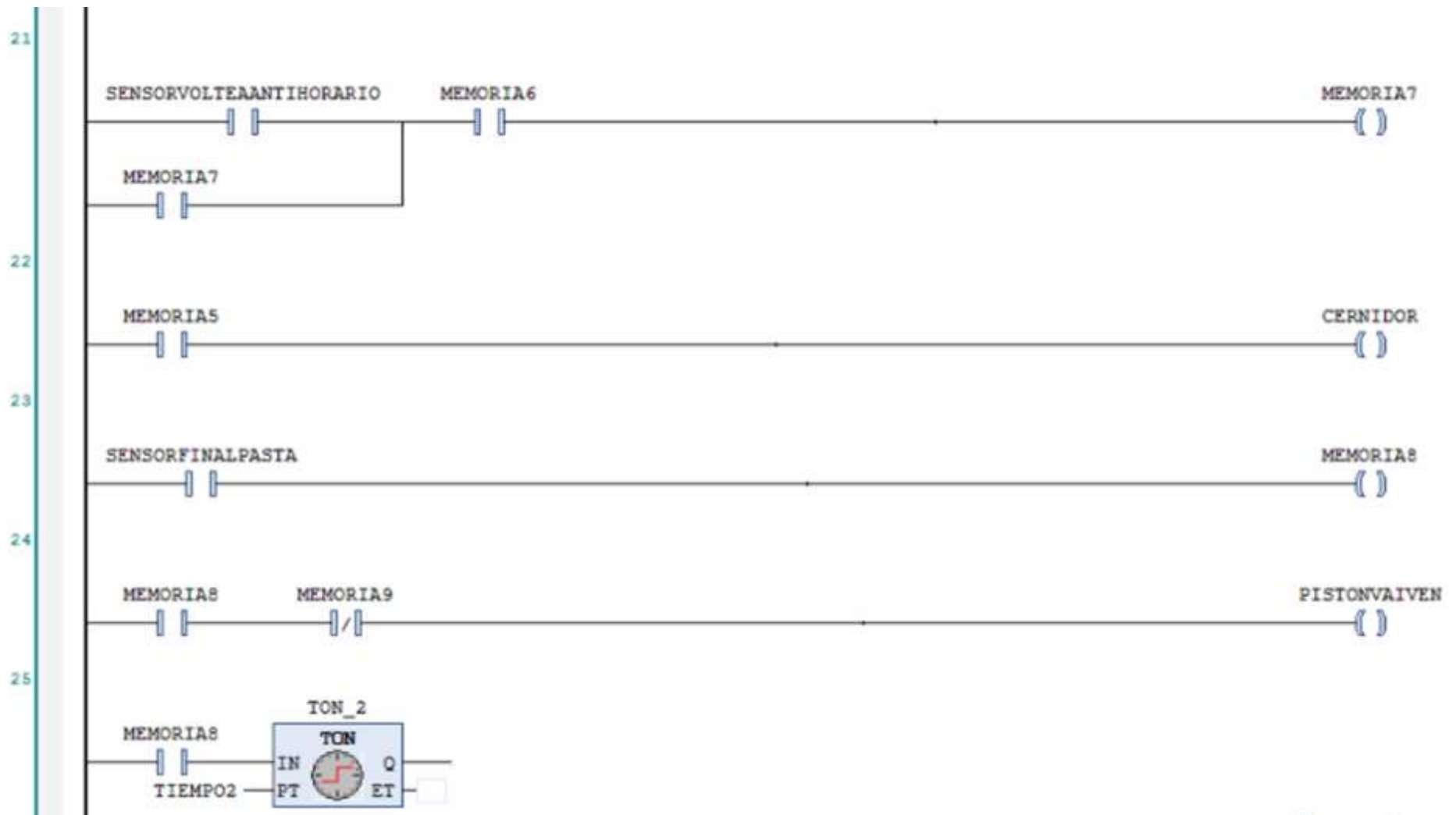


Figura 143: Secuencia N° 06 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia

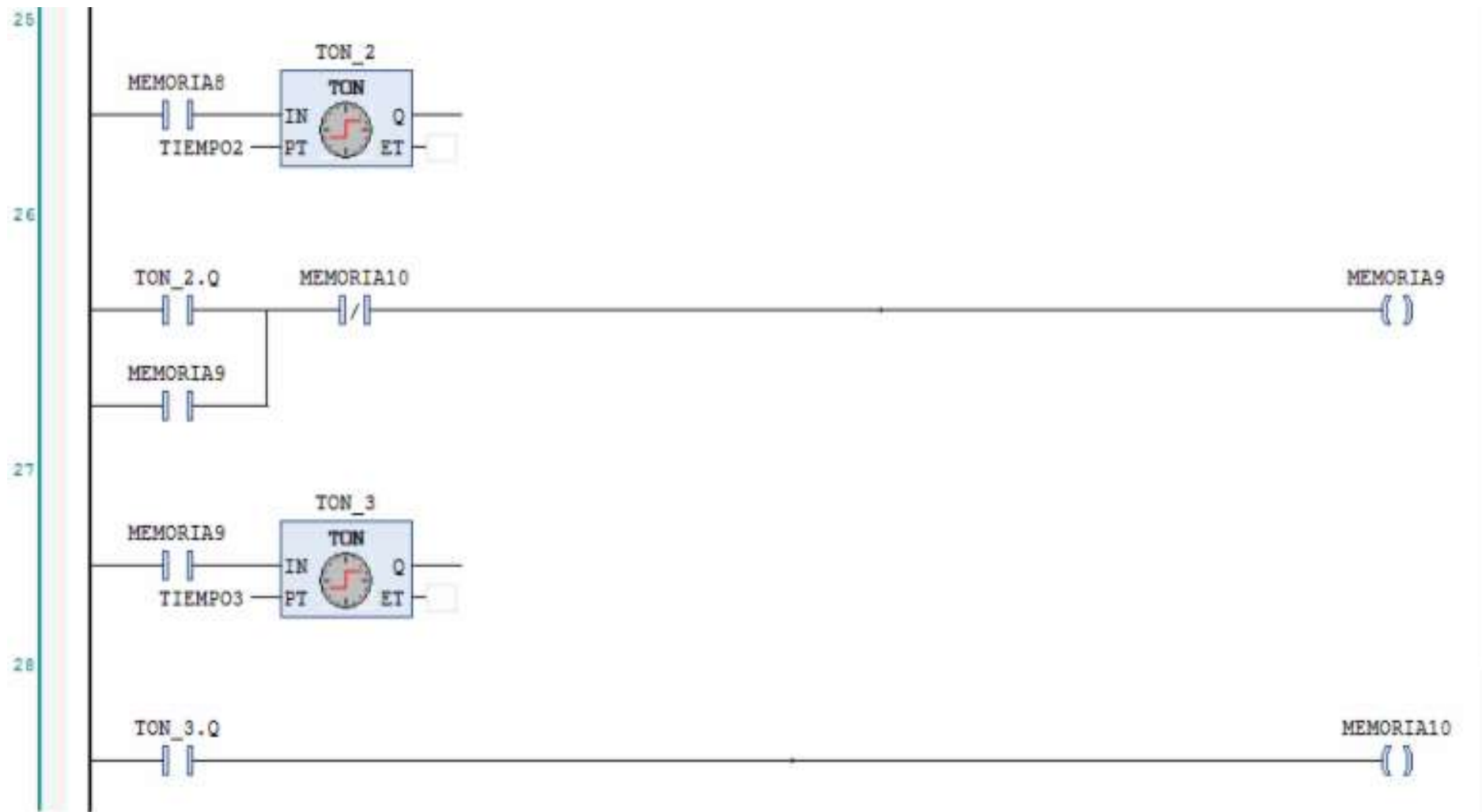


Figura 144: Secuencia N° 07 en SO MACHINE

Fuente: Elaboración propia

3.3. NUEVOS INDICADORES

El diseño de un prototipo de una máquina laminadora automática será capaz de eliminar y/o reducir notablemente las causas que originan la baja productividad en la etapa de laminado para la fabricación de pasta Wantan; esto se corrobora realizando nuevamente un diagrama hombre – máquina para poder calcular el nuevo tiempo de ciclo y los tiempos de cada operación que intervienen. Estos datos se extraen del diagrama para realizar nuevamente los cálculos de los indicadores y se comparan con los resultados anteriores de los indicadores ya planteados en el diagnóstico; de esta manera se observarán y analizarán los cambios que se generarán a partir de una nueva propuesta de un diseño automatizado. El nuevo diagrama hombre máquina se presenta en la figura 145.

Diagrama Hombre - Máquina de la etapa de laminado

Etapa: Laminado

Fecha: 17/05/2017

Máquina tipo: Laminadora automática

Diagramador: Daniel Alvear

Departamento: Producción

Tiempo de ciclo: 1650” (Para 100 kg)

Operario	Tiempo (s)	Laminadora automática	Tiempo (s)
Encender botón de marcha	1	Mezclado y carga de material en faja transportadora 1	780
Tiempo ocioso	1649	Transporte hacia laminado 1	90
		Laminado 1	90
		Transporte hacia laminado 2	90
		Laminado 2	90
		Transporte hacia laminado 3	90
		Laminado 3	90
		Transporte hacia laminado 4	90
		Laminado 4 y dosificado de maicena	90
		Transporte hacia vaivén	90
		Acopio automático mediante sistema vaivén	60

Figura 145: Diagrama Hombre – Máquina para la etapa de laminado automático

Fuente: Empresa Yuc Wa

Como se aprecia en la figura 145, en el diagrama hombre – máquina, el nuevo tiempo de ciclo es de 1800 segundos que equivale a 30 minutos, para una capacidad de 100 kg de pasta Wantan.

Para el mezclado y carga de material a faja 1 mediante volteo, se le otorga un tiempo estimado total de 780 segundos, de los cuales 600 segundos (10 minutos) son para el mezclado neto y +180 segundos (3 minutos) de margen adicional para el volteo. Se tomó como referencia el tiempo de mezclado de las mezcladoras de tambor que ya existen en el mercado para mezclar este tipo de alimentos y es el más eficiente para obtener mezclas homogéneas con una textura adecuada. Durante estos 600 segundos equivalentes a 10 minutos, +3 minutos de margen adicional, la mezcladora realizará su operación y una vez que la mezcla se encuentre lista, se utilizará este margen para realizar el volteo hacia la faja transportadora 1. En los transportes hacia las laminadoras, se le otorgan tiempos estimados de 1,5 minutos equivalentes a 90 segundos, puesto a que el diseño de la faja se realizó de acuerdo al flujo másico establecido por tablas (*Ver tabla 33*), el cual se expresa como la cantidad que se transporta con respecto al tiempo; en este caso se estima un transporte de 1 minuto para transportar 100 kg de pasta Wantan con un margen adicional de +0,5 minutos. En los laminados automáticos, también se le otorgan los mismos tiempos estimados de las fajas transportadoras (1,5 minutos equivalentes a 90 segundos), ya que cada laminadora se encuentra acoplada a cada faja y por ende pasará y laminará al mismo tiempo la misma cantidad de masa de Wantan. Finalmente en el acopio automático, se le otorga un tiempo estimado de 1 minuto equivalente a 60 segundos, este dependerá de la cantidad de ciclos por minuto que se programe al pistón neumático.

Cabe resaltar que estos tiempos no son exactos y se calcularon de acuerdo a ciertos parámetros ya mencionados. Además, se podrán manipular y cambiar en el controlador (PLC) de acuerdo a las necesidades del usuario una vez que se implemente.

Con la propuesta del diseño de una maquina laminadora automatizada, se eliminaran los tiempos muertos que genera la máquina, operando sin ninguna parada durante el proceso productivo; ya que el operario no realizará ningún tipo de movimiento repetitivo ni agotador que conlleve a detener la máquina. Este operario aprovechará el tiempo ocioso que se genera, para la supervisión durante todo el proceso productivo.

Según el diagrama hombre – máquina después de la propuesta de diseño, el tiempo ocioso que se genera por parte del operario es de 1649 segundos que equivale a 27,48 minutos aproximadamente.

En base a la figura 145, se extraen ciertos datos para el cálculo de los nuevos indicadores para su posterior comparación con los indicadores ya planteados en el diagnóstico.

