



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

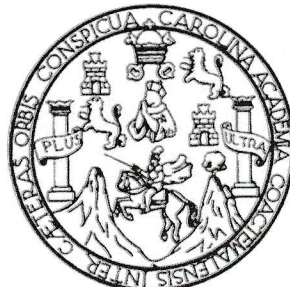
**DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS
LÁCTEOS EN POLVO PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL
ÁREA DE MANUFACTURA DE LA EMPRESA MALHER, S.A.**

Jakelin Rosario Escobar Anavisca

Asesorado por el Ing. José Haroldo Perdomo Ramírez

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS
LÁCTEOS EN POLVO PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL
ÁREA DE MANUFACTURA DE LA EMPRESA MALHER, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAKELIN ROSARIO ESCOBAR ANAVISCA
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ HAROLDO PERDOMO RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA MECÁNICA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Helen Rocío Ramírez Lucas
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecun Castellanos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS
LÁCTEOS EN POLVO PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL
ÁREA DE MANUFACTURA DE LA EMPRESA MALHER, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 7 de julio de 2017.



Jakelin Rosario Escobar Anavisca

Guatemala, 23 de febrero de 2018

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable señor director:

Por medio de la presente HAGO CONSTAR que he revisado y dado mi aprobación al informe final de trabajo de graduación titulado "**DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN POLVO; PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL ÁREA DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA MALHER, S.A**", de la estudiante de Ingeniería Mecánica Industrial Jakelin Rosario Escobar Anavisca quien se identifica con el carné número 2013-14029.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente


Ing. José Haroldo Perdomo Ramírez
ASESOR
Colegiado 10,000

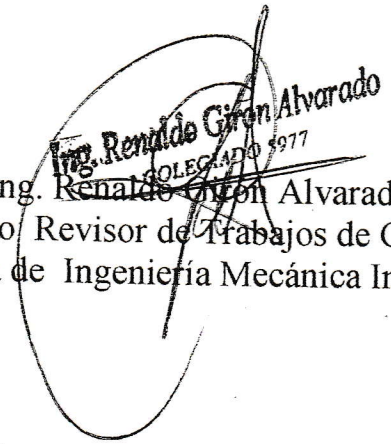
Ing. José Haroldo Perdomo Ramírez
MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 10,000



REF.REV.EMI.071.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN POLVO; PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL ÁREA DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA MALHER, S. A.**, presentado por la estudiante universitaria **Jakelin Rosario Escobar Anavisca**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

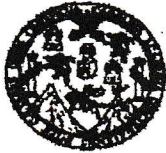
“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Renaldo Giron Alvarado
COLEGADO 5977
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2018.

/mgp

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.092.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN POLVO; PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL ÁREA DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA MALHER, S.A.**, presentado por la estudiante universitaria **Jakelin Rosario Escobar Anavisca**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. **Juan José Peralta Dardón**
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2018.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

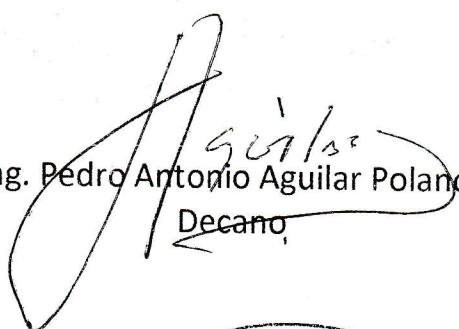


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 259.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL MONTAJE DE UNA LÍNEA DE LLENADO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN POLVO PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES DE INOCUIDAD EN EL ÁREA DE MANUFACTURA EN LA EMPRESA MALHER, S. A.**, presentado por la estudiante universitaria: **Jakelin Rosario Escobar Anavisca**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, agosto de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi razón de vivir, mi esperanza y mi seguridad desde mi juventud. Gracias por permitirme servirte con los talentos que me has dado porque si algo bueno hay en mí es por ti.

Mis padres

César Escobar y Wendy de Escobar, por enseñarme a ser diligente, a levantarme ante las dificultades, empoderarme como mujer y sobre todo inculcarme el temor a Dios. Gracias por su apoyo y amor. Los amo y este logro es de ustedes.

Mis hermanas

Ximena Escobar y Gabriela Escobar, porque no hay mejor amiga que una hermana y no hay mejor hermana que la que te ayuda a cumplir tus sueños como ustedes lo han hecho conmigo.

Mi familia

Por su amor, sus consejos, su ayuda y por celebrar mis logros con tanto entusiasmo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mí casa de estudios y otorgarme la mejor educación en mi rama.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme la mejor educación sin distinción alguna.
Amigos de la Facultad	Henry Velásquez, Gustavo Marroquín, Roberto Mazariegos, compañeros de la escuela de ingeniería Industrial y Mecánica, por todos los momentos compartidos y su apoyo. Que todo lo que emprendan sea prosperado y su vida sea llena de éxitos.
Mi amiga	Raisa Vega, por su amistad. Por celebrar mis triunfos y apoyarme en todo este tiempo.
Familia Vega Manzo	Por compartir mis triunfos y por su cariño.
Mi asesor	Ing. José Perdomo, por su tiempo y consejos en el proceso de revisión que fue parte fundamental de este trabajo.
Catedrático	Edwin Josué Ixpatá Reyes, por su apoyo durante el proceso.

**Departamento de
Ingeniería Malher**

Ing. Marco Zamora, Ing. Samuel Ordoñez, Ing. Ricardo Monterroso, Arq. Herbert Monzón e Ing. Julio Xocoy; por su apoyo y guía en el presente trabajo de investigación: gracias por la oportunidad que me otorgaron.

Área de mantenimiento

Por brindarme su apoyo y por recibirme con mucho entusiasmo como parte del equipo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Inicios de la empresa en Guatemala.....	1
1.2. Información general	1
1.2.1. Ubicación	2
1.2.2. Misión	2
1.2.3. Visión	2
1.3. Tipo de organización.....	3
1.3.1. Organigrama.....	3
1.3.2. Descripción de áreas	4
1.4. Sector lechero en Guatemala	4
1.5. Leche en polvo.....	5
1.5.1. Composición	6
1.5.2. Calidad	7
1.5.3. Precios en el mercado	7
1.6. Proceso de fabricación de leche en polvo	9
1.7. Diseño del producto	9
1.7.1. Lanzamiento del producto.....	10
1.7.2. Desarrollo del producto.....	11

2.	SITUACIÓN ACTUAL	13
2.1.	Normatividad	13
2.1.1.	Gestión del cambio.....	14
2.1.1.1.	Proceso para propuesta de línea	17
2.1.1.1.1.	Seguridad.....	18
2.1.1.1.2.	Análisis de peligro e Inocuidad.....	21
2.1.1.1.3.	Impacto en calidad	22
2.1.2.	Certificaciones.....	24
2.1.2.1.	ISO 9001	24
2.1.2.1.1.	Definición	25
2.1.2.1.2.	Impacto en el diseño	26
2.1.2.2.	OSHAS 18001.....	27
2.1.2.2.1.	Definición	27
2.1.2.2.2.	Impacto en el diseño	27
2.1.2.3.	ISO 14001	28
2.1.2.3.1.	Definición	28
2.1.2.3.2.	Impacto en el diseño	29
2.1.2.4.	FSSC 22000.....	30
2.1.2.5.	Definición.....	30
2.1.2.5.1.	Impacto en el diseño	31
2.1.3.	TPM.....	31
2.1.3.1.	Definición.....	31
2.1.3.2.	Pilares	34
2.1.3.3.	Aplicación en el diseño.....	37
2.1.3.3.1.	Limpieza.....	38
2.1.3.3.2.	Inspección	39
2.1.3.3.3.	Lubricación.....	41
2.1.3.3.4.	Cambio rápido	43

2.1.3.4.	Mantenimiento planeado	44
2.1.3.5.	5S	47
2.1.3.5.1.	Diseño para apoyar 5S	51
2.1.3.5.2.	Organización del almacenamiento de herramienta	52
2.1.3.5.3.	Repuestos	53
2.1.3.6.	Poka Yoke	54
2.1.3.7.	Entrenamiento	55
2.2.	Localización de planta	57
2.2.1.	Áreas requeridas	58
2.2.2.	Aspectos de distribución	59
2.3.	Proceso productivo	59
2.4.	Planeamiento de la capacidad	60
2.5.	Plan de distribución sistemático	61
2.6.	Distribución de planta	62
2.6.1.	Diagrama de operación	63
2.6.2.	Diagrama de flujo	64
2.6.3.	Diagrama de recorrido	65
2.7.	Descripción del producto y empaque	65
2.7.1.	Producto	66
2.7.1.1.	Características	67
2.7.1.2.	Requerimientos	68
2.7.2.	Empaque	70
2.7.2.1.	Clasificación	71
2.7.2.2.	Estilo	72
2.7.2.3.	Contacto con el producto	73
2.7.2.4.	Uso en la maquinaria	73

	2.7.2.5.	Material.....	73
	2.7.2.6.	Impresión.....	74
	2.7.2.7.	Rendimiento	75
	2.7.2.8.	Consideraciones ambientales	76
2.8.		Selección de equipos y tecnología	77
3.		DISEÑO Y CÁLCULOS.....	79
3.1.		Información del equipo	79
	3.1.1.	Llenado.....	80
	3.1.2.	Tipo de llenado	81
	3.1.3.	Salida del llenador	81
	3.1.4.	Sistema de dosificación.....	82
	3.1.5.	Codificación.....	84
	3.1.6.	Marcado de la máquina	85
	3.1.7.	Otros requerimientos de la llenadora	86
	3.1.8.	Requerimientos de servicio	87
3.2.		Sistema eléctrico y automatización	88
	3.2.1.	General.....	90
	3.2.2.	Clasificación IP	92
	3.2.3.	Conectividad.....	93
3.3.		Equipos que proporcionan servicios	94
	3.3.1.	Electricidad	94
	3.3.2.	Aire comprimido	97
3.4.		Especificaciones eléctricas y panel de control.....	102
3.5.		Control del ambiente	104
	3.5.1.	Temperatura y humedad	104
	3.5.2.	Zonificación	107
	3.5.3.	Otras condiciones del cuarto	108
3.6.		Dispositivos de seguridad.....	118

3.6.1.	General.....	119
3.6.2.	Modos de intervención.....	120
3.6.3.	Requerimientos adicionales.....	122
3.7.	Zonas ATEX.....	123
3.7.1.	Control de zonas ATEX	124
3.7.2.	Requerimientos de diseño general	124
3.8.	Componentes.....	125
3.8.1.	PLC.....	126
3.8.2.	Conductores	127
3.8.3.	Fotoceldas	128
3.8.4.	Detectores de proximidad	129
3.8.5.	Neumática.....	129
3.8.6.	Panel eléctrico	130
3.8.7.	Sensores de nivel	130
3.8.8.	Sensores magnéticos de seguridad.....	131
3.9.	Inspección visual.....	132
3.10.	Calidad y rendimiento	133
3.10.1.	Requerimientos de calidad	133
3.10.2.	Requerimientos de rendimiento	134
3.10.3.	Calidad de sellado	135
3.11.	Medidas de prevención	137
3.12.	Construcción módulo de aduana y bodega.....	139
3.13.	Montaje de maquinaria	140
3.13.1.	Obra gris.....	150
3.13.2.	Anclaje.....	152
3.13.3.	Acabados estructurales	154
4.	DISEÑO HIGIÉNICO.....	157
4.1.	Principios generales de diseño higiénico	157

4.1.1.	Diseño higiénico de equipos.....	157
4.1.1.1.	Materiales.....	158
4.1.1.2.	Superficies.....	159
4.1.1.3.	Uniones	160
4.1.1.4.	Drenabilidad	161
4.1.1.5.	Ángulos	162
4.1.1.6.	Zonas muertas	163
4.2.	Diseño higiénico de instalaciones.....	163
4.2.1.	Contaminación cruzada.....	163
4.2.2.	Limpieza y desinfección	165
4.2.3.	Clasificación de zonas.....	166
4.2.3.1.	Flujo de personas.....	167
4.2.3.2.	Flujo de productos.....	167
4.2.3.3.	Flujo de residuo.....	168
4.2.3.4.	Barrera	169
4.3.	Diseño higiénico como factor de ahorro	170
4.4.	Contaminación.....	171
4.5.	Mantenimiento	172
4.6.	Limpieza y desinfección	178
5.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN.....	181
5.1.	Diseño del entorno	181
5.1.1.	Iluminación	181
5.1.2.	Ventilación.....	185
5.1.3.	Temperatura y humedad	185
5.1.4.	Ruido.....	187
5.1.5.	Seguridad	188
5.2.	Especificaciones técnicas.....	189
5.2.1.	Maquinaria.....	189

5.2.2.	Equipos auxiliares.....	192
5.2.3.	Cálculos y medidas.....	195
5.3.	Diagrama de operaciones.....	196
5.3.1.	Diagrama de flujo.....	200
5.3.2.	Diagrama de recorrido	201
5.3.3.	Distribución de la planta	203
5.4.	Costos.....	204
5.4.1.	Montaje e instalación	205
5.4.2.	Diseño de planta.....	206
5.4.3.	Seguridad y calidad	206
5.5.	Esquema final de la distribución de planta.....	208
6.	SEGUIMIENTO Y MEJORA	211
6.1.	Prerrequisitos para la puesta en marcha	211
6.2.	Procedimientos de evaluación de la puesta en marcha y operación	212
6.3.	Verificaciones finales	214
	CONCLUSIONES	217
	RECOMENDACIONES.....	219
	BIBLIOGRAFÍA.....	221

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa Malher	2
2.	Organigrama de la institución.....	3
3.	Ciclo de vida del diseño	10
4.	Incorporación de Malher a Nestlé	14
5.	Formato de gestión del cambio Malher	16
6.	Formato para evaluación del cambio	18
7.	Medidas de seguridad establecidas en áreas de producción.....	20
8.	Puntos de control en instalaciones mecánicas.....	22
9.	Valor agregado de políticas de calidad Nestlé	23
10.	Localización de puntos de control de seguridad de máquinas	28
11.	Integración estratégica de mantenimiento Nestlé	33
12.	Pilares de TPM.....	35
13.	Línea piloto TPM Malher paso 4	38
14.	Limpieza de áreas de producción	39
15.	Inspección de <i>liner</i> en tapas.....	40
16.	Símbolos de seguridad de máquinas	41
17.	Mapa de lubricación	43
18.	Panel de repuestos de cambio de formato.....	43
19.	Gráfica de equipos Vs tiempo de vida de repuestos	45
20.	Estándar de orden de trabajo de mantenimiento	46
21.	5S en Malher.....	48
22.	Formato de la fase 1S	49
23.	Formato para evaluar fuentes de suciedad	50

24.	Ejemplo de una auditoria de 5s	51
25.	Implementación de 5s en taller de ingeniería	52
26.	Estándar de herramienta y ergonomía utilizando en Malher	52
27.	Organización de panel de herramienta Malher	53
28.	Formato para códigos de repuestos Malher.	54
29.	Ejemplo de diseño basado en Poka Yoke	55
30.	Análisis de diversidad Malher	56
31.	Factores determinantes en la localización.....	58
32.	Áreas requeridas para codificación de todos los activos de la planta...	59
33.	Esquema del proceso productivo Malher	60
34.	Distribución de manufactura Malher	62
35.	Ejemplo de diagrama de operaciones	63
36.	Ejemplo de diagrama de flujo	64
37.	Diagrama de recorrido	65
38.	Productos Nestlé	66
39.	Flujo de zonas de higiene.....	70
40.	Tipos de empaque utilizados para leche	71
41.	Tipos de empaques que maneja Nestlé	72
42.	Formas de empaque utilizados en Nestlé	72
43.	Equipo para módulo de llenado de leche	79
44.	Proceso de llenado y empaque vertical	80
45.	Llenado automático	81
46.	Llenador.....	82
47.	Ejemplo de código de color botoneras y alarmas	86
48.	Automatización de abastecimiento de sacos.....	89
49.	Índices de protección IP	92
50.	Proyección virtual de los equipos	93
51.	Instalación eléctrica higiénica	97
52.	Arreglo recomendado para instalación neumática.....	98

53.	Clasificación de zonas por código de color	107
54.	5S en área de producción	108
55.	Tabla de reflectancias efectivas	111
56.	Tabla de coeficientes de utilización.....	112
57.	Dispositivos de seguridad en línea de producción	119
58.	Dispositivos de entradas a PLC	120
59.	Modos de intervención	121
60.	Cero accesos	123
61.	Criterio de zonas ATEX.....	123
62.	Sistema para prueba de burbuja de empaques	136
63.	Formato de aprobación de trabajo	138
64.	Esquema de componentes para aduana de ingreso.....	140
65.	Comparación de montaje higiénico	141
66.	Esquema de cimentación.....	149
67.	Acabados higiénicos de planta.....	157
68.	Composición de los aceros inoxidables	159
69.	Rugosidad	160
70.	Drenabilidad	162
71.	Radios en uniones.....	162
72.	Zonas muertas en tuberías	163
73.	Flujo de personas en línea de leche	167
74.	Flujo de productos en línea de leche	168
75.	Flujo de residuos en línea de leche.....	169
76.	Pictogramas en área de mantenimiento de compresores	175
77.	Formato de estándar para limpieza.....	179
78.	Factores principales del entorno	181
79.	Layout de iluminación en 3D empaque y aduana	183
80.	Layout de iluminación en 3D planta baja.....	184
81.	Layout de iluminación en mezzanine tamizador.....	184

82.	Fuentes de sonido	187
83.	Códigos de color para señales de seguridad.....	188
84.	Formas generales de señalización	189
85.	Diagrama de flujo de nitrógeno.....	194
86.	Planos de módulo de leche	195
87.	Diagrama de operaciones según áreas	197
88.	Diagrama de flujos en producción	201
89.	Diagrama de recorrido	202
90.	Distribución de planta alta según nivel de higiene.....	203
91.	Vista superior de planta.....	208
92.	Vista frontal de planta.....	209
93.	Vista isométrica de planta.....	209
94.	Proceso de verificación de un diseño	214

TABLAS

I.	Estadísticas de importación de leche en Guatemala.....	5
II.	Composición de la leche.....	6
III.	Lípidos presentes en la leche	6
IV.	Los precios de leche en el mercado guatemalteco.....	7
V.	Precios de leche en el mercado guatemalteco	7
VI.	Países de origen de la leche en Guatemala	8
VII.	Puntos de control Malher.....	21
VIII.	Consideraciones ambientales para diseño de línea	30
IX.	Indicadores de mantenimiento utilizados en Malher	37
X.	Productos de leche en polvo	67
XI.	Características de productos Nestlé	68
XII.	Desinfectantes de grado alimenticio para equipos	73
XIII.	Estándar de materiales en contacto con alimentos	74

XIV.	Estándar de tinta e impresión de empaques en contacto con alimentos.....	75
XV.	Criterios para desarrollo de empaques	76
XVI.	Consideraciones para elección de empaques.....	77
XVII.	Automatización de líneas de empaque	78
XVIII.	Características del producto en el proceso de llenado.....	83
XIX.	Sistema de dosificación.....	84
XX.	Características codificador	85
XXI.	Pruebas de aceptación de equipo	87
XXII.	Componentes del sistema de automatizado de entrada	90
XXIII.	Requerimiento de automatización de la línea de empaque de leche ...	91
XXIV.	Distribución eléctrica recomendada TN-S	95
XXV.	Ventajas de la distribución TN-S	96
XXVI.	Componentes necesarios para línea de aire comprimido higiénica	98
XXVII.	Capacidad del compresor	100
XXVIII.	Complementos a la red de distribución de aire	101
XXIX.	Especificaciones de panel eléctrico	103
XXX.	Datos de la planta	105
XXXI.	Sistema de control de ambiente propuesto	106
XXXII.	Datos para cálculo de iluminación.....	109
XXXIII.	Interpolación PCP	112
XXXIV.	Interpolación para PCC	112
XXXV.	Interpolación para coeficiente de utilización.....	113
XXXVI.	Percepción de ruido de líneas en funcionamiento.....	114
XXXVII.	Escala para combinar decibeles	115
XXXVIII.	Promedio de nivel de ruido.....	115
XXXIX.	Tiempo permisible de exposición al ruido	116
XL.	Renovaciones de aire según naturaleza del proceso.....	117
XLI.	Propuesta para selección de modos de trabajo	122

XLII.	Diferenciación de zonas ATEX en línea de leche	124
XLIII.	Especificaciones de los componentes del equipo de empaque.....	126
XLIV.	PLC para línea de empaque	127
XLV.	Especificaciones entradas a PLC	128
XLVI.	Especificaciones de detector	129
XLVII.	Especificaciones de sensor de nivel	131
XLVIII.	Especificaciones de sensor magnético.....	132
XLIX.	Puntos de inspección en línea.....	133
L.	Tipos de cargas dinámicas	142
LI.	Muestra de suelos zona 12.....	142
LII.	Carga permisible y coeficiente de compresión según tipo de suelo ...	143
LIII.	Esfuerzo aparente de equipo de empaque.....	144
LIV.	Asentamiento para planificación de mezclas	145
LV.	Cantidad de agua a utilizar por asentamiento	146
LVI.	Proporción de resistencia contra agregado de agua	146
LVII.	Agregado fino	147
LVIII.	Propiedades de varillas de acero	148
LIX.	Especificaciones de diseño	149
LX.	Renglones de trabajo de obra gris en Malher.....	150
LXI.	Cargas permisibles en pernos	153
LXII.	Parámetros para colocación de anclaje.....	153
LXIII.	Acabados higiénicos de planta.....	156
LXIV.	Criterios para diseño de equipos	158
LXV.	Uniones higiénicas propuestas para los sistemas	161
LXVI.	Control de contaminación cruzada	164
LXVII.	Utensilios de limpieza.....	165
LXVIII.	Clasificación de zonas de higiene en línea de leche	166
LXIX.	Puerta rápida para abastecimiento de sacos.....	170
LXX.	Tipos de contaminación y puntos de control en línea de leche	172