Cálculo de la saturación del operario:

$$\text{Saturación del operario} = \left(\frac{\text{Tiempo que añade valor al proceso}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \right) \times 100$$

$$\text{Saturación del operario} = \left(\frac{1 \text{ s}}{1650 \text{ s}} \right) \times 100 = 0,00\%$$

Con este resultado, se muestra que el operario tiene una saturación del 0% al realizar las operaciones durante la etapa de laminado, debido a que sus labores son sumamente holgadas, sencillas y no conllevan a tanto esfuerzo físico ni mental. Las únicas actividades que realizarán son de supervisar que toda la masa mezclada y laminada llegue de manera correcta a cada máquina.

El tiempo ocioso del operario que se muestra en la figura 145, en el diagrama hombre – máquina; se puede emplear para la supervisión durante el proceso.

En base a estos resultados, la productividad de mano de obra mejorará y aumentará positivamente y se corrobora de la siguiente manera:

Cálculo de la productividad de la mano de obra:

$$\text{Productividad MO} = \frac{\text{Cantidad producida (kg)}}{\text{Horas hombre trabajadas} \times \# \text{ de operarios}}$$

Donde:

Horas hombre trabajadas = 27,5 minutos para la etapa de laminado

Número de operarios = 1 operario

En base a los 80 kg producidos en el día 27/04/2016, se procede a calcular la productividad:

Entonces, para una producción de 80 kg:

$$\text{Productividad MO} = \frac{80 \text{ (kg)}}{0,46 \text{ horas} \times 1 \text{ operario}}$$

$$\text{Productividad MO} = 173,91 \frac{\text{kg}}{\text{hora hombre}}$$

En base a 100 kg de producción por turno, el cual es la nueva capacidad con la cual se diseñó el sistema automatizado propuesto:

Entonces, para una producción de 100 kg:

$$\text{Productividad MO} = \frac{100 \text{ (kg)}}{0,46 \text{ horas} \times 1 \text{ operario}}$$

$$\text{Productividad MO} = 217,39 \frac{\text{kg}}{\text{hora hombre}}$$

Se realiza el cálculo de esta manera para observar la mejoría en cuanto a la productividad de mano de obra, si produciendo 80 kg en 27,5 minutos resulta una productividad de 173,91 kg/hora – hombre, a una capacidad de 100 kg la productividad es de 217,39 kg/hora – hombre; esto quiere decir que con una nueva máquina automatizada, la productividad con respecto al recurso humano se mejora notablemente.

Una vez calculada la nueva productividad de mano de obra, se procede a hallar el incremento de la productividad ($\Delta\rho$), el cual muestra en cuánto aumenta la productividad propuesta comparado con la productividad diagnosticada y se representa en porcentaje (%).

Según Vásquez. (2012), la relación del indicador es la siguiente:

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{propuesta} - \rho_{actual}}{\rho_{propuesta}} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$$

Entonces:

$$\Delta\rho = \frac{217,39 \frac{\text{kg}}{\text{hora hombre}} - 10 \frac{\text{kg}}{\text{hora hombre}}}{10 \frac{\text{kg}}{\text{hora hombre}}}$$

$$\Delta\rho = 20,74 \times 100$$

$$\Delta\rho = 2074 \%$$

De acuerdo con este resultado, al diseñar una máquina laminadora automatizada, la productividad de mano de obra aumenta en un 2074 %.

Por otro lado, se procede a calcular la productividad de materiales hallando un nuevo resultado después del diseño del sistema. Este cálculo se realiza con la finalidad de comparar dos resultados diferentes, uno en diagnóstico y el segundo en desarrollo.

Entonces, si:

Para una producción de 80 kg se utilizan 63,20 kg de harina de trigo; para una producción de 100 kg se utilizan 79 kg de harina de trigo.

Por lo tanto:

$$\text{Productividad Materiales (Harina)} = \frac{100 \text{ kg de pasta Wantan}}{79 \text{ kg de harina de trigo}}$$

$$\text{Productividad Materiales (Harina)} = 1,27 \frac{\text{kg de pasta Wantan}}{\text{kg de harina de trigo}}$$

La productividad de harina de trigo (materia prima principal), resultó de 1,26 kg de pasta Wantan/ kg de harina. Si se compara con el indicador en diagnóstico resultó igual, es decir, lo que varía es el volumen de producción mas no la cantidad de materia prima, ya que la cantidad de materia prima e insumos para la fabricación del producto lo establece así.

Otro indicador importante es la eficiencia de la máquina laminadora, la cual se representa de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{\text{Tiempo que añade valor al proceso}}{\text{Tiempo total del ciclo}} \right) \times 100$$

Estos datos se extraen del nuevo diagrama hombre – máquina ubicado en la figura 145.

Tiempo que añade valor al producto = 1650 s

Tiempo total del ciclo = 1650 s

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{1650 \text{ s}}{1650 \text{ s}} \right) \times 100 = 100\%$$

Este nuevo indicador muestra que la laminadora automática se está aprovechando eficientemente, ya que se utiliza el 100%.

Otros indicadores de productividad importantes enfocados en maquinaria, son la productividad de máquina y la productividad de consumo energético.

Para el cálculo de la productividad de máquina se establece de la siguiente manera:

Si:

$$\text{Productividad de máquina} = \left(\frac{\text{Volumen de salidas (kg)}}{\text{Entrada de máquinas}} \right)$$

Entonces:

$$\text{Productividad de máquina} = \left(\frac{200 \text{ kg de pasta Wantan}}{1 \text{ máquina laminadora automática}} \right)$$

$$\text{Productividad de máquina} = 200 \frac{\text{kg de pasta Wantan}}{\text{máquina laminadora automática}}$$

Para el cálculo de la productividad del consumo de energía del sistema propuesto, en primer lugar se tiene que tener en cuenta la cantidad de motores con sus respectivas potencias en kW.

Se sabe que para la etapa de laminado se utilizará un motor de 3,3 kW; 2,2 Kw; y nueve motores de 0,75 kW. En total se tiene una potencia de 12,68 kW.

Si:

$$\text{Potencia total del sistema automatizado} = 12,68 \text{ kW}$$

$$\text{Tiempo de ciclo en la etapa de laminado} = 0,5 \text{ horas}$$

Entonces, para los kWh consumidos por la maquina laminadora por un turno:

$$\text{kWh consumidos por turno} = 12,68 \text{ kW} \times 0,46 \text{ horas}$$

$$\text{kWh consumidos por turno} = 5,83 \text{ kWh}$$

Para calcular este consumo de energía se sabe que, según la figura 145, en el diagrama hombre – máquina se analizó cada operación en base a una producción de 100 kg durante un turno.

Si:

$$\text{Producción base} = 100 \text{ kg}$$

Por lo tanto, para el consumo de energía por kg de pasta Wantan:

$$\text{Productividad de energía} = \frac{\text{Kg producidos durante un turno por máquina}}{\text{kWh consumidos durante un turno por máquina}}$$

$$\text{Productividad de energía} = \frac{100 \text{ kg}}{5,83 \text{ kWh}}$$

$$\text{Productividad de energía} = 17,15 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

Se utiliza 1 kWh para producir 17,15 kg de pasta Wantan durante un turno.

Finalmente, el último indicador a analizar será la cantidad que se deja de producir por existencia de tiempos muertos y se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad que se deja de producir} = \frac{\text{T. que no añade valor en el proceso} \times \text{Producción}}{\text{Tiempo que añade valor en el proceso}}$$

Según el diagrama hombre – máquina de la figura 145, la maquina laminadora tiene un tiempo productivo de 1650 segundos que equivale a 0,46 horas y con un nuevo sistema automático no existirá ningún tiempo improductivo.

En base a estos datos se procede a calcular la cantidad que se deja de producir por la presencia de los tiempos improductivos.

Si:

Tiempo que no añade valor durante el proceso = 0 segundos

Tiempo que añade valor durante el proceso = 1650 segundos

Producción base = 100 kg de pasta Wantan

Por lo tanto:

$$\text{Cantidad que se deja de producir} = \frac{0 \text{ segundos} \times 100 \text{ kg}}{1650 \text{ segundos}}$$

$$\text{Cantidad que se deja de producir} = 0 \text{ kg de pasta Wantan/día}$$

Con este último indicador se detalla que toda la producción programada durante el día se cumplirá, no dejando de producir absolutamente nada y se podrá abastecer a toda la demanda existente en el mercado local; con este resultado se dice también que el rendimiento del volumen de producción será del 100%.

Al reducir el tiempo de producción de la etapa de laminado con la propuesta de un diseño de un sistema automatizado, se elimina por completo el cuello de botella, y por lo tanto la etapa de cortado pasa a ser el nuevo cuello de botella existente en el proceso productivo (Ver tabla 67 y 68).

Tabla N° 67: Tiempos después del sistema propuesto

Etapas	Tiempo (Minutos)
Mezclado	13
Laminado N° 01	3,7
Laminado N° 02	3,7
Laminado N° 03	3,7
Laminado N° 04	3,7
Cortado	55
División en bloques	30
Embolsado	30
Pesado y etiquetado	50
Total (Minutos)	192,80
Total (Horas)	3,21

Fuente: Empresa Yuc Wa

Como se observa en la tabla 66, los nuevos tiempos de ciclo para la etapa de mezclado será de 13 minutos y para cada laminado serán de 3,7 minutos.

Tabla N° 68: Diagrama de análisis de procesos para la etapa de laminado después de la propuesta de diseño

Ubicación: Chiclayo, Lambayeque		Resumen							
Actividad: Fabricación de pasta Wantan		Evento/Actividad		Actual					
Fecha: 18/05/2017		Operación	○	10					
Operador: Alberto	Analista: Daniel Alvear	Transporte	⇒	7					
Lugar: Área de producción		Espera	D	-					
Comentarios: En el siguiente diagrama de análisis de procesos se analiza el cuello de botella existente en el proceso productivo.		Inspección	□	6					
		Almacenamiento	▽	2					
		Tiempo para producir 1 kg (minutos)		2,47					
Descripción de los eventos	Símbolo						Cantidad	Tiempo (en minutos)	Observación
	○	⇒	D	□	◻	▽			
Almacén de materia prima							-	-	
Transporte de MP/insumos a área de producción		●					-	-	
Inspección y preparación de MP/insumos						●	-	-	
Carga de MP/insumos en mezcladora de tambor	●						1 kg	0,0375	
Mezclado de masa Wantan						●	1 kg	0,125	
Transporte de masa mediante faja N° 01		●					1 kg	0,023125	
Laminado N° 01	●						1 kg	0,023125	
Transporte de masa mediante faja N° 02		●					1 kg	0,023125	
Laminado N° 02	●						1 kg	0,023125	
Transporte de masa mediante faja N° 03		●					1 kg	0,023125	
Laminado N° 03	●						1 kg	0,023125	
Transporte de masa mediante faja N° 04		●					1 kg	0,00575	
Laminado N° 04 y dosificado de maicena						●	1 kg	0,00575	
Transporte de masa mediante faja N° 05		●					1 kg	0,00575	
Acopio de masa laminada mediante sistema vaivén	●						1 kg	0,00575	
Transporte de masa laminada hacia mesa de corte		●					1 kg	0,025	
Cortado	●						1 kg	0,6875	Cuello de botella existente
División de la masa laminada extendida en bloques						●	1 kg	0,375	
Embolsado de pasta Wantan	●						1 kg	0,375	
Transporte de empaques hacia área de pesado		●					1 kg	0,25	
Pesado y etiquetado de empaques						●	1 kg	0,375	
Transporte hacia almacén de PT		●					1 kg	0,0625	
Almacén de producto terminado						●	-	-	