LXXI.	Mantenimiento al sistema de aire acondicionado.....	173
LXXII.	Mantenimiento red de distribución de aire comprimido	173
LXXIII.	Proceso para implementar mantenimiento basado en condiciones ...	175
LXXIV.	Componentes de máquina empacadora	177
LXXV.	Propuesta para iluminación de línea de leche.....	182
LXXVI.	Sistema de aire acondicionado para planta	186
LXXVII.	Medidas de prevención	188
LXXVIII.	Especificaciones de la máquina CP1-6848	190
LXXIX.	Especificaciones de los componentes recomendados	190
LXXX.	Especificaciones de máquina enfajadora con banda	191
LXXXI.	Especificaciones de tamizador	192
LXXXII.	Envasado bajo atmósferas controladas	193
LXXXIII.	Especificaciones de suministro de nitrógeno	193
LXXXIV.	Resumen de diagrama de operaciones.....	198
LXXXV.	Visualización layout del proceso	198
LXXXVI.	Resumen de diagrama de recorrido	202
LXXXVII.	Costo de obra gris	204
LXXXVIII.	Costos asociados a montaje e instalación	205
LXXXIX.	Inversión estimada del proyecto.....	206
XC.	Presupuesto de automatización abastecimiento de sacos.....	207
XCI.	Evaluaciones de la puesta en marcha.....	213

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
$\cong$	Aproximadamente
HP	Caballo de potencia
c/u	Cada uno
db	Decibel
°C	Grados Celsius
Hz	Hertz
Kg	Kilogramo
Kg/h	Kilogramos por hora
KW	Kilowatts
Psig	Libras por pulgada cuadrada
lm	Lumen
lm/W	Lumen por Watts
Mpa	Mega pascals
m ³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
μm	Micrómetro
mm	Milímetros
Ppm	Partes por millón
%RH	Porcentaje de humedad relativa
%	Por ciento
Hp	Potencia

RPM	Revoluciones por minuto
 	Valor absoluto
VAC	Voltaje en corriente alterna
VDC	Voltaje en corriente directa
V	Voltios
W	Watts

GLOSARIO

Aspersión	Proceso de convertir un líquido a polvo por medio de evaporación.
ASTM	Organización de normas internacionales que desarrolla y publica estándares técnicos para ensayos de materiales.
BOM	Listado de repuestos. <i>“Bill Of Materials”</i> representa en un diagrama los repuestos y componentes de los equipos.
Corrosión	Desgaste de un material por reacción electroquímica.
Curva fotométrica	Representación gráfica del comportamiento de la luz.
Diseño higiénico	El diseño de un equipo o instalación que incorpora características que reducen o eliminan el riesgo de constituir una fuente de contaminación para los productos en forma directa e indirecta.

Doypack	Bolsa plástica impresa y termosellable con zipper.
Elastómero	Polímero o plástico que presenta propiedades elásticas.
Galvanizado	Tratamiento electroquímico de un material
Hermeticidad	Se dice de un objeto completamente cerrado e impermeable.
Homogéneo	Que tiene un aspecto y textura similar en todo su contenido.
HVAC	Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (Heating, Ventilating, Air Conditioning).
Ignición	Proceso de comenzar una combustión.
Inerte	Que no es químicamente reactivo.
Inocuidad	La garantía que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se consuman de acuerdo con el uso a que se destinan.
Interbloqueo	Enclavamiento o <i>interlock</i> . Permite proteger al operador de accidentes al manipular la maquina por medio de compuertas que al abrirlas detienen el equipo en marcha.

LOTO

Por sus siglas en inglés *Lock-Out / Tag-Out*. Modos de trabajo que permiten aislar el equipo de energía como fuente de riesgo (eléctrica, neumática, térmica) al utilizar un candado que impide encender la maquinaria mientras alguien trabaja en ella para evitar accidentes.

Lumen

Unidad de flujo luminoso emitido por un foco.

Oxidación

Proceso que se da por el contacto constante con el oxígeno el cual tiende a deteriorar los materiales.

Para recubrimiento del mismo.

Pasteurizada

Proceso térmico de aumento de temperatura de un producto (generalmente alimentos) con la intención de reducir la presencia de agentes patógenos.

Relés

Interruptor que permite el paso o detención de corriente en un circuito.

Servomotor

Un motor con variabilidad en velocidad y aceleración.

Sobrecorriente

Corriente muy alta que puede afectar o dañar un equipo eléctrico.

Zonas ATEX

Lugares con presencia de gases o vapores inflamables con riesgo de explosión. Atmósferas explosivas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar el montaje de una línea de llenado y empaque de leche en polvo que cumpliera con los estándares de diseño higiénico para poderse incorporar de forma correcta en la planta de la empresa Malher.

El diseño de una línea debe ser integral por lo que se recabaron los parámetros más importantes que rigen el diseño higiénico aplicado a la planificación estructural, operacional, de seguridad y calidad de una línea de llenado y empaque. El cumplimiento de estas variables, permiten guiar el diseño evitando futuros problemas de sanidad en el proceso productivo que son costosos y difíciles de manejar cuando una línea ya está en marcha.

La importancia del diseño radica en que resulta una manera de visualizar el funcionamiento del sistema virtual al utilizar programas que permiten apegarse al proceso real, esto representa una puesta en marcha en la que no existe aún un costo de remodelación o corrección que afecte al proceso ya que es un diseño preventivo de las complicaciones comunes de higiene en una planta procesadora de alimentos.

Esto representa una ventaja significativa para producción, porque se procura el cumplimiento de estándares previo al montaje del sistema, y puede ser utilizado como una base para las siguientes líneas a instalarse en la empresa.

OBJETIVOS

General

Diseñar el montaje de una línea de llenado y empaque de leche en polvo que cumpla con los estándares de diseño higiénico para poder funcionar de forma correcta.

Específicos

1. Revisar las políticas, procedimientos, controles de calidad, normas de seguridad e higiene y otras técnicas no clasificadas que rijan el proyecto dentro de la empresa.
2. Evaluar los equipos, maquinarias y espacios disponibles para llevar a cabo el proyecto.
3. Determinar las especificaciones técnicas para el montaje e instalación del equipo complementario y suministros para un diseño higiénico.
4. Planear con la ayuda de un software de diseño la distribución de todo lo que comprende la línea.
5. Determinar los costos del proyecto para aprobación.

6. Elaborar la propuesta de diseño para cumplir todos los requerimientos necesarios y estándares establecidos basados en el espacio físico disponible, las tecnologías, equipos requeridos y diseño higiénico.

INTRODUCCIÓN

La empresa Malher, S.A. se dedica a la fabricación y comercialización de refrescos en polvo y condimentos que representan los productos más icónicos en el mercado. Actualmente se está evaluando la incorporación de una línea para llenado y empaque de leche en polvo en la planta; que cumpla con todos los requerimientos de diseño que garanticen la inocuidad del producto.

Es importante el correcto diseño y montaje de la línea de producción puesto que por la naturaleza del producto se rige bajo estándares altos de inocuidad, higiene y seguridad.

El diseño de la línea de llenado y empaque de leche en polvo debe proveerse para la fabricación del producto en un ambiente inocuo, y reducir el riesgo de contaminación por cuerpos extraños adheridos a las superficies. Bajo este concepto de diseño higiénico se debe planificar toda el área y el proceso para el montaje de la línea.

El diseño incluye el área donde se instalará la maquinaria, sistemas de seguridad, sistema de inocuidad, calidad y hermeticidad del proceso además del montaje de la línea que abarca varios aspectos de diseño estructural y de maquinaria.

1. ANTECEDENTES

1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

Malher S.A., fue fundada por el señor Miguel Maldonado en 1957. La planta fue trasladada a zona 12 donde actualmente se producen los productos más reconocidos de la empresa. Los refrescos en polvo y sazonadores fueron sus productos principales, que hasta la fecha lideran en el mercado a nivel nacional. La empresa exporta varios productos al extranjero por lo que es reconocida internacionalmente.

Malher está comprometida con la mejora continua y con brindar al mercado productos de la más alta calidad. La productividad, eficiencia e inocuidad son sus principales fortalezas. Se encuentra certificada por varias normas lo que genera confianza a los clientes externos y una gran responsabilidad para los empleados en cuanto al cumplimiento de las mismas.

En la actualidad cuenta con 60 años de labores y se considera una empresa líder en refrescos y sazonadores con alta preferencia de las familias de Centro América, Estados Unidos, México y algunos países del Caribe.

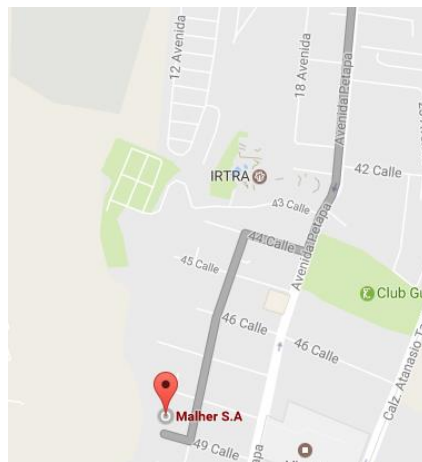
1.2. Información general

La planta ubicada en zona 12 se dedica a la industria alimenticia y tiene a su cargo el proceso de fabricación, empaque, almacenamiento y comercialización de refrescos instantáneos y sazonadores que son distribuidos en todo el país y a una importante cantidad de países de América.

1.2.1. Ubicación

48 calle 15-74, zona 12, ciudad de Guatemala.

Figura 1. Ubicación de la empresa Malher



Fuente: Google Maps. <https://maps.google.com/>. Consulta: mayo 2017.

1.2.2. Misión

“Producimos y comercializamos alimentos de alta calidad y fácil preparación para satisfacer a los consumidores.”¹

1.2.3. Visión

“Ser la empresa de alimentos más reconocida y exitosa de la región y mercados adyacentes, con innovación, calidad y flexibilidad, siendo líderes en donde participemos, logrando que todos consuman nuestras marcas.”²

¹ Malher, S.A. *Manual de inducción*. p. 3.

² *Ibíd.*

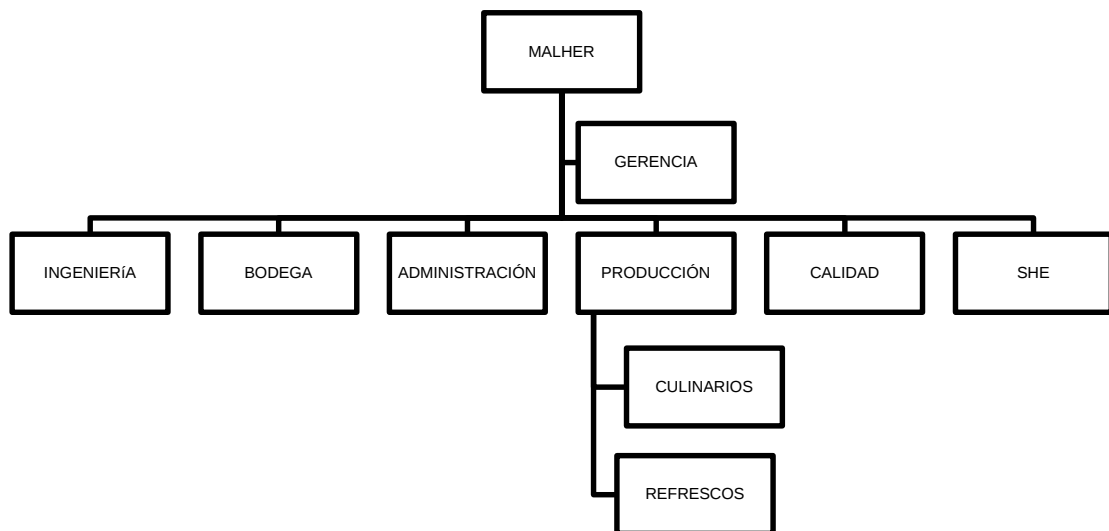
1.3. Tipo de organización

- Tipo de empresa: grande
- Institución: privada
- Cantidad de personal: 142 administrativos, 170 operativos.

1.3.1. Organigrama

La empresa cuenta con áreas de seguridad e higiene (SHE), manufactura o producción, bodega, ingeniería y distintas áreas administrativas.

Figura 2. Organigrama de la institución



Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Descripción de áreas

- **Manufactura:** se encarga de la producción y empaque de los distintos productos que se manejan en la empresa.
- **Ingeniería:** evalúan y gestionan proyectos para la empresa, se encargan del mantenimiento y bodega de repuestos.
- **Administración:** este departamento se encarga de todas las operaciones administrativas, contables, de importación y exportación de la empresa.
- **Calidad:** se encarga de supervisar la calidad en todos los procesos de la empresa.
- **Bodega:** se encarga de la logística de almacenamiento, carga y descarga de los productos de la empresa.
- **Seguridad e higiene:** se enfoca en reducir los riesgos de accidentes y preservar la higiene en los procesos productivos y áreas administrativas.

1.4. Sector lechero en Guatemala

Guatemala se desarrolló en el sector lechero en 1960 por inversiones de sectores privados. Lastimosamente las inversiones y el apoyo del país no se mantuvieron y se dio una declinación en ese sector económico.

Durante los años siguientes, el sector lechero se redujo tanto que terminó desapareciendo. Muchos intentos por incrementar la producción de leche se

dieron más adelante, pero el control de precios y las altas tasas de interés, lograron que los inversionistas perdieran el interés.

Muchos intentos se han realizado para reactivar este sector de producción, sin embargo, no se ha conseguido. El resultado fue el incremento en el mercado de productos importados y actualmente se sigue manejando de esa manera.

Tabla I. **Estadísticas de importación de leche en Guatemala**

Principales Países de Origen	Cantidad *	Monto (Miles US\$)	% Participación en el Mercado
NUEVA ZELANDIA	8.159.518	24.401.435	53,15
COSTA RICA	3.927.355	10.129.309	22,06
NICARAGUA	1.215.362	7.180.726	15,64
CHILE	134.898	484.985	1,06
Subtotal	13.437.138	42.196.455	91,9
Total	14.577.241	45.910.664	100

Fuente: *Estudio de mercado de leche en polvo en Guatemala (2011)*. <https://goo.gl/9x3EPg>.

Consulta: mayo 2017.

1.5. Leche en polvo

La leche en polvo o leche deshidratada se obtiene de secar la leche hasta grados de humedad menores al 5%. Esto le brinda características importantes como una vida útil más prolongada, menor costo, no utiliza refrigeración y posee las mismas propiedades de la leche convencional.

1.5.1. Composición

La composición de la leche puede variar por factores como la vaca, la alimentación de la misma, el procesamiento y otros factores, pero de forma general tiene la siguiente composición:

Tabla II. **Composición de la leche**

Agua	88,0 %
Grasa	3,40 %
Lactosa	4,70 % (azúcares en la leche)
Minerales	0,72 % (calcio, hierro, fósforo y otros)
Proteína	3,20 % (caseína)

Fuente: Ministerio de Salud Pública Guatemala 2012. Consulta: mayo 2017.

Otras propiedades de la leche son los ácidos grasos. Estos se encargan de brindar las propiedades con las que se conoce la leche. Los lípidos presentes en la leche son:

Tabla III. **Lípidos presentes en la leche**

Lípido	Porcentaje del total de lípidos	Concentración (g/L)
Triacilglicéridos	96-98	31
Diacilglicéridos	2,10	0,72
Monoacilglicéridos	0,08	0,03
Fosfolípidos	1,1	0,35
Ácidos grasos libres	0,2	0,08
Colesterol	0,45	0,15
Hidrocarburos	rastros	rastros
Ésteres de esteroides	rastros	rastros

Fuente: Ministerio de Salud Pública Guatemala 2012. Consulta: mayo 2017.

1.5.2. Calidad

La calidad de la leche independiente de la forma en que se presente puede evaluarse desde las características básicas como el olor, sabor, color e higiene. La leche al igual que los demás alimentos debe fabricarse con normas estrictas de higiene que aseguren la calidad del producto.

Las normas de higiene pueden afectar tanto al diseño de la planta como a los operarios y los encargados de su distribución.

1.5.3. Precios en el mercado

Existe una gran variedad de productos lácteos (leche), en Guatemala, que varían su precio según tamaño, calidad y mercado objetivo.

Tabla IV. Los precios de leche en el mercado guatemalteco

MARCA	PRESENTACION	PRECIO Q
Borden	polvo lata 2.5kg	144,95
Nido desarrollo	polvo lata 1,6kg	132
Nido Prebio 3+	polvo lata 800gr	73,4
Astralian	bolsa de 2,5kg	143,95
MG *	saco de 25kg	1244,95
Pinito	lata de 2,5kg	139,95
Nido crecimiento	lata de 2,2kg	174,95
Proteccion Nido 1+	polvo lata 2,2kg	138,95
Svelty Nestle	polvo lata 800gr	81,5
Svelty Actifibra	polvo lata 800gr	172,9
Nido deslactosada	polvo lata 800gr	67,9
Anchor entera	polvo lata 1600gr	123,95
Anchor entera	polvo lata 800gr	72,05
Nido entera	polvo lata 800gr	64,95
Borden	polvo lata 900gr	66,95
Nido preescolar	polvo bolsa 360gr	32,40
Nido esencial	polvo bolsa 360gr	23,2
Anchor	polvo bolsa 2200gr	168

Fuente: *Estudio de mercado de leche en polvo en Guatemala (2011)*. <https://goo.gl/9x3EPg>.

Consulta: mayo 2017.

Tabla V. **Precios de leche en el mercado guatemalteco**

Borden	polvo bolsa 2100gr	145,7
Pinito	polvo bolsa 2200gr	146,7
Suli	polvo bolsa 360gr	17,5
Dos Pinos	polvo bolsa 400gr	29,3
Borden	polvo bolsa 2500gr	144,95
Dos Pinos	polvo bolsa 1500gr	87,95
Kamoja	polvo bolsa 2200gr	115

Fuente: *Estudio de mercado de leche en polvo en Guatemala (2011)*. <https://goo.gl/9x3EPg>.

Consulta: mayo 2017.

Las importaciones de leche se reciben de los siguientes países:

Tabla VI. **Países de origen de la leche en Guatemala**

MARCA	ORIGEN
Borden	Nueva Zelanda
Nido	Mexico
Svelty	Mexico
MG	Australia
Pinito	Costa Rica
Dos Pinos	Costa Rica
Suly	Australia
Anchor	Nueva Zelanda
Flexum (soya)	Mexico
Delisoya (soya)	Bélgica
Kamoja	Australia
Gold Star	Nueva Zelanda

Fuente: *Estudio de mercado de leche en polvo en Guatemala (2011)*. <https://goo.gl/9x3EPg>.

Consulta: mayo 2017.

1.6. Proceso de fabricación de leche en polvo

El proceso general para la fabricación de leche en polvo se divide en los seis pasos siguientes:

- **Pasteurización:** procedimiento que consiste en someter los alimentos a temperaturas altas, para luego ser enfriados bruscamente y así poder eliminar microorganismos que contaminan el producto.
- **Precalentamiento:** se calienta la leche a temperaturas que van desde los 75°C a 120°C, con el propósito de destruir las bacterias restantes y generar antioxidantes naturales.
- **Evaporación:** la materia prima es calentada a baja presión y alta temperatura produciendo vapor que luego es comprimido. En esta etapa se pierde la mayor cantidad de agua llegando hasta un 85%.
- **Homogenizar:** el propósito de esta etapa es conseguir que las partículas sean lo más uniformes posible.
- **Atomización:** se transforma la leche en pequeñas partículas para facilitar su secado por medio de flujo de aire caliente. En esta etapa se reduce la humedad en un rango de 5-6% lo cual se lleva a cabo en una cámara de secado.

1.7. Diseño del producto

El diseño del producto comprende todas las actividades que conlleva fabricar el mismo. Desde la planificación donde se evalúan todos los

requerimientos de maquinaria, insumos, energía, personas e instalación, hasta la puesta en marcha. En la figura se muestran los pasos principales para diseñar la fabricación de un producto.

Figura 3. **Ciclo de vida del diseño**



Fuente: <https://goo.gl/vDPIB0>. Consulta: mayo 2017.

1.7.1. **Lanzamiento del producto**

El objetivo de diseñar una línea de producción para un producto previo a las evaluaciones de mercado es poder lanzar el producto y generar ingresos.

El lanzamiento del producto consiste en presentar el producto al mercado y representa el tiempo de prueba, donde no se tiene certidumbre del comportamiento del mercado.

Todas las etapas de diseño y evaluación se ponen a prueba y se evalúan las mejoras al proceso con base en el diseño final.

1.7.2. Desarrollo del producto

“Desarrollo de producto es el nombre dado a una estrategia del crecimiento donde la meta del negocio es, introducir nuevos productos en mercados existentes.”³

El desarrollo del producto está estrechamente ligado al lanzamiento del producto cuya finalidad es la comercialización del producto, con base en análisis de negocios y pruebas del producto.

³ VILLAFANA, F. *Seminario Estrategias de desarrollo de productos*. <https://goo.gl/JsNRXK> Consulta: mayo 2017.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Normatividad

Todo diseño se rige a ciertas normas y procedimientos. Las normas dependiendo de la perspectiva que tengan ayudan a que los procesos lleven un orden adecuado, se eviten problemas, modificaciones futuras, reduzcan riesgos comunes: higiene, seguridad, financieros, legales, entre otros.

Las normas pueden enfocarse a los procesos previos, durante o después de un proyecto. Estas simplifican los procedimientos y proveen de recomendaciones por ser el resultado de estudios realizados con anterioridad.

“Las normas en el diseño dependen de tres factores fundamentales para su enfoque que son: el tipo de proyecto, la finalidad del proyecto y el cliente o empresa a la cual se propone el proyecto.”⁴

Según el tipo del proyecto se puede clasificar como un diseño de una línea con el fin de manufacturar un producto nuevo dirigido al mercado propiamente de Nestlé, y debe cumplir con las normas del proceso y la calidad ofrecida por la empresa dominante.