Fuente: Empresa Yuc Wa

3.3.1. Contrastación de indicadores

Tabla 69: Contrastación 1 de indicadores en diagnósticos y en desarrollo

criterio	Causa	En diagnóstico	En desarrollo
Mano de obra	C1: Saturación en el operario	<p><i>Saturación en el operario = 100%</i></p> <p><i>Productividad de MO = $10 \frac{kg}{hora\ hombre}$</i></p> <p><i>Product. de material = $1,27 \frac{kg\ de\ pasta\ Wantan}{kg\ de\ harina}$</i></p> <p><i>Tiempo de ciclo = 5,15 horas</i></p> <p><i>Rendimiento de producción = 81,40 %</i></p> <p><i>Cant. que se deja de producir por inasist. = $2880 \frac{kg}{año}$</i></p>	<p><i>Saturación en el operario = 0,00%</i></p> <p><i>Productividad de MO = $217,39 \frac{kg}{hora\ hombre}$</i></p> <p><i>Product. de material = $1,27 \frac{kg\ de\ pasta\ Wantan}{kg\ de\ harina}$</i></p> <p><i>Tiempo de ciclo = 0,46 horas</i></p> <p><i>Rendimiento de producción = 100%</i></p> <p><i>Cant. que se deja de producir por inasist. = $0 \frac{kg}{año}$</i></p>
Maquinaria	C2 y C3: Baja utilización de máquina y Máquina laminadora antigua	<p><i>Eficiencia de la máquina = 43,13 %</i></p> <p><i>Productividad de máquina = $80 \frac{kg}{máquina}$</i></p> <p><i>Productividad de energía = $11 \frac{kg}{kWh}$</i></p> <p><i>Cant. que no se produce por baja utilización = $30378,24 \frac{kg}{año}$</i></p>	<p><i>Eficiencia de la máquina = 100%</i></p> <p><i>Productividad de máquina = $200 \frac{kg}{máquina}$</i></p> <p><i>Productividad de energía = $17,15 \frac{kg}{kWh}$</i></p> <p><i>Cantidad que no se produce por baja utilización = $0 \frac{kg}{año}$</i></p>

Fuente: Empresa Yuc Wa

Tabla 70: Contratación 2 de indicadores en diagnóstico y en desarrollo

Cuadro comparativo de indicadores						
criterio	Causa	Evidencia	Indicador	En diagnóstico	En desarrollo	Explicaciones
Mano de obra	C1: Saturación en el operario	Movimientos repetitivos y agotadores Inasistencias del operario	Saturación en el operario (%) = (Tiempo que el operario añade valor al producto/Tiempo total del ciclo) x 100	Saturación en el operario = 100%	Saturación en el operario = 0,00%	La saturación del operario al 100% se debe al constante movimiento repetitivo y agotador que se realiza al aplicar un sinnúmero de procedimientos manuales.
			Productividad de mano de obra = (Cantidad producida en kg/Horas hombres trabajadas)	Productividad MO = 10 kg / hora hombre	Productividad MO = 217,39 kg / hora hombre	Debido a la saturación en las labores, la productividad resultó 10 kg/hora – hombre, y como consecuencia se deja de producir la cantidad de pasta Wantan programada.
			Productividad del material = (Salida de materia prima útil/ Entrada de materia prima)	Productividad del material = 1,27 kg / kg de harina de trigo	Productividad del material = 1,27 kg / kg de harina de trigo	La productividad de material resultó 1,27 kg de pasta Wantan por cada kg de harina a utilizar para ambos casos, no aumenta ni disminuye, solo el volumen de producción es la variable variante.
			Tiempo de ciclo = Tiempo de duración de la etapa respectiva	Tiempo de ciclo = 5,15 horas	Tiempo de ciclo = 0,46 horas	El tiempo de ciclo disminuyó notablemente de 5,15 horas a 0,46 horas; es decir, que al diseñar una maquina laminadora automatizada se optimizará el tiempo.
			Rendimiento de producción (%) = (Producción realizada/Producción programada) x 100	Rendimiento de producción (%) = 81,40 %	Rendimiento de producción (%) = 100 %	Con el nuevo sistema automatizado los indicadores mejoran, la saturación del operario disminuye a 0,00 %, la productividad aumenta en 217,39 kg/hora – hombre y el rendimiento de producción será el 100%.
			Cantidad que se deja de producir por inasistencias = (Inasistencias de personal x Cantidad que no se produce por turno)	Cantidad que se deja de producir por inasistencias = 2880 kg /año	Cantidad que se deja de producir por inasistencias = 0 kg /año	
Máquina	C2: Baja utilización de máquina C3: Máquina laminadora antigua	Poco uso de la máquina durante la producción Cantidad de pasta Wantan que se deja de producir por baja utilización de máquina	Eficiencia de la máquina (%) = (Tiempo que el operario añade valor al producto/Tiempo total del ciclo) x 100	Eficiencia de la máquina (%) = 43,13%	Eficiencia de la máquina (%) = 100%	Debido a la gran cantidad de tiempos muertos que existen durante el proceso productivo generados por la gran cantidad de actividades improductivas y por la aplicación de procedimientos manuales, la máquina se deja de utilizar, resultando un 43,13 % de eficiencia de máquina con una productividad de consumo energético de 11 kg/kWh.
			Productividad de máquina = (Volumen de producción en kg/Entrada de máquinas)	Productividad de máquina = 80 kg/máquina laminadora	Productividad de máquina = 200 kg/máquina laminadora	La productividad de máquina aumentó de 80 kg a 200 kg de pasta Wantan por maquina laminadora utilizada durante el proceso productivo.
			Productividad de energía = (kg producidos por máquina/ kWh consumidas por máquina)	Productividad de energía 11 kg / kWh	Productividad de energía 17,15 kg / kWh	Por la poca utilización de la máquina se genera una cantidad de pasta Wantan que no se produce, llegando a los 30378,24 kg/año.
			Cantidad que se deja de producir por inasistencias = (Tiempo improductivo x producción diaria/Tiempo que añade valor en el proceso)	Cantidad que se deja de producir por inasistencias 30378,24 kg / año	Cantidad que se deja de producir por inasistencias 0 kg / año	Igualmente, con la propuesta de un diseño mecánico y automático de una laminadora, los indicadores mejoran, teniendo una utilización de máquina del 100%, y 0 kg/año de pasta Wantan que se deja de producir.

Fuente: Empresa Yuc Wa

3.4. ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO

En este apartado se analizará el costo beneficio que trae consigo la inversión de todo el sistema propuesto determinándose si el proyecto es o no viable de acuerdo a los indicadores financieros planteados.

Se detallará en primer lugar cada uno de los costos para la inversión de todo el sistema propuesto, tales como: cotización de materiales y dispositivos a emplear para la fabricación de la maquinaria, tanto para el sistema mecánico, eléctrico, neumático y de control, además de la cotización de mano de obra tanto para la fabricación mecánica de cada máquina como para la instalación eléctrica y neumática (cableado, montaje de actuadores: motores o pistones neumáticos, montaje de tableros eléctricos: contactores, guardamotors, instalación de PLC, etc.)

Además se realizará el flujo de caja respectivo, y de acuerdo a ello se calcularán los indicadores que permitirán visualizar de una mejor manera la viabilidad que tiene el proyecto planteado: VAN, TIR, periodo de recuperación de la inversión efectuada y el beneficio costo.

Para la cotización de materiales, se trabajarán con las empresas: Norelem, Habasit, Grupo SKF, Schulz, Ducasse, Suministros generales de transmisión, Motores WEG, Optibelt, Festo, Schneider Electric, Miksan, Aoqun Brush, Indeco, Matex.

Tabla 71: Cotización de materiales para la fabricación de máquinas

Materiales	Unidad	Costo unitario (S/)	Cantidad	Total (S/)
Tubo cuadrado de acero inoxidable de grado alimenticio 304	1	350,00	20	7 000,00
Plancha de acero inoxidable de grado alimenticio 304	1	333,33	15	4 999,95
Tubo redondo de acero inoxidable de grado alimenticio 304	1	333,33	8	2 666,64
Barra cuadrada de acero inoxidable de grado alimenticio 304	1	300,00	8	2 400,00
Platina de acero inoxidable de grado alimenticio 304	1	300,00	8	2 400,00
Motor WEG de 5 hp W22 -IE3	1	3 200,00	1	3 200,00
Motor WEG de 3 hp W22 -IE3	1	1 800,00	1	1 800,00
Motor WEG de 1 hp W22 -IE3	1	300,00	11	3 300,00
Motor vibrador MIKSAN VX 50 DC 12	1	165,00	1	165,00
Reductor NMRV088 de 1 a 40	1	450,00	5	2 250,00
Reductor NMRV085 de 1 a 10	1	2 300,00	1	2 300,00
Compresor SCHULZ 2 hp 8 bar	1	600,00	1	600,00
Chumacera de piso NORELEM 24240 MUCP 35 mm acero inoxidable 304	1	45,00	20	900,00
Chumacera de piso NORELEM 24240 MUCP 50 mm acero inoxidable 304	1	60,00	2	120,00
Chumacera de pared NORELEM 24244 MUCFL 45 mm acero inoxidable 304	1	55,00	1	55,00
Chumacera de pared NORELEM 24244 MUCFL 30 mm acero inoxidable 304	1	40,00	16	640,00
Cadena regulable 200 H acero inoxidable 304	1	70,00	1	70,00
Piñón industrial DUCASSE D3,36 pulg. 20 dientes acero inoxidable 304	1	40,00	1	40,00
Engranaje D220 mm de 20 dientes/chaveta acero inoxidable 304	1	30,00	2	60,00
Banda alimentaria habaGUARD TT12+H15 TPU	1 m	80,00	10 m	800,00
Polea STG D4,17 pulg. acero inoxidable 304	1	50,00	4	200,00
Polea STG D1,18 pulg. acero inoxidable 304	1	40,00	4	160,00
Correa industrial OBTELBELT SUPER TX	1	20,00	4	80,00
Piñón industrial DUCASSE D3,79 pulg. 20 dientes acero inoxidable 304	1	42,50	8	340,00
Malla MATEX 200 x 1400 mesh acero inoxidable 304	1 m	20,00	0,5 m	10,00
Cepillo lineal industrial 500 mm AOQUN BRUSH M03	1	60,00	1	60,00
Conjunto SKF (rail + carro lineal LLTHC A)	1	150,00	4	600,00
Cilindro neumático perfilado doble efecto FESTO DNCB ISO 15552	1	350,00	1	350,00
Electroválvula de 5 a 2 vías	1	275,00	1	275,00
Unidad de mantenimiento	1	200,00	1	200,00
Válvula de estrangulación/anti retorno	1	30,00	3	90,00
Racor neumático T M6	1	6,00	3	18,00
Manguera neumática	1 m	6,00	3 m	18,00
PLC MODICON TM241CE40R	1	2 000,00	1	2 000,00
Tablero mural de acero IP66 Spacial CRN (gabinete hermético)	1	557,00	1	557,00
Interruptor automático tripolar LV429637 (Llave termomagnética)	1	557,00	1	557,00
Contactador tripolar LC1D09Q7	1	94,00	12	1 128,00
Guarda motor GV2ME07	1	238,00	12	2 856,00
Sensores mecánicos OsiSense XC (interruptores de posición)	1	319,00	2	638,00
Sensores ópticos OsiSense XU (sensores fotoeléctricos)	1	408,90	3	1 226,70
Pulsador rasante no luminoso de paro XB5AA42	1	39,10	1	39,10
Pulsador rasante no luminoso de marcha XB5AA31	1	39,10	1	39,10
Parada de emergencia de tipo hongo con giro para desenclavar XB7NS8445	1	51,80	1	51,80
Piloto de señalización verde XB5AV63	1	32,90	1	32,90
Piloto de señalización rojo XB5AV64	1	32,90	1	32,90
Cable Vulcanizado N° 12	1 m	3,50	50 m	175,00
Cable Vulcanizado N° 14	1 m	5,50	50 m	275,00
Cable Indeco N° 12 AWG Sólido Azul	1 rollo	89,00	1	89,00
Cable Indeco N° 12 AWG Sólido Rojo	1 rollo	89,00	1	89,00
Sub total (S/)				47 954,09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72: Cotización de mano de obra para fabricación de maquinaria

Mano de Obra	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Mezcladora (Tolva, soportes, ejes, bases, estructura)	1	S/. 5 500,00	1	S/. 7 000,00
Faja transportadora (Tambores, ejes, bases, estructura)	1	S/. 900,00	5	S/. 4 500,00
Laminadora (Rodillos, ejes, bases, estructura)	1	S/. 750,00	4	S/. 3 000,00
Cernidor vibratorio (estructura, bases, tolva)	1	S/. 300,00	1	S/. 300,00
Sistema vaiven de acopio (Estructura, carriles, bases)	1	S/. 450,00	1	S/. 450,00
Estructura para acople entre faja y laminadora	1	S/. 250,00	1	S/. 250,00
Mano de Obra - Instalación eléctrica	Unidad	Costo unitario	Cantidad	Total
Instalación eléctrica	1	S/. 800,00	1	S/. 800,00
Sub total				S/. 16 300,00

Tota de inversión	S/. 64 254,09
--------------------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el beneficio es el total de cada impacto económico de las causas analizadas según el diagnóstico analizado, es decir las pérdidas que la empresa tiene por falta de tecnología o de un sistema automatizado.