Puede ser complicado evaluar todas las normas que rigen a un proyecto y es importante delimitar, cuales son las más importantes y las que tienen un impacto en el diseño, procesos previos o posteriores. No necesariamente todas

⁴ CHIU, Luis Ángel. <https://goo.gl/QMAZa4>. Consulta: mayo 2017.

tienen un carácter obligatorio pero su finalidad es simplificar procesos, y esto representa un beneficio a largo plazo para el proyecto.

La incorporación de una empresa a una corporación tan grande como lo es Nestlé exige que cumpla con los estándares con los que se maneja en la actualidad, que requiere de muchas modificaciones a los procesos actuales y es por eso que representa una oportunidad, para establecer un diseño integral que se planifique y cumpla con las normas desde la concepción de la idea, para evitar modificaciones en marcha.

Figura 4. Incorporación de Malher a Nestlé



Fuente: *Informe de creación de valor compartido*. <http://www.nestle-centroamerica.com/csv/Documents/LIBRO%20CSV%20-%20FINAL%2015-10-12.pdf>. Consulta: abril 2017.

2.1.1. Gestión del cambio

La gestión del cambio en una empresa es la actividad por la cual se aprueban los proyectos, modificaciones y propuestas para mejorar algún proceso, una estructura, mitigar un riesgo y otros.

Los proyectos se pueden visualizar bajo diferentes perspectivas y es por esto que se deben evaluar por lo menos tres pilares importantes que son: la

seguridad, higiene e inocuidad y calidad. Los cambios deben procurar no afectar en gran manera estos tres aspectos, porque de lo contrario la viabilidad del proyecto puede estar en riesgo. Si el proyecto no es sostenible económicamente o resulta no ser factible por su incidencia, en algún pilar debe replantearse o no podrá ser ejecutado.

Mediante el análisis se evita que proyectos que afecten la seguridad, higiene o calidad sean puestos en marcha porque representan peligros, pérdidas y sobre todo no generarán valor que es lo que se pretende al proponer una mejora. Este proceso permite analizar los puntos críticos de peligro para enfocarse en los problemas principales y establecer puntos de control. Por ejemplo, si hay riesgo de alterar la inocuidad del producto se puede determinar en qué parte del proceso puede ocurrir y establecer un sistema de control y prevención.

Figura 5. **Formato de gestión del cambio Malher**

FORMATO DE GESTIÓN DEL CAMBIO			
Líder del cambio			
Nombre del Proyecto			
Depto. Solicitante			
PASO1: DATOS GENERALES			
Razón del cambio			
	Nuevo producto	Nuevo Equipo	
	Nueva fórmula	Nueva infraestructura	
	Nuevo servicio	Programas de limpieza	
	Nuevo material	Requisito del cliente	
	Nuevo proveedor	Normativa legal	
	Nuevo proceso	Personal	
	Automatización		
SITUACIÓN ACTUAL/SITUACIÓN DESPUÉS DEL CAMBIO			
PASO 2: ANÁLISIS DEL CAMBIO			
ANÁLISIS DE RIESGOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE			
Identifique algún riesgo			
Físico			
Químico			
Biológico			
Psicolaboral			
Ergonómico			
Mecánico			
Eléctrico			
Local			
Público			
¿Están los riesgos detectados por medidas de control existentes?		Documento de validación	
¿Es factible implementar o ajustar medidas de control existentes?		Documento de validación	
ANÁLISIS DE PELIGRO E INOCUIDAD			
¿Podría introducir un peligro de inocuidad?			
¿los riesgos están cubiertos por controles existente?			
¿Es factible implementar o ajustar medidas de control?			
¿Es necesario realizar validación de control?			
¿Requiere actualización HACCP?			
ANÁLISIS DE IMPACTO EN CALIDAD			
¿Podría involucrar un riesgo en la calidad?			
¿los riesgos están cubiertos por controles existente?			
¿Es factible implementar o ajustar medidas de control?			
¿Requiere de actualización de QMS?			
PASO 3 : PLANES DE ACCIÓN			
Actividad asignada	Responsable	fecha	
PASO 4: JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO			

Continuación de la figura 5.

PASO 5: DESPUÉS DEL CAMBIO –EVALUACIÓN DE EFICACIA		
Fecha de culminación del cambio:		
Área		
Seguridad y Salud ocupacional		
Calidad		
Inocuidad		
Impacto Ambiental		
PASO 6: DESPUÉS DEL CAMBIO		
Lider de Inocuidad		
Jefe SHE		
Jefe de Calidad		
Jefe de Producción		
Ingeniero de Fábrica		
Ingeniero de Proyectos		
Coordinador I&R		
Jefe Recursos Humanos		
Jefe Suministro		
Gerente de Fábrica		

Fuente: ficha de gestión de proyectos, Malher.

2.1.1.1. Proceso para propuesta de línea

Las propuestas deben ser evaluadas en distintos escenarios como se puede observar en la figura. Esto es importante porque se puede analizar el impacto de un proyecto en diferentes áreas y debe ser presentado a un equipo multidisciplinario que maneje todos los aspectos y así pueda juzgar el cambio y los riesgos contenidos en él.

Esto permite evaluar si es posible mitigar los riesgos que se presentan y que no se pueden evitar, o dependiendo del caso poder eliminar el riesgo.

Figura 6. **Formato para evaluación del cambio**

APROBACIÓN DE CAMBIOS			
Encargado		Fecha solicitud	
Proyecto		Fecha inicio	
Departamento		Fecha fin	
Cambio	Descripción del cambio	Situación actual	Situación pretendida
Análisis de riesgos	1. Físicos 2. Químicos 3. Psicolaboral 4. Ergonómico 5. Mecánico 6. Eléctrico		
Análisis Inocuidad	1. Microbiológico 2. Alergénico		
Impacto en calidad	1. Empaque 2. Hermeticidad		

Fuente: formato de gestión del cambio, Malher.

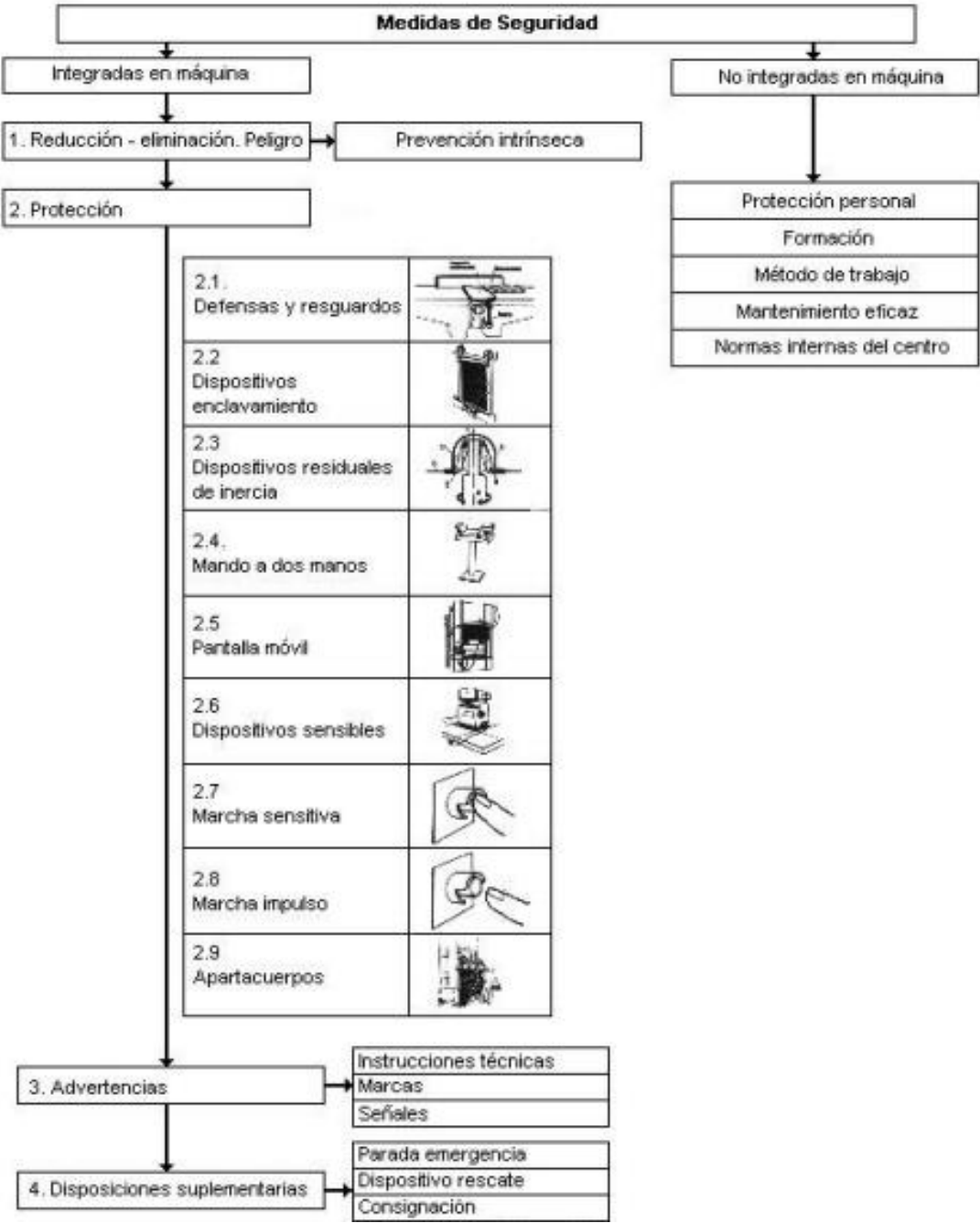
La evaluación no se trata de rechazar cualquier proyecto que no cumpla con algún aspecto o que represente un riesgo, sino se trata de concientizar si vale la pena afrontar el riesgo con respecto a los beneficios, por otro lado permite planificar de una mejor manera el diseño previniendo cualquier riesgo y mitigando los que se encontraron que no pueden cambiarse.

2.1.1.1.1. Seguridad

Uno de los aspectos a evaluar en la gestión del cambio es la seguridad. En este inciso se previenen accidentes que puedan ocurrir y que impacten en las personas. No se debe extenderse como un plan de seguridad pero deben tocarse puntos importantes como seguridad de máquinas, contacto con sistemas eléctricos, neumáticos, cargas pesadas y carga estática, dependiendo de la naturaleza del producto o proyecto.

El contacto con los sistemas complementarios de las máquinas como lo son la electricidad y el aire comprimido, representa un riesgo ya sea en funcionamiento o por energía remanente al momento de parar una máquina en movimiento. Cualquiera sea el caso se debe restringir el acceso a estos sistemas y permitir solo a miembros capacitados tener acceso, proporcionar mantenimiento o realizar alguna modificación para evitar accidentes.

Figura 7. Medidas de seguridad establecidas en áreas de producción



Fuente: formato SHE de seguridad de máquinas, Malher.

2.1.1.1.2. Análisis de peligro e Inocuidad

La inocuidad en los alimentos está definida como la garantía que los productos destinados para consumo humano no afectan la salud del consumidor.

A diario personas de todo el mundo se enferman por los alimentos que comen. Estas enfermedades son llamadas Enfermedades de transmisión alimentaria. Los microorganismos responsables de tales enfermedades pueden ser encontrados comúnmente en las heces, la tierra, el agua, las ratas, insectos e incluso hasta en las personas; pueden estar en su nariz, manos, uñas, y otros.

Garantizar la inocuidad de un producto requiere de un control mayor, existen herramientas como HACCP que pueden aplicarse al control de riesgos en las industrias alimentarias. La contaminación en el proceso productivo es una amenaza constante y es por eso que se debe realizar un análisis de los riesgos, que instalar una nueva línea de empaque tiene.

Tabla VII. Puntos de control Malher

Aduana de ingreso	Cuarto de lavado de uniformes	Puntos de mermas
		

Fuente: planta de producción, Malher zona 12.

La instalación de una nueva máquina puede provocar contaminación en el área de producción, y tienen que evaluarse este tipo de riesgos para generar un plan, por ejemplo la adecuada instalación de los equipos para evitar acumulación de suciedad con difícil acceso.

Figura 8. **Puntos de control en instalaciones mecánicas**



Fuente: Manual de Requerimientos Generales, Nestlé.

La enumeración de peligros es el primer paso que se aplica en la gestión del cambio, al igual que en la herramienta HACCP estos focos de contaminación pueden ir cambiando, por lo que se deben actualizar los análisis ya que se pueden dar antes, durante, o después del cambio.

2.1.1.1.3. Impacto en calidad

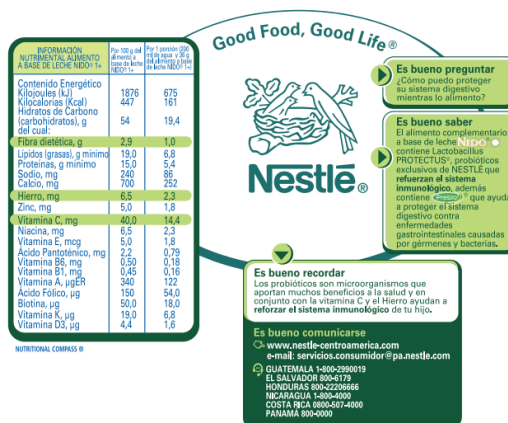
La calidad de un producto es el conjunto de características que le permiten ser comparado con otro. Esta se ve afectada de diferentes maneras, por ejemplo: el peso, tamaño y empaque. Los defectos en estos aspectos son los que impactan y afectan la imagen del producto y muchas veces se relaciona con la inocuidad, y es un aspecto de suma importancia en la empresa.

El impacto en la calidad es mayor al comienzo de la puesta en marcha de una línea de producción porque los parámetros aún no se han especificado del

todo, y se tiene que invertir material y energía en las primeras pruebas para garantizar la calidad. Esta inversión es necesaria para poder dar resultados y proponer indicadores.

El concepto de calidad ha evolucionado a lo largo del tiempo y actualmente se enfoca en la mejora continua, porque ya no es suficiente hacer solo un buen producto sino aportar un valor agregado, trabajando para los clientes externos, pero colaborando con los clientes internos.

Figura 9. Valor agregado de políticas de calidad Nestlé



Fuente: <https://www.nestle.com/>. Consulta: abril 2017.

Como se puede observar en la etiqueta la empresa explica la importancia de la salud y hace comentarios y recomendaciones sobre el producto. Algunos productos ejemplifican recetas prácticas y en la página web se ofrece información general, evaluaciones nutricionales y está abierta a cualquier consulta o reclamo. La empresa cuenta con 29 centros de investigación dedicados a aspectos de salud, tecnología, eficiencia y otros temas para brindar mayor valor a sus marcas.

La salud y la calidad están estrechamente relacionadas en productos alimenticios y los productos ofrecen no solo una fuente de saciedad sino nutrición y la mejor calidad en empaque y presentación de diseño. Estos aspectos son evaluados a través de investigación con equipos multidisciplinarios de expertos en la salud.

2.1.2. Certificaciones

La certificación es en consecuencia el medio que está dando la garantía de la conformidad del producto a normas y otros documentos normativos. La certificación se materializa en un certificado: el certificado es un documento emitido conforme a las reglas de un sistema de certificación, que indica con un nivel suficiente de confianza, que un producto, proceso o servicio debidamente identificado, está conforme a una norma o a otro documento normativo especificado.⁵

La certificación es un compromiso que la empresa adquiere para asegurar la calidad de su trabajo. Es responsabilidad de todas las áreas el mantener la calidad intacta.

Existen diferentes normas que pueden ser aplicadas al diseño de una línea de producción, pero las principales son: ISO 9001, OSHAS 18001, ISO 14001, FSC 22000.

2.1.2.1. ISO 9001

“Esta norma se basa en una serie de principios de gestión de la calidad que incluyen un fuerte enfoque en el cliente, la motivación y la implicación de la alta dirección, el enfoque de proceso y la mejora continua.”⁶

⁵ P, & SIVARDIÈRE, Jean-Claude. *Certificación de Calidad de los Alimentos Orientada a Sellos de Atributos de Valor en Países de América Latina*. Francia y Santiago, Chile.

<http://www.fao.org/docrep/004/ad094s/ad094s00.htm#Contents>. Consulta: mayo 2017.

⁶ Blandonnet, C. *International Organization for Standardization*. <https://goo.gl/hXnEBI>. Consulta: mayo 2017.

2.1.2.1.1. Definición

La norma tiene siete principios para la gestión de calidad que son:

- Enfoque en el cliente
- Liderazgo
- Compromiso de las personas
- Enfoque basado en procesos
- Mejora
- Tomar decisiones basadas en la evidencia
- Gestión de relaciones

El objetivo del enfoque en el cliente es satisfacer las necesidades del cliente externo y superar sus expectativas.

El liderazgo puede desarrollarse en todos los niveles y permite unificar la visión y el compromiso de los empleados.

El compromiso de las personas brinda la capacidad de aportar valor.

La mejora basada en procesos consiste en relacionar las actividades de producción para que funcionen juntas.

La mejora continua es principal para una empresa que quiere brindar calidad siempre.

Las decisiones basadas en evidencia pueden aplicarse desde áreas administrativas hasta áreas técnicas, donde se realizan análisis causa y efecto de los problemas que afectan las actividades diarias.

Gestionar las relaciones se enfoca en los proveedores y las redes de socios para lograr impactar y colaborar con la satisfacción del cliente final.

2.1.2.1.2. Impacto en el diseño

La norma ISO 9001 abarca varios aspectos que influyen en el diseño. Es importante que previo al diseño se identifique el efecto de cualquier modificación en el sistema como un todo, es decir evaluar el impacto en todas las áreas principales de la empresa como seguridad, calidad, etc. Otro aspecto que rige a norma es específicamente el efecto en la calidad, cualquier cambio debe realizarse de manera que cumpla con el objetivo de la calidad de la empresa.

La documentación de los procesos es otro aspecto importante ya que se requiere que la información en cada etapa del proceso del cambio esté disponible para monitorear, analizar y evaluar el desempeño del sistema.

La gestión de riesgos implica evaluar todos los posibles riesgos que el cambio pueda provocar a la empresa ya sea físicos, psicológicos, ergonómicos, químicos, de inocuidad, y otros.

Por otra parte, la planificación del proyecto tendrá que ser auditado para evaluación. La información del plan de mejora o proyecto tiene que ser accesible para cualquier persona. También se debe asegurar que los datos con los que se trabaje sean suficientemente precisos, confiables y seguros. Este trabajo permite tener un documento que avale el proceso de planificación y gestión del proyecto.

2.1.2.2. OSHAS 18001

Tiene el enfoque de seguridad Industrial de los procesos y del área de producción.

2.1.2.2.1. Definición

OHSAS 18001 es un estándar internacional que establece los requisitos, para buenas prácticas de gestión de seguridad y salud laboral en cualquier organización sin importar su tamaño. Proporciona orientación para ayudar a diseñar un marco de salud y seguridad, lo que le permite incorporar todos los controles y procesos relevantes en un único sistema de gestión.

El estándar también puede adaptarse a todo tipo de organizaciones para ayudar a eliminar o minimizar los riesgos y riesgos operacionales. El estándar está diseñado para ayudar a crear las mejores condiciones de trabajo posibles en su organización, cumpliendo con las necesidades legales, de la industria y del cliente.⁷

2.1.2.2.2. Impacto en el diseño

Todo lo referente a seguridad e higiene debe estar debidamente justificado para cualquier cambio en producción. Desde los análisis de riesgos hasta las medidas de prevención o mitigación del riesgo deben establecerse lo más detallado posible.

⁷ British Standards Institution. *Introduction to BS OHSAS 18001* | BSI Group.
<https://www.bsigroup.com/en-GB/ohsas-18001-occupational-health-and-safety/Introduction-to-BS-OHSAS-18001/>. Consulta: mayo de 2017.

Figura 10. Localización de puntos de control de seguridad de máquinas



Fuente: Manual de seguridad de máquinas, Malher -Nestlé.

2.1.2.3. ISO 14001

Desde la perspectiva del medio ambiente se establecen parámetros de diseño.

2.1.2.3.1. Definición

ISO 14001 es una norma acordada internacionalmente que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental.

Ayuda a las organizaciones a mejorar su desempeño ambiental a través de un uso más eficiente de los recursos y la reducción de los residuos, obteniendo una ventaja competitiva y la confianza de las partes interesadas.

2.1.2.3.2. Impacto en el diseño

La evaluación de impacto ambiental brinda la oportunidad para realizar un plan de gestión del cambio que sea sostenible ambientalmente y no impacte negativamente en él.

La norma requiere que la organización considere todas las cuestiones ambientales relevantes para sus operaciones, como contaminación del aire, problemas de agua y alcantarillado, manejo de desechos, contaminación del suelo, mitigación y adaptación al cambio climático y uso y eficiencia de los recursos.

Tabla VIII. **Consideraciones ambientales para diseño de línea**

Materiales del equipo	No se deben usar componentes con metales pesados (mercurio, cromo, cadmio y plomo) en el equipo.
Refrigerantes	No se deben usar refrigerantes CFC, HCFC y Halon en el equipo. Los refrigerantes preferidos son refrigerantes naturales que incluyen amoníaco (NH ₃), dióxido de carbono (CO ₂) e hidrocarburo (HC).
Embalaje	Todo el papel, el cartón y la madera utilizados en el embalaje del equipo para el transporte no deberán contribuir a la deforestación.
Consumos	Se debe proporcionar datos optimizados o rango de datos para los siguientes parámetros del equipo: • Consumo de agua • Consumo de energía (electricidad, aire comprimido, vapor, etc.) • Consumo de material (lubricante, productos químicos, detergente, etc.) • Emisiones de aire (partículas, etc.) • Aguas residuales descargadas • Residuos sólidos generados

Fuente: Manual departamento de SHE, Malher.

2.1.2.4. **FSSC 22000**

Desde la perspectiva del producto se establecen parámetros de diseño.