Al implementar el sistema automatizado diseñado, estas pérdidas anuales, se convertirán en beneficios para la empresa.

Tabla 73: Beneficios anuales del proyecto

Beneficios por:	Total
Saturación del operario	S/ 67 490,00
Baja utilización de máquina	S/ 303 782,40
Máquina laminadora antigua	S/ 8 912,14
Total general	S/ 380 184,54

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 74, se visualiza detalladamente el flujo de caja de la propuesta proyectados en 5 años, en donde se toma en cuenta, los beneficios anuales, la inversión total, equipos extras a utilizar, mantenimiento de máquina, capacitación al personal, etc.

Tabla 74: Flujo de caja de la propuesta proyectado en 5 años

BENEFICIOS POR:	Unidad	0	1	2	3	4	5
Saturación del operario	S/		67 490,00	67 490,00	67 490,00	67 490,00	67 490,00
Baja utilización de maquinaria	S/		303 782,40	303 782,40	303 782,40	303 782,40	303 782,40
Máquina laminadora antigua	S/		8 912,14	8 912,14	8 912,14	8 912,14	8 912,14
Total Beneficios	S/		380 184,54	380 184,54	380 184,54	380 184,54	380 184,54
COSTOS (INVERSIÓN TOTAL)							
Inversión maquinaria (Fabricación: mano de obra y materiales)	S/	64 254,09					
Equipo (bandejas, equipos de protección personal, etc.)	S/	1 000,00					
Mantenimiento de máquina (*)	S/		8 000,00	8 000,00	8 000,00	8 000,00	8 000,00
Capacitación del personal	S/	800,00					
Total Costos (EGRESOS)	S/	66 054,09	8 000,00	8 000,00	8 000,00	8 000,00	8 000,00
UTILIDAD BRUTA	S/	-66 054,09	372 184,54	372 184,54	372 184,54	372 184,54	372 184,54
Depreciación (5%)	S/		-3 244,05	-3 244,05	-3 244,05	-3 244,05	-3 244,05
Utilidad a Impuestos	S/		368 940,49	368 940,49	368 940,49	368 940,49	368 940,49
Impuestos (30%)	S/		110 682,15	110 682,15	110 682,15	110 682,15	110 682,15
UTILIDAD NETA	S/	-66 054,09	258 258,34	258 258,34	258 258,34	258 258,34	258 258,34

Tasa de inversión	12%
VNA	S/ 930 963,53
TIR	391%
Beneficio Costo	S/ 17, 92

Fuente: Elaboración propia

(*) El mantenimiento de máquina corresponde principalmente a la limpieza de tablero y dispositivos eléctricos y neumáticos (actuadores y pre – actuadores), lubricación y engrase de piezas (chumaceras, sistemas de transmisión de cadenas, piñones, engranajes, rodamientos, etc), y sobre todo el ajuste de componentes por máquina y anualmente se tiene un costo de inversión de S/ 8 000,00.

De acuerdo con el flujo de caja de la propuesta y con los indicadores financieros, el TIR es de 391%, esto indica que el proyecto analizado devuelve el capital invertido más una ganancia adicional, por lo tanto el proyecto es sumamente viable y rentable para la empresa. Asimismo, el valor actual neto resultó S/ 930 963,53; por lo tanto se tendrán utilidades durante los 5 años proyectados y por cada sol invertido se obtiene S/ 17,92.

En la tabla 75 se analiza el periodo de recuperación de toda la inversión calculada de la propuesta.

Tabla 75: Periodo de recuperación de la inversión total

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		258 258,34	258 258,34	258 258,34	258 258,34	258 258,34
Inversión	66 054,09					
Saldo por recuperar		192 204,25				

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{66\,054,09 \text{ soles}}{192\,204,25 \text{ soles}} = 0,26 \text{ años} = 3 \text{ meses} = 90 \text{ días}$$

De acuerdo a la relación establecida, el periodo de recuperación de la inversión total será en 90 días calendarios.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la etapa de laminado en la empresa Yuc Wa, en el cual se analizó detalladamente las causas que generan la baja productividad: saturación en el operario, baja utilización de máquina y máquina laminadora antigua. Se identificó que los operarios se encuentran saturados al 100%, lo que conlleva a que la productividad de mano de obra disminuya a 10 kg de pasta Wantan por hora hombre. Como consecuencia a ello, no se logra producir las cantidades programadas, teniendo un rendimiento de producción de 81,40 %. La productividad de materiales, de máquina y de energía son: 1,27 kg de pasta Wantan/kg de harina de trigo, 80 kg de pasta Wantan/máquina laminadora y por 1 kWh de consumo eléctrico se producen 11 kg de pasta Wantan. Además, se dejan de producir 30378,24 kg/año debido a la baja utilización de la máquina laminadora (43,13%) teniendo un impacto económico total anual de S/ 380 184,54 durante el año 2016.
- Se realizó el diseño del sistema automatizado propuesto de una maquina laminadora asistido por computadora, dividiéndose el sistema general en 05 subsistemas: subsistema de mezclado con sistema de volteo para descarga de masa, subsistema de faja transportadora, subsistema de laminado, subsistema cernidor vibratorio y cepillo reductor y subsistema vaivén. Cada uno de ellos se analizaron y fundamentaron con cálculos de ingeniería y catálogos de las empresas con las cuales se trabajarán. El diseño automático se presentó en SolidWorks, la programación del MODICON TM241CE40R se simuló en el software So Machine, y el plano eléctrico y neumático en AUTOCAD. Con el diseño de una nueva máquina laminadora automática se demuestran resultados favorables mejorando la productividad de mano de obra en un 2074 %, con un tiempo de ciclo inferior al actual (1650 segundos) para producir 100 kg de pasta Wantan. Por otro lado, la saturación del operario resultó 0,00% mejorando la productividad de mano de obra a 217,39 kg por hora hombre, la productividad de máquina a 200 kg de pasta Wantan por cada máquina, la productividad de consumo energético en 17,15 kg/kWh, un rendimiento del volumen de producción de 100% y con esta mejoría, toda la cantidad programada durante un turno se producirá teniendo una utilización de la máquina del 100%.
- Se realizó el análisis costo – beneficio y analizó los indicadores financieros, tales como: la tasa interna de retorno, obteniendo un 391 % de garantía favorable; un valor actual neto de S/ 930 963,53, lo cual es beneficioso durante los 5 años proyectados y por cada sol invertido se obtiene S/ 17,92. Además se tiene una inversión en cuanto a maquinaria de S/ 64 254,09, el cual se logra recuperar en un tiempo estimado de 90 días (3 meses).

8.2. RECOMENDACIONES

- Al diseñar un prototipo mecánico automatizado el tiempo de ciclo de la etapa de laminado (cuello de botella), se reduce; por lo tanto, el nuevo cuello de botella aparecerá en la etapa de cortado. Se recomienda planificar un nuevo proyecto o diseñar un nuevo sistema automatizado para reducir este tiempo de ciclo.
- Se recomienda analizar la productividad de la etapa del cortado (nuevo cuello de botella).
- Se brindará una capacitación previa durante un periodo de tiempo determinado al personal, de manera que sepa utilizar adecuadamente la maquina automatizada y qué medidas adoptar ante cualquier inconveniente.
- Realizar una verificación y monitoreo continuo de las actualizaciones en cuanto a los software utilizados para la programación automatizada.
- Se recomienda aplicar un plan de limpieza semanal, al tablero mural, a los dispositivos eléctricos y neumáticos (motores, sensores, etc.) y a cada máquina.
- Se recomienda aplicar un plan de lubricación, calibración y ajuste a cada componente de la máquina laminadora automática.
- Involucrar y comprometer a todo el personal con la nueva propuesta de diseño, comprometiéndolos a una mejora continua no solo en el área de producción sino también en toda la empresa con la finalidad de alcanzar una mejor productividad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adolfo Moreno, Deimer Ballesteros y Germán Sánchez. 2012. "Un prototipo mecánico para la automatización del proceso de selección del mango tipo exportación." *Revista Ingeniería Universidad de Medellín* 11, nº 21: 151 – 160.
- Antonio Miravete y Emilio Larrodé. 1996. *Transportadores y Elevadores*. Primera edición. Zaragoza, Servicio de Publicaciones, Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza
- Armando Ortiz, Osvaldo Ruiz y Juan Ortiz. 2013. *Modelado de procesos de manufactura*. Primera edición. México, Ediciones UNAM.
- Aoqun Brush. 2017. *Catálogo de cepillos industriales*. Disponible en: <http://aoqunbrush.com/>
- Aurelio Baldor. 2008. *Geometría y Trigonometría*. Primera edición. Cuba, Grupo Editorial Patria
- Benjamin Niebel y Andris Freivalds. 2009. *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseños del trabajo*. Duodécima edición. Ciudad de México, Editorial Mc Graw – Hill.
- Brenda Retana y Myrna Aguilar. 2013. *Ingeniería de Métodos*. 23 de agosto de 2013. Universidad de Anahuac. <http://educommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/ingenieria-de-procesos-de-fabricacion/ingenieria-de-metodos/unidad-2-ocw> (Consultado 23 de agosto de 2013)
- Caroline McClatchey. 2011. *Cómo se convirtió la pasta en el alimento favorito en el mundo*. BBC Mundo. 19 de junio de 2011. Disponible en: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110616_pasta_alimento_exitoso_sao.shtml
- D. Berkowitz. 2014. *Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo. Procesos de la industria alimentaria*. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/67.pdf>
- Delegación del Rector para la Salud, Bienestar Social y Medioambiente de la Universidad Complutense de Madrid. 2013. *Fatiga laboral: Conceptos y prevención*. <http://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-18-1-->

FATIGA%20LABORAL.%20CONCEPTOS%20Y%20PREVENCI%C3%93N.pdf (Consultada 18 de Febrero de 2013)

- Ducasse Comercial. 2017. *Catálogo de poleas y correas industriales*. Disponible en: <http://www.ducasse.com.pe/>
- Dunlop. 2017. *Manual técnico de correas de transmisión industrial*. Disponible en: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf
- Ecured. 2017. *Industria alimentaria*. https://www.ecured.cu/Industria_Alimentaria (Consultado 10 de Setiembre de 2017)
- Espinoza Maria Luisa. 2012. “*Apuntes de estudio de operaciones y procesos unitarios*”. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. https://issuu.com/maluegu/docs/operaciones_y_procesos_unitarios
- Esteban Lopez. 2015. “Propuesta de automatización en bodega de producto terminado en industria manufacturera de productos de higiene personal en costa rica”, *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, n° 34: 1 – 20.
- Festo. 2017. *Catálogo de productos Festo Perú*. https://www.festo.com/cat/es-pe_pe/products (Consultado 01 de Mayo de 2017)
- Fidel Mariscal. 2014. *Automatización industrial integral de maquinaria para la mejora de la productividad*. Milenio. 21 de octubre de 2014. Disponible en: http://www.milenio.com/firmas/columna_ciencia_y_tecnologia_columna_ciencia_y_tecnologia/Automatizacion-industrial-integral-maquinaria-productividad_18_394940575.html
- Francisco Rodríguez, José Aguado, José Antonio, Pablo Cañizares et. al. 2002. Primera Edición. *Ingeniería de la Industria Alimentaria: Operaciones de procesado de alimentos*. Primera edición. Madrid, Editorial Síntesis S.A.
- Galo Sandoval, Mario Álvarez, Daisy Paredes y Susana Brito. 2011. *Manual de Elaboración de Pastas Alimenticias*. Primera edición. Ecuador, Universidad Técnica de Ambato Ediciones.
- Geanioplis, C. J. 1998. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Tercera Edición. México, Compañía editorial continental, S.A.
- Gustavo Barbosa, Enrique Ortega, Pablo Juliano y Hong Yan. 2005. *Polvo para alimentos: Propiedades físicas, procesamiento y funcionalidad*. Primera edición. Estados Unidos, Kluwer Academic/ Plenum Publishers