2.1.2.5. **Definición**

FSSC 22000 (Food Safety System Certification) *Traducción* “sistema de certificación para la seguridad alimentaria” y gestión de la calidad Sistemas conformes a los requisitos de la ISO 22000 e ISO 9001. Fue desarrollado en Europa en el año 2009 y surgió del interés de grandes compañías como Nestlé, Danone, Unilever, Coca Cola, Kraft Products, entre otras, de adoptar un nuevo modelo de certificación en inocuidad para todos sus proveedores de materias primas.⁸

⁸ Conceptos de la norma FSSC (en línea)
file:///C:/Users/Rosario/SkyDrive/PROYECTO%20GRADUACION%20TESIS/MATERIAL%20DE%20APOYO/INTERNET/742-1752-1-SM.pdf . Consulta: mayo 2017.

2.1.2.5.1. Impacto en el diseño

Las cláusulas de la norma corresponden a requisitos para garantizar la inocuidad del producto. Se debe especificar la construcción de planos y edificios con su respectiva planificación. También los servicios complementarios como, agua, aire, energía, y otros.

Los equipos para producción deben mantener la limpieza evitando las fuentes de contaminación cruzada.

La limpieza y desinfección deben estar estandarizadas y se debe tener un control de plagas al igual que procurar todo lo necesario, para asegurar la higiene de los empleados en el área de producción.

2.1.3. TPM

Desde la perspectiva de mantenimiento, la inocuidad del producto debe priorizarse.

2.1.3.1. Definición

El Mantenimiento Productivo Total va más allá de una herramienta o tipo de mantenimiento, es una filosofía de trabajo e involucra a todas las áreas de la empresa las cuales funcionan con el concepto de un pilar donde todos se enfocan en mantener el “Cero” el cual comprende las áreas de Ambiente, seguridad, Costo, Calidad y entrega en las cuales el objetivo es tener cero impactos en el ambiente, cero accidentes, cero desperdicios, cero defectos, cero pérdidas; respectivamente.

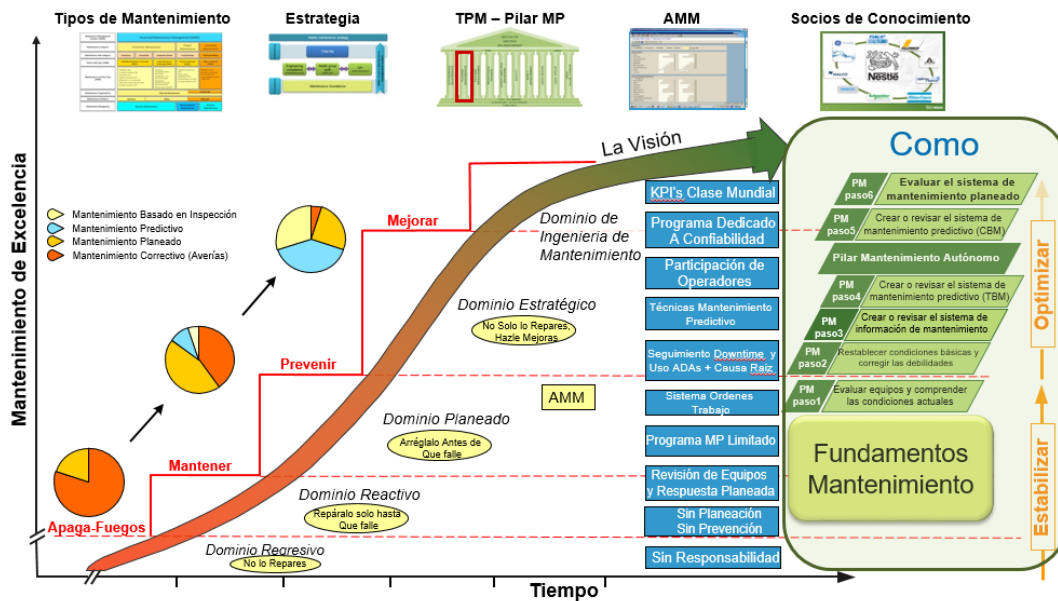
A diferencia de lo que se cree, el TPM no es una herramienta de mantenimiento, sino que incluye varias áreas de la empresa una para lograr la máxima productividad del negocio.

“El mantenimiento juega un papel muy importante en la seguridad laboral y el ambiente ya que la mayoría de accidentes se dan en área de producción ya sea por desperfectos en los equipos o bien por las condiciones de trabajo referentes a diseño de plantas como: limpieza, ventilación, iluminación, ruido, manejo de desperdicios, etc.”⁹

Con respecto a la calidad, costo y entrega el buen funcionamiento de la máquina y su óptima producción, permite producir sin defectos y reduce costos por paros o reprocesos y mejora la entrega a través de la confiabilidad de la producción. Las actividades de mantenimiento muchas veces son catalogadas como improductivas porque no generan ganancias, pero desde la perspectiva de confiabilidad si una máquina se puede llegar a utilizar el 100% de tiempo a su mayor eficiencia, es cuando el mantenimiento pasa de ser un sistema productivo.

⁹ TOLEDO, Francisco. *Factores causantes de los accidentes*, p. 47.

Figura 11. Integración estratégica de mantenimiento Nestlé



Fuente: Norma GI 205.0-2, Malher-Nestlé.

Como se muestra en la imagen el concepto de TPM ha evolucionado de tal manera que, en la actualidad, ya no es relacionado con técnicas de mantenimiento de maquinaria, sino que en lugar de enfocarse en arreglar las máquinas la empresa trabaja para que nunca fallen y de esta manera, enfocarse en innovar todos los sistemas que integran tanto el área de producción como el área administrativa.

Para mantener balanceadas todas las áreas existen principios básicos que son:

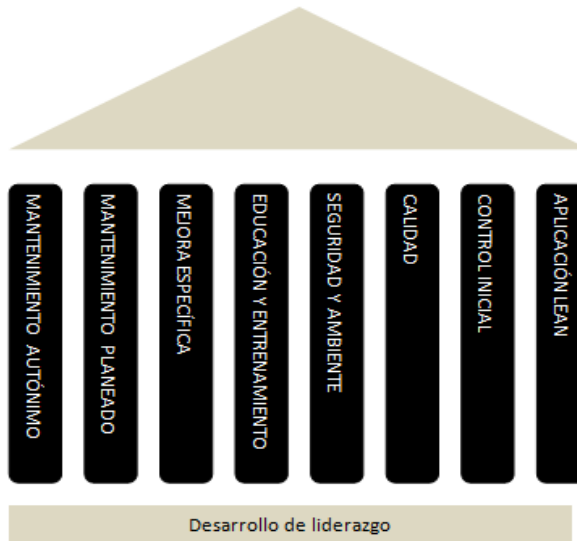
- Cero defectos: trata de eliminar las seis grandes causas de pérdidas que son: averías, preparación y ajuste, paradas menores y tiempos vacíos, velocidad reducida, defectos de calidad, reducción en rendimiento.
- Inventarios cero: basado en la producción justo a tiempo.
- Rentabilidad total: lo cual requiere de desarrollo de planes de mantenimiento preventivo-productivo basado en inspección.
- Productividad: ésta debe ser maximizada y está dada por la relación de salidas y entradas reflejadas en producción, calidad, bajo costo, entregas, seguridad, entorno moral y costo de vida útil económica.
- Participación total: es necesaria la participación de todos y cada uno de los empleados de la empresa en forma consciente.
- Logística y tecnología: la logística que es la que se encarga de los productos, las materias primas, los sistemas, los programas y equipos. La tecnología que es la que se encarga del diseño, ingeniería, montaje y mantenimiento de equipos.
- Mejoramiento de los lugares de trabajo: aplicación del sistema de administración japonés de las 5S: *Seiri* (organización), *Seiton* (orden), *Seiketsu* (pureza), *Seiso* (limpieza), *Shitsuke* (disciplina).¹⁰

2.1.3.2. Pilares

La filosofía TPM se constituye de ocho pilares que son: mantenimiento autónomo, mantenimiento planeado, mejora específica, educación y entrenamiento, seguridad, salud y sostenibilidad ambiental, calidad, diseño lean, oficina lean y finalmente la cadena de valor lean que se resumen en uno solo.

¹⁰ Velásquez, M. A. Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://goo.gl/SKbfEU>. Consulta: mayo 2017.

Figura 12. **Pilares de TPM**



Fuente: Instituto de TPM <http://www.tpm-institute.com/es/el-equipo/> Consulta: mayo 2017.

Cada pilar tiene un rol que se representa con las siguientes actividades:

- Metodología: cada pilar tiene un método de trabajo con sus respectivas herramientas para el cumplimiento de metas.
- Capacitación: cada pilar debe trabajar para que todo su personal está capacitado en su área y en el resto de pilares para conocer cómo se apoyan.
- Coaching: los jefes deben aplicar el coaching para guiar y motivar a su equipo en el proceso de implementación de la metodología.
- Auditar: de esta manera se aseguran de la correcta aplicación de la metodología y herramientas.¹¹

¹¹ Apsoluti, G. S. TPM - *Pilares, Técnicas y Metodología de Gestión*. <http://apsoluti.com/pilarestpm.htm>. Consulta: mayo 2017.

La implementación de TPM se comienza por el área de mantenimiento y luego se va integrando a las demás áreas; es por eso que la instalación de una nueva línea debe poseer especificaciones previas a su implementación.

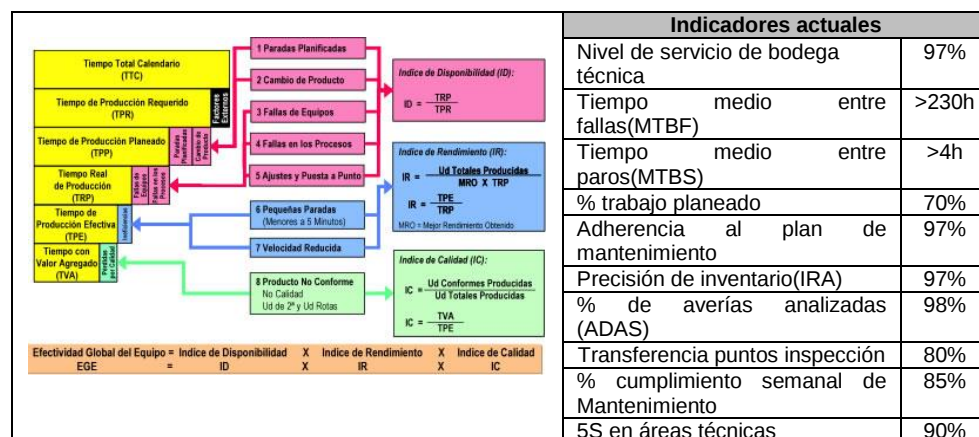
Todos los pilares trabajan en conjunto para lograr la meta de llegar a cero impactos en cualquier área. Para eso es importante que se integren grupos de trabajo para cada pilar con su respectivo líder y establezcan sus metas.

Equipos como bodega, mantenimiento e ingeniería aplican sus conocimientos para reducir inventario de repuestos, aplicar mantenimiento por componentes y desarrollar programas para el mantenimiento autónomo que es el que los operarios realizan, para poderse desligar de resolver averías y enfocarse en realizar modificaciones a las maquinarias, innovar en los procesos y reducir el presupuesto de mantenimiento.