- Grupo Juste. 2017. *Proceso Productivo*. Disponible en: <http://www.grupojuste.com/actividad-industrial/proceso-productivo/>
- Grupo SKF. 2017. *Catálogo de rodamientos y soluciones de lubricación*. Disponible en: <http://www.skf.com/pe/index.html>
- Grupo Transmerquin. 2014. *Hoja de datos de seguridad para el almidón de maíz*. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ALMIDON%20DE%20MAIZ.pdf> (Consultado 18 de Agosto de 2014)
- Habasit. 2017. *Catálogo de bandas transportadoras alimentarias*. 20 de julio de 2017. Disponible en: <http://www.habasit.com/es/index.htm> (Consultado 20 de Julio de 2017)
- Henry Mendiburu. 2003. *Automatización Medioambiental*. Primera edición. Lima.
- Hermida Bun. 2000. *Fundamentos de Ingeniería de Procesos Agroalimentarios*. Primera Edición. Córdova, Editorial Mundi – prensa.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2010. *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0883/Libro.pdf (Consultado 10 Enero de 2010)
- Javier Mejía. 2009. *Manual de Indicadores de Productividad y Calidad*. <https://es.scribd.com/document/139831408/Indicadores-de-Productividad-y-Calidad> (Consultado 19 de Agosto de 2009)
- Jesús Cembranos. 2008. *Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos*. Quinta edición. España, Editorial Thomson Paraninfo
- Jesús Lopez, Beatriz Lopez, Vicente Díaz y Julio Fuentes. 2012. *Ingeniería del Transporte*. Primera edición. Madrid, Editorial UNED.
- Jorge Poma, Eduardo Raffo y Edith Berrospi. 2012. “Diseño, construcción e implementación de un sistema automatizado integrador para los módulos de caudal, presión y temperatura del centro de manufactura avanzada”, *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, n° 02: 90 – 95.
- José Velásquez y Juber Gonzales. 2017. “Prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico”, *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, n° 01: 125 – 130.

- José Enríquez, Enrique Tremps, Susana de Elío y Daniel Fernández. 2010. *Monografías sobre Tecnología del Acero: Laminación* Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: http://oa.upm.es/2074/1/LAMINACION2_MONO_2010.pdf (Consultado 20 de Enero de 2010)
- José Roldán. 1996. *Motores Eléctricos Aplicación Industrial*. Segunda edición. España, Editorial Parainfo
- José Roldán. 2010. *Motores trifásicos. Características, cálculos y aplicaciones*. Primera edición. España, Editorial Parainfo
- José Velásquez. 2005. “Los sensores en la producción”, *Revista Perfiles de Ingeniería de la universidad Ricardo Palma*. n° 09: 112 – 116.
- Juan Marín y Julio García. 2012. *Cálculo de Indicadores Productivos*. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence>
- Juan Rodríguez. 2017. *Mezclado y Mezcladoras*. Disponible en: <http://www.cpbmexico.com.mx/PDF/mez4b566.pdf>
- Materiales textiles, S.A. de C.V. (MATEX). 2017. *Manual técnico de mallas*. Disponible en: http://www.matexsa.com.mx/datos/catalogo_MATEX.pdf
- Ministerio de la Producción. 2011. *Directorio de Empresas Industriales*. PRODUCE. Disponible en: http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/PRODUCTIVIDAD_COMPE TITIVIDAD/Informes/analisis_lambayeque.pdf (Consultado 21 Setiembre de 2011)
- Miksan Motor. *Catálogo de motores vibratorios*. Disponible en: <http://www.miksanmotor.com/index.php?lang=en>
- Nexans Indeco. 2017. *Catálogo de cableado industrial*. Disponible en: https://www.nexans.pe/eservice/Peru-es_PE/navigate_241575/Global_expert_in_cables_and_cabling_systems.html
- Norelem. 2017. *Catálogo de Cojinetes de pared y de piso*. Disponible en: <https://www.norelem.com/pe/es/Inicio.html>
- José Ochoa. 2013. *Medición de la productividad del valor agregado: El primer paso hacia la competitividad*. Disponible en:

<https://robertomatuteunah.files.wordpress.com/2013/09/medicic3b3n-de-la-productividad.pdf>

- Pere Ponsa y Ramón Vilanova. 2005. *Automatización de Procesos mediante la Guía GEMMA*. Primera edición. Barcelona, Ediciones UPC, Ediciones SL y Virtuals.
- Ramón Piedrafita. 2008. *Ingeniería de la Automatización Industrial*. Segunda edición. México, Editorial Alfaomega Ra – Ma.
- Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas. 2016. *Automática*. Disponible en: http://www.rac.es/0/0_1.php
- Revista Electroindustria. 2010. *Protección de motores*. Noviembre 2010. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1503>
- Rujeko Masike, Donald Museka y Rufaro Taderera. 2014. “Diseño de una máquina semi-automática de cubiertas para panaderías PYMES”, *Revista Internacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, n° 03: 40 – 45.
- Universidad de las Américas de Puebla. 2014. *Controlador Lógico Programable PLC*. Puebla
- Rexon. 2005. *Manual técnico de cálculo de transmisiones*. Octubre de 2005. <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/2981/ANEXO%20K-Manual%20Calculo%20de%20Transmisiones.pdf?sequence=12&isAllowed=y> (Consultado 15 de Octubre de 2005)
- Schneider Electric Colombia. 2016. *Manual Electrotécnico: Telesquemario, Tecnologías de control industrial*. Disponible en <https://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario.pdf>
- Schneider Electric Perú. 2015. *Lista de precios*. Disponible en http://www.schneider-electric.com.pe/documents/local/list_de_precio_2015.pdf
- Schulz Compressores Brazil. 2017. *Catálogo de Compresores*. Disponible en: <http://www.schulz.com.br/es/site/compressores/home/index>
- Sears Zemansky. 2009. *Física Universitaria*. Decimosegunda edición. México. Editorial PEARSON EDUCATION S.A.
- SNI. 2014. *Producción de fideos envasados creció a 364,000 toneladas en el 2013*. Diario Gestión. 28 de marzo de 2014. Disponible en:

<http://gestion.pe/economia/sni-produccion-fideos-envasados-crecio-364000-toneladas-2013-2093072>

- Suministros Generales de Transmisión (SGT). 2017. *Catálogo de piñones y cadenas*. Disponible en: <http://www.sgtransmisiones.com/info/>
- Stanley Walas. 1990. *Equipos de proceso químico*. Primera edición. Usa, Advisory Editor Butterworth – Heinemann
- Vásquez Oscar. 2012. “*Apuntes de estudio de ingeniería de métodos*”. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. http://issuu.com/oscarvergvasi/docs/ingenier_a_de_m_todos.n
- WEG. 2017. *Catálogo de motores trifásicos*. Disponible en: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-latinoamericano-50024297-catalogo-espanol.pdf>

X. ANEXOS

- **ANEXOS DE PLANOS POR PIEZA** (*Ver carpeta comprimida ANEXOS, en subcarpeta 6_PLANOS POR PIEZA, adjunta en el CD – ROM*).

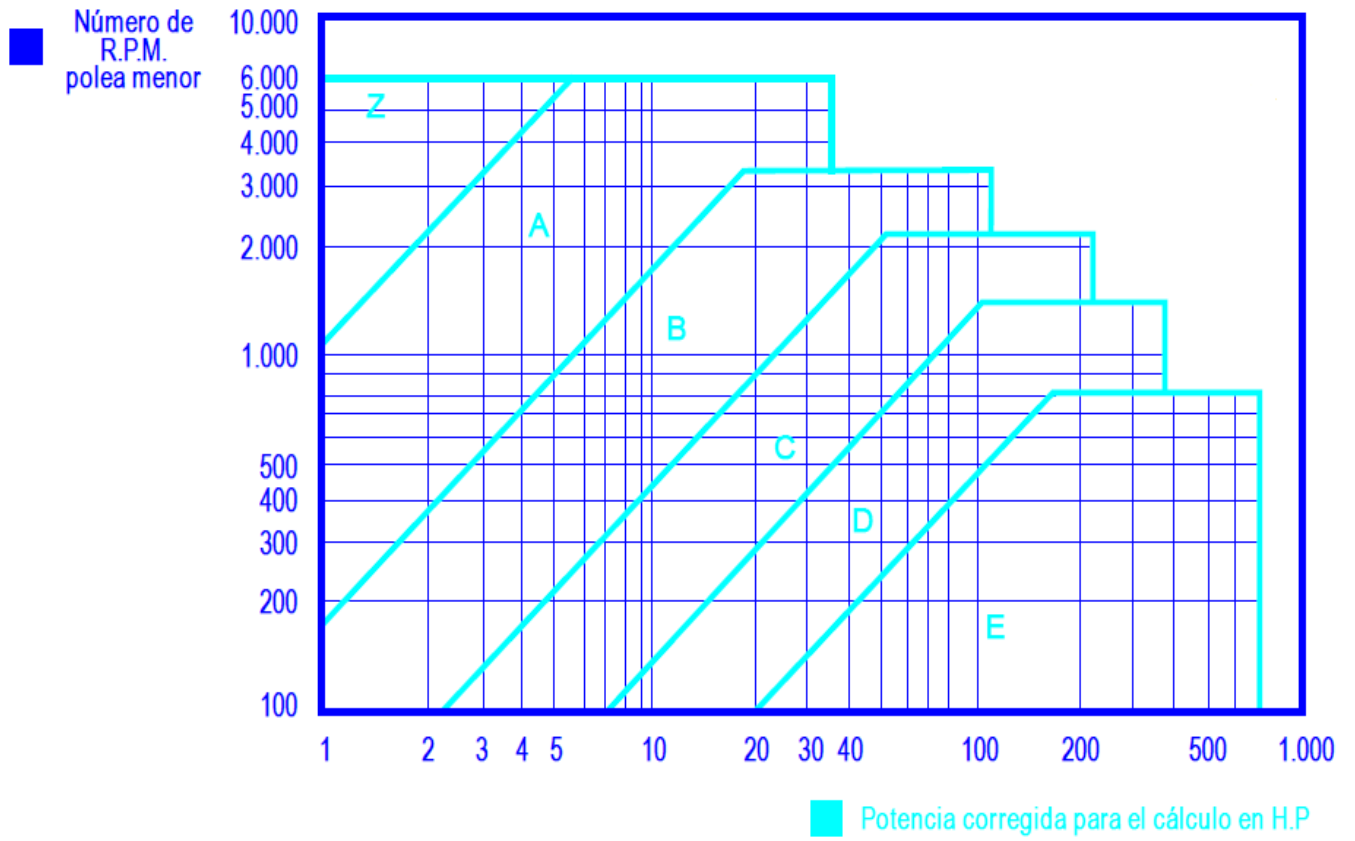
ANEXO 39: TABLA DE SELECCIÓN DE PRE ACTUADORES (CONTACTORES Y GUARDAMOTORES) SEGÚN SCHNEIDER ELECTRIC

Coordinación tipo 2 - Arranque directo																		
Motor trifásico 50/60 Hz									Con dos productos				Con tres productos					
220 V			380 V			440 V			Guardamotor		Contactor	Guardamotor		Contactor	Relé			
P	I _e	I _q	P	I _e	I _q	P	I _e	I _q	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste	Referencia	Referencia	Ajuste		
HP	A	kA	HP	A	kA	HP	A	kA	(1)	A	(2)	(1)	A	(2)	(3)	A		
M1			M1			M1			G1		KM1	G2		KM1	RT1			
						0.5	0.99	130	GV2-P05	0.83...1	LC1-D09	GV2-L05	1	LC1-D09	LRD-06	0.83...1		
0.25	1.04	130	0.5	1.03	130				GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7		
0.33	1.47	130	0.75	1.6	130	0.75	1.35	130	GV2-P06	1...1.6	LC1-D09	GV2-L06	1.6	LC1-D09	LRD-06	1...1.7		
0.5	1.8	130	1	2	130	1	1.68	130	GV2-P07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-L07	2.5	LC1-D09	LRD-07	1.6...2.5		
						1.5	2.37	130	GV2-P07	1.6...2.5	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.3...4		
0.75	2.75	130	1.5	2.6	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
1	3.5	130	2	3.5	130				GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-08	2.5...4		
						2	3.08	130	GV2-P08	2.5...4	LC1-D09	GV2-L08	4	LC1-D09	LRD-10	4...8		
1.5	4.4	130	3	5	130	3	4.42	130	GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...8		
						4	5.77	130	GV2-P10	4...6.3	LC1-D09	GV2-L10	6.3	LC1-D09	LRD-10	4...8		
2	6.1	130	4	6.6	130				GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-12	5.5...8		
			5	8.5	130	5	7.9	130	GV2-P14	6...10	LC1-D12	GV2-L14	10	LC1-D09	LRD-14	7...10		
3	8.7	130	7.5	11.5	130				GV2-P16	8...14	LC1-D25	GV2-L16	10	LC1-D09	LRD-14	8...13		
4	11.5	130			130	7.5	10.4	50	GV2-P16	8...14	LC1-D25	GV2-L16	14	LC1-D25	LRD-16	8...13		
						10	13.7	50	GV2-P16	8...14	LC1-D25	GV2-L16	14	LC1-D25	LRD-21	12...18		
5	14.5	130	10	15.5	50	12	16.9	50	GV2-P20	13...18	LC1-D25	GV2-L20	18	LC1-D25	LRD-21	12...18		
			12	18.5	50	15	20.1	50	GV2-P21	17...23	LC1-D25	GV2-L22	25	LC1-D25	LRD-22	16...24		
7.5	20	130	15	22	50				GV2-P22	20...26	LC1-D25	GV2-L22	25	LC1-D25	LRD-22	16...24		
10	27	130	20	30	35	20	26.5	50	GV2-P32	24...32	LC1-D32	GV3-L32	32	LC1-D40A	LRD-322	23...32		
12	32	50	25	37	50				GV3-P40	30...40	LC1-D50A	GV3-L40	40	LC1-D50A	LRD-340	30...40		
						25	32.5	50	GV3-P40	30...40	LC1-D55A	GV3-L40	40	LC1-D55A	LRD-340	30...40		
						30	39	50	GV3-P50	37...50	LC1-D55A	GV3-L50	50	LC1-D55A	LRD-350	37...50		
15	39	50	30	44	50				GV3-P50	37...50	LC1-D55A	GV3-L50	50	LC1-D55A	LRD-350	37...50		
20	52	50	40	60	50	40	51.5	50	GV3-P55	46...60	LC1-D55A	GV3-L55	55	LC1-D55A	LRD-355	46...55		
25	64	100	50	72	70	50	64	65	NSX100HM2.2M	50...100	LC1-D80	GV3-L65	65	LC1-D80	LRD-358	55...70		
30	75	100	60	85	70				NSX100HM2.2M	50...100	LC1-F113	NS50HMA	80	LC1-D80	LRD-3363	63...80		
						60	76	65	NSX100HM2.2M	50...100	LC1-D80	NS50HMA	80	LC1-D80	LRD-3383	83...90		
40	103	100				75	90	65	NSX100HM2.2M	50...100	LC1-D115 ó LC1-F115	NSX100HMA	100	LC1-D115 ó LC1-F115	LRD-4365	90...104		
50	126	100	75	105	70	100	125	65	NSX100HM2.2M	70...150	LC1-D150 ó LC1-F150	NSX100HMA	150	LC1-F150	LR9-F3369	90...150		
60	150	100	100	138	70	125	146	65	NSX100HM2.2M	70...150	LC1-D150 ó LC1-F150	NSX100HMA	150	LC1-F150	LR9-F3368	90...150		
75	182	100	125	170	70	150	178	65	NSX250HM2.2M	100...220	LC1-F185	NSX250HMA	220	LC1-F185	LR9-F5371	132...200		
			150	205	70	-	215	65	NSX250HM2.2M	100...220	LC1-F225	NSX250HMA	220	LC1-F225	LR9-F5371	132...200		
100	240	100	177	245	70				NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F265	NSX400HMA	320	LC1-F265	LR9-F7375	200...330		
125	295	100	214	300	70				NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F330	NSX400HMA	320	LC1-F330	LR9-F7379	200...330		
						-	256	65	NSX400HM2.3M	160...320	LC1-F265	NSX400HMA	320	LC1-F265	LR9-F7375	200...330		
150	356	100				-	353	65	NSX630HM2.3M	250...500	LC1-F400	NSX630HMA	500	LC1-F400	LR9-F7379	300...500		

*Para motores trifásicos (220 v – 380 v – 440 v)

*Para motores de coordinación de tipo 2 – arranque directo

ANEXO 40: GRÁFICA PARA LA SELECCIÓN DE FAJAS DUNLOP SEGÚN SECCIÓN Y TIPO



ANEXO 41: FACTORES DE SERVICIO PARA LA CLASE DE TRABAJO SEGÚN LA MÁQUINA UTILIZADA

Tabla : FACTORES DE SERVICIO

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ANEXO 42: TABLA PARA LA ELECCIÓN DE CORREA O FAJA EN LA SECCION A

Sección A

POTENCIA TRANSMITIDA POR CADA CORREA INDUSTRIAL EN "V" CLASICA

dpp mm	R	Revoluciones por minuto n ₂ de la polea menor																	
		200	400	700	800	950	1200	1450	1800	2000	2200	2400	2600	2850	3200	3600	4000	4500	5000
71	1,00	0,17	0,29	0,45	0,56	0,56	0,67	0,76	0,88	0,94	1,00	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,31	1,33	1,31
	1,05	0,17	0,30	0,46	0,59	0,59	0,69	0,80	0,92	0,99	1,05	1,11	1,16	1,22	1,30	1,36	1,41	1,43	1,43
	1,20	0,18	0,32	0,50	0,63	0,63	0,75	0,86	1,00	1,08	1,15	1,22	1,28	1,35	1,44	1,52	1,59	1,64	1,65
	1,50	0,19	0,33	0,52	0,66	0,66	0,79	0,91	1,07	1,15	1,23	1,30	1,37	1,45	1,55	1,65	1,73	1,80	1,83
	≥ 3,00	0,20	0,34	0,54	0,69	0,69	0,82	0,95	1,11	1,20	1,29	1,37	1,44	1,53	1,64	1,74	1,83	1,91	1,96
80	1,00	0,21	0,37	0,59	0,74	0,74	0,89	1,02	1,20	1,29	1,37	1,45	1,53	1,61	1,71	1,81	1,87	1,92	1,92
	1,05	0,22	0,38	0,60	0,77	0,77	0,92	1,06	1,24	1,33	1,42	1,51	1,59	1,68	1,79	1,89	1,97	2,02	2,03
	1,20	0,23	0,40	0,63	0,81	0,81	0,97	1,12	1,32	1,42	1,52	1,62	1,70	1,81	1,93	2,05	2,15	2,23	2,26
	1,50	0,23	0,42	0,66	0,84	0,84	1,01	1,17	1,38	1,50	1,60	1,70	1,80	1,91	2,05	2,18	2,29	2,39	2,44
	≥ 3,00	0,24	0,43	0,68	0,87	0,87	1,04	1,21	1,43	1,55	1,66	1,76	1,86	1,98	2,13	2,27	2,39	2,50	2,56
90	1,00	0,26	0,47	0,74	0,84	0,94	1,13	1,31	1,54	1,66	1,78	1,88	1,98	2,10	2,24	2,36	2,45	2,52	2,51
	1,05	0,27	0,47	0,75	0,96	0,96	1,16	1,34	1,58	1,71	1,83	1,94	2,04	2,16	2,31	2,45	2,55	2,62	2,63
	1,20	0,28	0,49	0,78	1,01	1,01	1,21	1,41	1,66	1,80	1,93	2,05	2,16	2,29	2,45	2,61	2,73	2,82	2,85
	1,50	0,28	0,51	0,81	1,04	1,04	1,26	1,46	1,73	1,87	2,00	2,13	2,25	2,39	2,57	2,74	2,87	2,98	3,03
	≥ 3,00	0,29	0,52	0,83	1,06	1,06	1,29	1,50	1,77	1,92	2,06	2,19	2,32	2,47	2,65	2,83	2,97	3,10	3,16
100	1,00	0,31	0,56	0,88	1,14	1,14	1,37	1,59	1,88	2,03	2,17	2,30	2,42	2,56	2,73	2,88	2,99	3,05	3,02
	1,05	0,31	0,56	0,90	1,16	1,16	1,40	1,62	1,92	2,07	2,22	2,36	2,48	2,63	2,80	2,97	3,08	3,15	3,14
	1,20	0,32	0,58	0,93	1,20	1,20	1,45	1,69	2,00	2,16	2,32	2,46	2,60	2,76	2,95	3,13	3,26	3,35	3,36
	1,50	0,33	0,60	0,96	1,24	1,24	1,50	1,74	2,06	2,23	2,40	2,55	2,69	2,86	3,06	3,26	3,40	3,52	3,54
	≥ 3,00	0,34	0,61	0,98	1,26	1,26	1,53	1,78	2,11	2,28	2,45	2,61	2,76	2,93	3,14	3,35	3,50	3,63	3,67
112	1,00	0,37	0,66	1,06	1,37	1,37	1,65	1,92	2,27	2,45	2,62	2,78	2,93	3,09	3,29	3,46	3,56	3,59	3,51
	1,05	0,37	0,67	1,08	1,39	1,39	1,68	1,96	2,31	2,50	2,67	2,84	2,99	3,16	3,36	3,54	3,65	3,70	3,62
	1,20	0,38	0,69	1,11	1,43	1,43	1,74	2,02	2,39	2,59	2,77	2,96	3,11	3,29	3,51	3,70	3,83	3,90	3,85
	1,50	0,39	0,70	1,13	1,47	1,47	1,78	2,07	2,46	2,66	2,85	3,03	3,20	3,39	3,62	3,83	3,98	4,06	4,03
	≥ 3,00	0,39	0,71	1,15	1,49	1,49	1,81	2,11	2,50	2,71	2,91	3,09	3,26	3,46	3,70	3,92	4,08	4,18	4,15
125	1,00	0,43	0,78	1,25	1,61	1,61	1,95	2,27	2,68	2,90	3,10	3,28	3,45	3,63	3,84	4,01	4,09	4,06	
	1,05	0,43	0,79	1,27	1,64	1,64	1,98	2,31	2,73	2,94	3,15	3,34	3,51	3,70	3,92	4,09	4,18	4,16	
	1,20	0,44	0,80	1,30	1,68	1,68	2,04	2,37	2,81	3,03	3,25	3,44	3,63	3,83	4,06	4,26	4,36	4,37	
	1,50	0,45	0,82	1,32	1,71	1,71	2,08	2,42	2,87	3,11	3,33	3,53	3,72	3,93	4,18	4,39	4,51	4,53	
	≥ 3,00	0,45	0,83	1,34	1,74	1,74	2,11	2,46	2,92	3,16	3,38	3,59	3,78	4,00	4,26	4,48	4,61	4,64	
140	1,00	0,50	0,91	1,47	1,89	1,89	2,30	2,67	3,15	3,69	3,62	3,83	4,01	4,21	4,42	4,56	4,58		
	1,05	0,50	0,92	1,48	1,92	1,92	2,32	2,70	3,19	3,44	3,67	3,88	4,07	4,27	4,49	4,64	4,67		
	1,20	0,51	0,93	1,51	1,96	1,96	2,38	2,77	3,27	3,53	3,77	3,99	4,19	4,40	4,64	4,80	4,85		
	1,50	0,52	0,95	1,54	1,99	1,99	2,42	2,82	3,33	3,60	3,85	4,08	4,28	4,50	4,75	4,93	4,99		
	≥ 3,00	0,52	0,96	1,56	2,02	2,02	2,45	2,86	3,38	3,65	3,90	4,14	4,35	4,58	4,83	5,02	5,10		
160	1,00	0,59	1,08	1,75	2,26	2,26	2,74	3,18	3,73	4,02	4,27	4,49	4,69	4,88	5,06	5,11			
	1,05	0,59	1,09	1,76	2,28	2,28	2,77	3,21	3,78	4,06	4,32	4,55	4,75	4,95	5,13	5,19			
	1,20	0,60	1,11	1,80	2,33	2,33	2,82	3,28	3,86	4,15	4,42	4,66	4,86	5,08	5,28	5,36			
	1,50	0,61	1,12	1,82	2,36	2,36	2,86	3,33	3,92	4,22	4,50	4,74	4,96	5,18	5,39	5,49			
	≥ 3,00	0,62	1,13	1,84	2,38	2,38	2,89	3,37	3,97	4,28	4,55	4,80	5,02	5,25	5,47	5,58			
180	1,00	0,68	1,25	2,03	2,62	2,62	3,17	3,67	4,29	4,60	4,86	5,09	5,28	5,44	5,54				
	1,05	0,68	1,26	2,04	2,64	2,64	3,20	3,70	4,33	4,64	4,89	5,15	5,34	5,51	5,61				
	1,20	0,69	1,28	2,07	2,68	2,68	3,25	3,77	4,41	4,73	5,01	5,28	5,45	5,64	5,78				
	1,50	0,70	1,29	2,10	2,72	2,72	3,29	3,82	4,48	4,80	5,09	5,34	5,55	5,74	5,87				
	≥ 3,00	0,71	1,30	2,12	2,74	2,74	3,32	3,86	4,52	4,86	5,15	5,40	5,61	5,81	5,95				
v (m/s)		2	5	10	15	20	25	30											

ANEXO 43: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CHUMACERA O COJINETE DE PISO NORELEM

24240 Rodamiento de carcasa, soporte recto MUCP Acero inoxidable

norelem

Descripción del artículo/Imágenes del producto



Descripción

Material:

Carcasa de acero inoxidable 1.4301.
Rodamiento de acero inoxidable 1.4125.
Junta de goma de NBR.

Versión:

Acabado natural.

Indicación:

El rodamiento de carcasa consiste en un rodamiento de bolas estanco de una sola fila y con un anillo exterior esférico montado en la carcasa. Gracias a la superficie exterior esférica del rodamiento, se pueden compensar errores de alineación del eje. Los rodamientos están fabricados con tolerancia positiva. Como resultado, en caso de uso de árboles con tolerancias h, se obtienen asientos de paso y asientos deslizables. La fijación del árbol se realiza con los tornillos de sujeción del anillo interior.

En condiciones normales, los rodamientos de carcasa no precisan mantenimiento gracias a la lubricación permanente aplicada. Si se requiere una nueva lubricación debido a condiciones ambientales complicadas, se podrá aplicar lubricante posteriormente a través del racor de lubricación.

Todas las medidas de la carcasa son medidas nominales para las que deben tenerse en cuenta las tolerancias de fundición habituales.

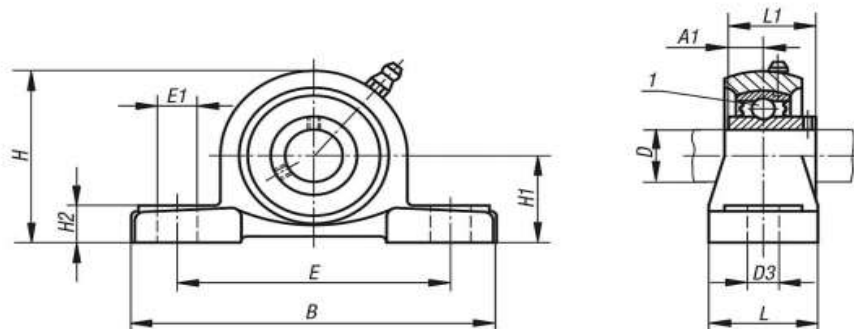
Rango de temperatura:

De -15 °C a +100 °C.

Indicación sobre el dibujo:

1) Rodamiento de bolas

Planos



Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	B	D3	E	E1	H	H1	H2	L	L1	α	Tornillo/s de fijación
24240-20204	MUC 204	P 204	20	12,7	127	13	95	19	64	33,3	15	38	31	10°	M10
24240-25205	MUC 205	P 205	25	14,3	140	13	105	19	70	36,5	16,5	38	34	10°	M10

Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	B	D3	E	E1	H	H1	H2	L	L1	α	Tornillo/s de fijación
24240-30206	MUC 206	P 206	30	15,9	165	17	121	21	82	42,9	18	48	38,1	10°	M12
24240-35207	MUC 207	P 207	35	17,5	167	17	127	21	92	47,6	19	53	42,9	10°	M12
24240-40208	MUC 208	P 208	40	19	184	17	137	22	99	49,2	19	53	49,2	10°	M12
24240-45209	MUC 209	P 209	45	19	190	17	146	22	108	54	20	53	49,2	10°	M12
24240-50210	MUC 210	P 210	50	19	206	20	159	25	112	57,2	22	60	51,6	10°	M16

ANEXO 44: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CHUMACERA O COJINETE DE PARED NORELEM

24244 Rodamiento de carcasa, rodamiento abridado MUCFL 2 agujeros, acero inoxidable



Descripción del artículo/Imágenes del producto



Descripción

Material:

Carcasa de acero inoxidable 1.4301.
Rodamiento de acero inoxidable 1.4125.
Junta de goma de NBR.

Versión:

Acabado natural.

Indicación:

El rodamiento de carcasa consiste en un rodamiento de bolas estanco de una sola fila y con un anillo exterior esférico montado en la carcasa. Gracias a la superficie exterior esférica del rodamiento, se pueden compensar errores de alineación del eje. Los rodamientos están fabricados con tolerancia positiva. Como resultado, en caso de uso de árboles con tolerancias h, se obtienen asientos de paso y asientos deslizables. La fijación del árbol se realiza con los tornillos de sujeción del anillo interior.

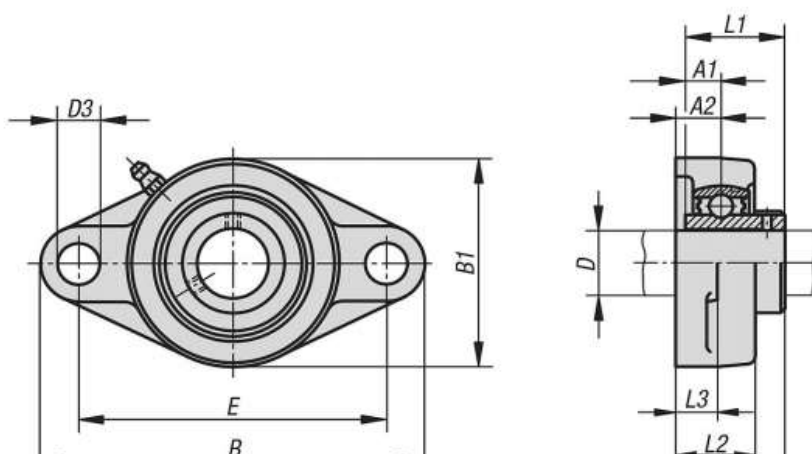
En condiciones normales, los rodamientos de carcasa no precisan mantenimiento gracias a la lubricación permanente aplicada. Si se requiere una nueva lubricación debido a condiciones ambientales complicadas, se podrá aplicar lubricante posteriormente a través del racor de lubricación.

Todas las medidas de la carcasa son medidas nominales para las que deben tenerse en cuenta las tolerancias de fundición habituales.

Rango de temperatura:

De -15 °C a +100 °C.

Planos



Nuestros productos

Referencia	Rodamiento	Carcasa	D	A1	A2	B	B1	D3	E	L	L1	L2	L3	α	Tornillo/s de fijación
24244-20204	MUC 204	FL 204	20	12,7	15	113	60	10,5	90	33,3	31	27	11,5	10°	M8
24244-25205	MUC 205	FL 205	25	14,3	16	130	68	12,5	99	35,7	34	28	13	10°	M10
24244-30206	MUC 206	FL 206	30	15,9	18	148	79	12,5	117	40,2	38,1	31	13	10°	M10
24244-35207	MUC 207	FL 207	35	17,5	19	161	90	14	130	44,4	42,9	34	14,3	10°	M12
24244-40208	MUC 208	FL 208	40	19	21	171	100	14	144	51,2	49,2	36	14,3	10°	M12
24244-45209	MUC 209	FL 209	45	19	22	179	108	16	148	52,2	49,2	38	15	10°	M14
24244-50210	MUC 210	FL 210	50	19	22	195	115	16	157	54,6	51,6	40	15	10°	M14

ANEXO 45: HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL ALMIDON DE MAIZ (MAICENA EN POLVO)



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **ALMIDON DE MAIZ**
Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



NFPA

SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

PRODUCTO

Nombre Químico: ALMIDON
Número CAS: 9005-25-8
Sinónimos: Almidón de Maíz

COMPAÑIA: GTM

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Aspecto Físico:	Polvo fino
Color:	Blanco
Olor:	Olor variable
Sabor:	Sabor característico
Peso molecular:	No hay información disponible
Formula molecular:	$(C_6H_{10}O_5)_x$
pH:	5.0 a 7.0 (solución al 2%)
Punto de ebullición:	No hay información disponible
Punto de fusión:	No hay información disponible
Densidad:	1,5
Gravedad específica:	1,45
presión de vapor:	No aplica
Solubilidad en agua:	Soluble a 100°C
Solubilidad en solvente:	No hay información disponible

ANEXO 46: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE BANDA ALIMENTARIA PARA FAJA TRANSPORTADORA

Bandas alimentarias TT12+H15



Segmento industrial

Panadería (galletas), Producción de cereales, Chocolate/pastelería, Alimentos semi-preparados, Transporte/proceso de alimentos en general, Alimento sin empaquetar/abierto, Frutas, Carne, Pasta, Pastelería, Alimento para mascotas, Aves, Comidas preparadas, Marisco, Dulces/aperitivos/caramelos/chicle, Verduras

Aplicaciones

Banda de transporte y proceso para alimentación

Características especiales

Resistente a la abrasión, Con tratamiento anti-microbiano, Fácil limpieza, Bordes resistentes al desgaste, Adecuada para equipo de detección de metal, Resistente a aceites y grasas, Adecuado para diámetros de polea pequeños

Propiedades de la correa

Construcción del producto/Diseño	
Lado de transporte (material)	Poliuretano termoplástico (TPU)
Lado de transporte (superficie)	Brillante
Lado de transporte (propiedad)	Medianamente adhesivo
Lado de transporte (color)	Blanco
Capa de tracción (material)	Poliéster (PET)
Número de tejidos	2
Cara de marcha/Lado de polea (material)	Tejido de poliéster (PET)
Cara de marcha/Lado de polea (superficie)	Tejido impregnado
Cara de marcha/Lado de polea (color)	Blanco

Características del producto	
Propiedades antiestáticas	No
Empalme sin adhesivo	Si
Inflamabilidad	Sin propiedades específicas de prevención de llama
Calidad alimentaria (conformidad FDA)	Si - conforme con la Normativa 21CFR partes 170 - 199. Rogamos contacten con su representante Habasit si necesitan información más detallada.
Calidad alimentaria (cumple recomendaciones USDA)	No aplicable
Calidad alimentaria (conformidad EU)	No
Otras homologaciones/aprobaciones	Contiene un aditivo antimicrobiano aprobado por la EPA, adecuado para bandas de transporte para aplicaciones en contacto con alimentos.

Datos técnicos		
Espesor de banda:	1.30 mm	0.05 Pulg.
Masa de la correa (peso de la correa)	1.4 kg/m ²	0.287 lby/sqft
Temperatura mín. de funcionamiento admisible (continua)	-20 °C	-4 °F
Temperatura máx. de funcionamiento admisible (continua)	100 °C	212 °F
Coefficiente de fricción (de polea / polea motriz de acero)	0.15 -	
Coefficiente de fricción de la sup. de polea contra polea motriz engomada	0.35 -	
Coefficiente de fricción de la sup. de polea contra superficie de deslizamiento de acero decapado	0.20 -	
Coefficiente de fricción de la sup. de polea contra superficie de deslizamiento de resina fenólica	0.25 -	
Coefficiente de fricción de la sup. de polea contra superficie de deslizamiento de acero inoxidable	0.15 -	
Ancho de fabricación sin empalme	2000 mm	79 Pulg.
Otros anchos de fabricación sin empalme por encargo	1500 mm	59 Pulg.

**ANEXO 47: DATOS PARA EL PEDIDO DE UNA MALLA MATEX
PARA CERNIDOR**



DATOS PARA EL PEDIDO DE UNA MALLA

1. Tipo de material
2. Mesh o abertura y diámetro del alambre.
3. Ancho y longitud de la malla



Mesh 2 X 2
Calibre: 16 Diam. 1.6 mm

TEJIDO HOLANDÉS

Malla o Mesh	Diámetro pulgadas	Abertura en micrones
12 x 64	.023 / .0165	332
20 x 250	.010 / .008	80
24 x 110	.015 / .010	125
30 x 150	.009 / .007	100
40 x 560	.007 / .003	40
40 x 200	.007 / .0065	73
50 x 250	.005 / .0045	63
80 x 325	.004 / .003	25
80 x 700	.004 / .003	36
165 x 800	.006 / .0016	28
200 x 1400	.0021 / .0016	12
290 x 75		45

ANEXO 48: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CILINDRO NEUMÁTICO FESTO DNCB

Cilindros normalizados DNCB según ISO 15552

FESTO

Hoja de datos

Función



DIN



Ø Diámetro
32 ... 100 mm

l Carrera
2 ... 2 000 mm

Juegos de piezas de desgaste
→ 9

www.festo.com

Datos técnicos generales						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Conexión neumática	G3/8	G3/4	G3/4	G3/8	G3/8	G1/2
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5
Construcción	Émbolo					
	Vástago					
	Tubo perfilado					
Amortiguación	Amortiguación neumática regulable en ambos lados					
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	22	22	32	32
Detección de posiciones	Para detectores de proximidad					
Tipo de fijación	Con rosca interior					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7-4-4]
Nota sobre el fluido de trabajo/mando	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)
Presión de funcionamiento [bar]	0,6 ... 12
Temperatura ambiente ¹⁾ [°C]	-20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2

1) Tener en cuenta las condiciones de funcionamiento de los detectores

2) Clase de resistencia a la corrosión 2 según norma de Festo 940 070

Valida para piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas adicionales en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes, detergentes o lubricantes, con superficies principalmente de aluminio.

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,4	0,7	1	1,3	2	3

ANEXO 49: CÓDIGO PARA PEDIDO DE CILINDRO NEUMATICO FESTO DNCB

Cilindros normalizados DNCB según ISO 15552



Código para el pedido

	DNCB	50	80	PPV	A
Tipo					
Doble efecto					
DNCB	Cilindros normalizados				
Diámetro del émbolo [mm]					
Carrera [mm]					
Amortiguación					
PPV	Amortiguación neumática regulable en ambos lados				
Detección					
A	Para detectores de proximidad				

ANEXO 13: TABLA PARA LA SELECCIÓN DE MOTORES TRIFASICOS WEG

W22 - IE3 Premium Efficiency - 60 Hz

Potencia	Carcasa	Par nominal (kgm)	Corriente con rotor trabado I _T /I _n	Par con rotor trabado T _T /T _n	Par máximo T _M /T _n	Momento de inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V						Corriente nominal I _n (A)		
							Cadena	Fria			% de la potencia nominal			Factor de potencia					
											Rendimiento	Factor de potencia		Factor de potencia					
kW	HP									50	75	100	50	75	100				
4 Polos																			
0.12	0.16	63	0.034	6.3	3.3	3.2	0.0001	30	66	5.7	59	3410	54.0	61.0	64.5	0.53	0.65	0.74	0.382
0.18	0.25	63	0.052	5.8	3	3	0.0001	25	55	6.2	56	3350	61.0	66.0	68.0	0.60	0.73	0.81	0.487
0.25	0.33	63	0.072	5.9	3.1	3.2	0.0002	20	44	6.7	56	3385	64.0	69.0	70.0	0.56	0.71	0.80	0.678
0.37	0.5	63	0.108	5.8	3	3	0.0002	17	37	7.7	56	3340	69.0	73.0	73.4	0.62	0.75	0.83	0.923
0.55	0.75	71	0.158	6.4	3	3.1	0.0004	18	40	7.5	60	3400	72.5	75.5	76.0	0.69	0.81	0.87	1.25
0.75	1	71	0.213	7.0	3.4	3.6	0.0005	17	37	8.0	60	3425	79.0	81.5	82.0	0.66	0.77	0.84	1.66
1.1	1.5	80	0.311	6.4	3.6	3.8	0.0009	19	42	14.0	62	3445	81.0	84.0	84.6	0.64	0.76	0.83	2.38
1.5	2	L80	0.427	7.8	3.6	3.6	0.0010	16	35	16.0	62	3425	84.0	85.0	85.7	0.66	0.79	0.85	3.13
2.2	3	L90S	0.618	7.8	3.4	3.1	0.0023	14	31	22.0	68	3470	86.0	86.5	86.5	0.69	0.80	0.85	4.55
3	4	L96L	0.841	7.8	3.7	3.7	0.0028	11	24	23.0	68	3475	87.0	88.0	88.5	0.62	0.75	0.82	6.28
3.7	5	L96L	1.03	6.7	3.1	3.0	0.0064	15	33	32.0	71	3505	86.4	88.3	88.6	0.69	0.80	0.86	7.38
4.5	6	L120M	1.26	7.5	2.5	2.5	0.0080	24	53	40.0	69	3480	87.7	89.0	89.5	0.74	0.84	0.88	8.68
5.5	7.5	L120M	1.53	8.2	3	3.6	0.0095	18	40	43.0	69	3500	87.9	89.4	89.7	0.72	0.82	0.87	10.7
7.5	10	L325	2.07	6.1	2.3	3.4	0.0216	20	44	67.0	72	3530	88.2	89.9	90.6	0.74	0.83	0.87	14.5
9.2	12.5	L320M	2.54	6.1	2.3	3.4	0.0269	17	37	74.0	72	3525	88.6	90.8	91.2	0.76	0.86	0.89	17.3
11	15	L320M	3.04	6.8	2.7	3.5	0.0305	14	31	78.0	72	3525	90.3	91.3	91.3	0.76	0.86	0.89	20.4
15	20	L60M	4.13	7.4	2.7	3	0.0553	14	31	115	72	3540	91.3	92.3	92.2	0.74	0.83	0.87	25.4
18.5	25	L60M	5.09	7.8	2.4	3	0.0628	11	24	119	72	3540	92.0	92.8	92.8	0.74	0.83	0.87	34.8
22	30	L60L	6.04	7.8	2.7	3.2	0.0700	8	20	131	72	3545	92.0	92.5	92.8	0.74	0.83	0.87	41.5
30	40	200M	8.21	7.4	2.4	2.7	0.1103	20	44	219	76	3590	92.5	93.4	93.4	0.74	0.83	0.86	56.7
37	50	200L	10.1	7.8	2.8	2.9	0.2138	18	40	266	76	3665	93.6	94.0	94.0	0.76	0.84	0.87	68.8
45	60	225SM	12.3	8.2	2.5	3	0.2991	12	26	303	79	3625	92.3	93.6	94.0	0.79	0.87	0.89	81.7
55	75	225SM	15.0	8.2	2.5	3	0.3251	10	22	406	79	3625	93.1	94.2	94.2	0.80	0.87	0.90	96.5
75	100	250SM	20.5	8.4	2.8	3	0.4388	10	22	477	79	3690	94.0	94.8	94.8	0.81	0.86	0.88	137
90	125	280SM	24.5	7.7	2	3	1.07	18	40	747	81	3575	93.3	94.9	95.3	0.76	0.86	0.88	163
110	150	280SM	30.0	7.7	2.2	3	1.16	16	40	716	81	3575	94.1	95.1	95.2	0.80	0.87	0.89	197
132	180	315SM	35.9	7.8	2	2.8	1.74	22	46	906	81	3680	95.6	96.2	96.6	0.80	0.86	0.89	236
150	200	315SM	40.8	7.5	2	2.8	2.11	22	46	975	81	3680	94.2	95.4	95.6	0.81	0.87	0.90	265
185	250	315SM	50.3	7.5	2.1	2.7	2.47	22	46	1053	81	3690	95.3	96.3	96.1	0.82	0.88	0.90	325
220	270	355MML	64.3	7.5	2	2.7	3.34	24	53	1429	84	3695	95.0	95.8	96.2	0.82	0.88	0.90	351
220	300	355MML	59.8	6.9	1.8	2.5	3.96	20	44	1475	84	3695	95.3	95.9	96.3	0.83	0.88	0.90	386
280	350	355MML	75.6	7.8	2	2.7	4.30	26	57	1625	84	3695	95.6	96.0	96.4	0.86	0.90	0.91	450
300	400	355MML	81.6	8.4	2	2.5	5.36	24	53	1745	84	3690	95.8	96.2	96.4	0.87	0.91	0.92	514
330	450	355MML	89.7	8.4	2.2	2.6	6.01	18	40	1880	84	3595	95.3	95.8	96.0	0.87	0.91	0.92	587

ANEXO 50: CHIFAS DE LA PROVINCIA DE CHICLAYO, SEGÚN CENSO 2007

Actividad económica	Nombre Comercial	Provincia	Tamaño de empresa
Restaurantes	Chifa La Parra	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Luna Llena	Chiclayo	Pequeña
Restaurantes	Chifa Fortuna	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Restaurante Tintos y Parrilla	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Lam Yu	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Soo Fun	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Mey Lyn	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Restaurante El Warike	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa - Pollería Mi Kelyn	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Canton	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Won Kung	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Lung Wa	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Poller. Happys Chickens	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Piu Kee	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa El Dragon de Oro	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Don Leo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Parrilla Sang Sang	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Pollería Zhong Hua	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Restaurant Valle Verde	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Restaurante Dragón Oriental	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa 5 Estrellas	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Shin Wan	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Jackie Chan II	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa El Jade	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Restaurant Chifa Oriental	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Antai	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Shangai	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Cam Wing	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa al paso Mi Rosita	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa pollería Mi triunfo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Rest. pollería chifa El Cheff	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Gao Gao III	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa Ton Sem	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Chifa China	Chiclayo	Micro

**ANEXO 51: SNACK – JUGUERÍAS Y PIZZERIAS DE LA PROVINCIA DE
CHICLAYO, SEGÚN CENSO 2007**

Actividad Económica	Nombre Comercial	Provincia	Tamaño de Empresa
Restaurantes	Snack Mamara	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Pub Karaoke Leathers	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Rest. Rosa NAUTICA	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack El Dorado	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Cevichería El Reposo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Rest. San Dimas	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Melissa Janet	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Bambú	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Shabeto	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Restaurant y Snack Califas	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Fuente De Soda Antojitos	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Mi Luchito	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Grakari	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Cafetín Vanessa	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Pepe Quido	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Calle 11	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Los Delfines	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Mi Paulita	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack La Amistad	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar El Paladar	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Diego's Snack Café	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar De Alda	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Chechar Jr	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack RICCO's Rossy	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Lolo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Alicia	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack El Mana	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack-Restaurant Big-Vai	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Mini Snack Delicias	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Mi Mary	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack El Rincon Bancario	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack La Esquina	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Mary	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Charo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Chavelita	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bar Angye	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Market Tavo's	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Millenium	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack M-73	Chiclayo	Micro

Actividad Económica	Nombre Comercial	Provincia	Tamaño de empresa
Restaurantes	Snack Grill Burger	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack El Perolito	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Grill Pidaltha	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Al Fondo Hay Sitio	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Cafet.y Jugueria D'Diaz	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Jireh	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Rosa Aariana	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Nicol	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Bell	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Wendy	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Cevicheria Snack Bar El Escond	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack El Rincon Del Sabor	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Arco Iris	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Rc	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Chicken Polleria Timoteo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Panaderia Snack Bar Kant	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Don Pedrito	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Mi Guadalupe	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Rincon Del Recuerdo	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Restaurante Debora´s	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Mi Farit	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Jugueria Mi Lupita	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Pizzeria Venecia	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Pizzeria Tractoria Chez Maggi	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Pizzeria Venecia	Chiclayo	Pequeña
Restaurantes	Jugueria La Delicia	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Jugueria El Paraiso	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Rest.-Jugueria Angelita	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Jugueria Mi Briyith	Chiclayo	Micro
Restaurantes	D' Pulpa Jugueria	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Jugueria Mi Tiny	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Cafet.y Jugueria D'Diaz	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Jugueria Mi Rosita	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Jugueria 6 Estrellitas	Chiclayo	Micro
Restaurantes	Snack Jugueria Mi Lupita	Chiclayo	Micro