“No se puede gestionar lo que no se mide, y no sirve medir lo que no se gestiona”¹². Los requerimientos en maquinaria, tecnología, seguridad y demás aspectos de diseño se vuelven más exigentes pero la efectividad y productividad aumenta significativamente. Todos los aspectos son evaluados por indicadores lo cuales a su vez van aumentando en dificultad.

¹² MONTAGUE, William Pepperell. *El nuevo Realismo*. p. 23.

Tabla IX. Indicadores de mantenimiento utilizados en Malher



Fuente: ESPITIA, Carlos. *Mantenimiento Centrado En Confiabilidad*.

<https://lanotaenergetica.com/tag/modos-de-falla/>. Consulta: mayo 2017.

2.1.3.3. Aplicación en el diseño

Un diseño como el montaje de una línea de llenado debe planificarse para la implementación futura de estándares y es por eso que es importante conocer estos lineamientos para diseñar de la mejor manera un área pensando siempre en la mejora continua.

Cuando en una empresa se trabajan estándares bien definidos se debe evaluar su futura implementación al presentarse proyectos nuevos. Todo el diseño tiene que estar alineado a los principios con los que se manejan.

Figura 13. **Línea piloto TPM Malher paso 4**



Fuente: área de Culinarios, Malher zona 12.

2.1.3.3.1. Limpieza

Todo equipo debe poseer un listado de lugares que se necesiten ser limpiados regularmente con sus respectivos procedimientos y herramientas. El diseño para la limpieza permite establecer estándares de limpieza y optimizar las operaciones de manera que sean más fáciles de realizar. En la empresa se utilizan códigos de color para la utilización de componentes de limpieza según su aplicación.

Figura 14. Limpieza de áreas de producción



Fuente: línea piloto Malher, zona 12.

La figura muestra un estándar en el se especifica la ubicación a colocar y utilizar los utensilios según códigos de colores para las actividades de limpieza. Actualmente se trabajan formatos en donde se explica que hacer, en que componentes, cuando se realiza, quien la realiza, con que herramienta se realiza y como se realiza. Esto permite reducir los errores y mejorar los tiempos de cada actividad.

2.1.3.3.2. Inspección

El equipo debe contener una lista de puntos de inspección para el correcto funcionamiento de los componentes. Los puntos críticos de inspección deben estar visibles por guardas transparentes y de fácil acceso. Esto puede incluir cintas, cadenas, poleas y caja de engranes.

Figura 15. Inspección de *liner* en tapas



Fuente: Máquina All fill, Malher zona 12.

Como se observa en la figura, las guardas permiten ver los componentes de los equipos, de esta manera se visualizan mejor los mecanismos y su función.

La inspección debe realizarse con todas precauciones de seguridad por lo que la seguridad de máquinas es indispensable. En la figura se muestran los símbolos comunes de precaución que corresponden a máquinas en movimiento, prohibido lubricar en movimiento, atrapamiento, cizalla, caída de objetos, uso de traje de protección y otros.

Figura 16. **Símbolos de seguridad de máquinas**



Fuente: <https://goo.gl/bKxJk4> Consulta: mayo de 2017.

2.1.3.3.3. Lubricación

La lubricación tiene varios propósitos, pero el principal es proteger contra el desgaste, corrosión y oxidación. Un lubricante puede ser una grasa o aceite dependiendo del equipo así se debe usar.

La industria de alimentos representa un desafío en cuanto a su higiene. No hay que olvidar que el producto está en contacto con la maquinaria y sus componentes que muchas veces requieren de limpieza, lubricación y mantenimientos que representa una fuente de contaminación. Los lubricantes utilizados en la industria alimentaria son especiales y no representan un peligro por tener contacto con el producto.

Entre los lubricantes en grado alimenticio utilizados en Malher se encuentran:

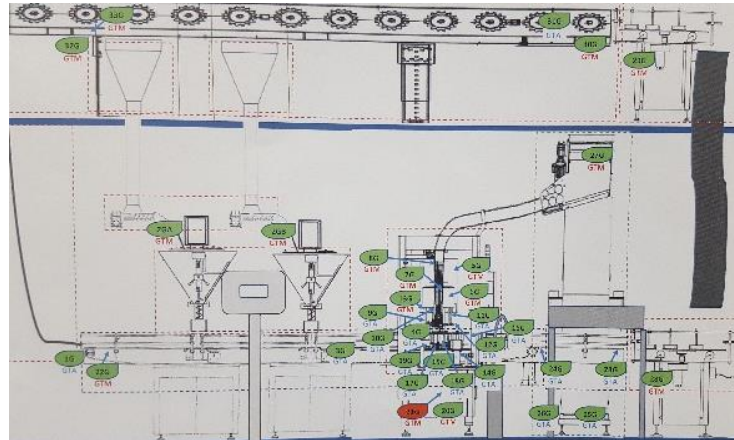
- Lubricantes H-1: se utiliza cuando es posible que de manera accidental tenga contacto con el producto.
- Lubricantes HX-1: son utilizados cuando muy rara vez puede tener contacto con el producto.
- Lubricantes H-2: se aplican a equipos críticos que no tienen contacto directo con el producto. No contienen: aromas ni aditivos de plomo, antimonio, cadmio o níquel.¹³

La lubricación es un punto importante en cuanto a mantenimiento, actualmente la maquinaria debe establecer todos los puntos de lubricación ya sea que se utilice grasa o aceite enlistados como parte de sus manuales. El diseño de la maquinaria debe facilitar esta actividad por los operadores, para poder realizar de manera correcta esta labor y evitar los accidentes.

El diseño de la maquinaria debe permitir el acceso fácil a los puntos de lubricación además de facilitar la tarea de realizar mapas de lubricación.

¹³ ESPITIA, Carlos. *Mantenimiento Centrado En Confiabilidad*.
<https://lanotaenergetica.com/tag/modos-de-falla/> Consulta: mayo 2017.

Figura 17. **Mapa de lubricación**



Fuente: taller de Ingeniería, Malher zona 12.

2.1.3.3.4. **Cambio rápido**

El cambio rápido se refiere al proceso de cambio de formato. Este proceso involucra repuestos que tienen que estar al alcance del operador, y tienen que tener un área designada al igual que la herramienta que se utiliza.

Figura 18. **Panel de repuestos de cambio de formato**



Fuente: línea piltoto TPM, Malher zona 12.

Como se muestra en la figura, este es un método que se puede estandarizar por medio de un panel, organización por tipo de producto y herramientas a utilizar. El diseño de la línea debe incluir el espacio determinado para repuestos y herramientas comúnmente utilizadas si fuese necesario.

2.1.3.4. Mantenimiento planeado

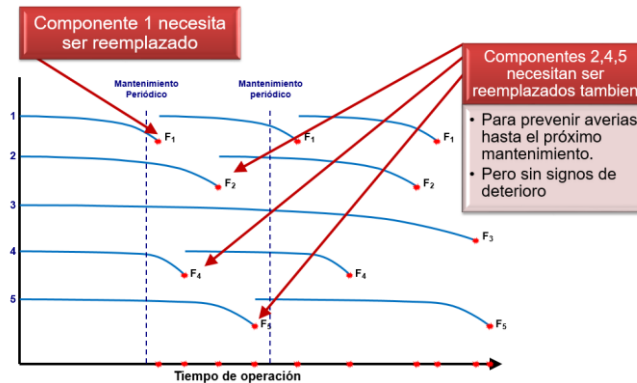
El mantenimiento planeado requiere de una continua inspección y registro cuyo objetivo principal es, mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Los mantenimientos que se aplican en la empresa son de tipo planeado y se dividen en predictivo, basado en historial y bajo condiciones.

El mantenimiento predictivo, que es parte del mantenimiento planeado, puede estar basado en diferentes herramientas como lo es el historial y la inspección. Las máquinas del área de culinarios se manejan bajo este tipo.

El mantenimiento basado en historial requiere de la documentación continua de las fallas en datos estadísticos que se analizan, para determinar la distribución que más se asemeje al comportamiento real de los equipos. Este tipo se aplica a los equipos más antiguos de los que no se tienen planos tan detallados de sus componentes y repuestos.

El mantenimiento basado en condiciones es más complejo, requiere evaluar varios componentes de los equipos que no necesariamente se comportan o fallan al mismo tiempo, y eso es porque la inspección continua es necesaria. Este tipo es aplicado a las líneas más recientes e instaladas que se solicitaron junto con el manual, listados de repuestos y componentes desglosados en diagramas BOM.

Figura 19. **Gráfica de equipos Vs tiempo de vida de repuestos**



Fuente: Estrategias de Mantenimiento Planeado Nestlé.

La gráfica muestra el comportamiento de un equipo que tiene 5 componentes (repuestos), que tienen diferente tiempo de vida por eso se planifican 2 mantenimientos como se observa en las líneas punteadas. Cada mantenimiento abarca la mayor cantidad de componentes y no sobrepasa el límite de falla.

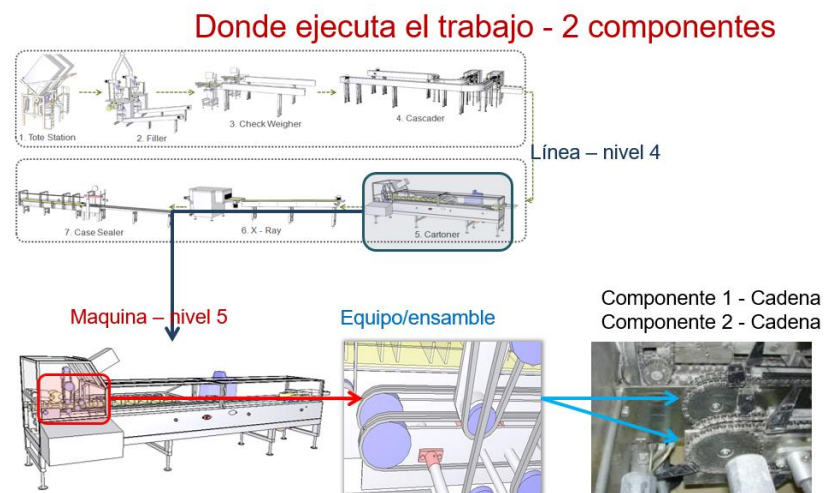
En la gráfica anterior se puede observar un caso común en que los cinco diferentes componentes fallan a destiempo o como se muestra, tienen distinta curva de falla. La combinación del historial con la inspección ayuda a obtener la información necesaria para optimizar el mantenimiento realizando la inspección y posteriormente el reemplazo, lubricación, limpieza u otra actividad que abarque la mayor cantidad de componentes sin dejar intervalos tan grandes, que se produzca una falla entre una inspección y otra.

La implementación de este tipo de mantenimiento en su totalidad requiere de años de inspecciones e historial, además el técnico debe familiarizarse con cada componente de los diferentes equipos de tal manera que se puedan

nombrar y desglosar completamente el equipo para identificar el componente, equipo al cual pertenece, máquina donde está ubicado y línea de producción. La identificación de cada componente debe ser precisa por medio de códigos evitando que se repita algún nombre si se sienten máquinas similares.

El registro de activos tiene que ser lo más específico posible porque de esta manera se puede tener un registro exacto de los repuestos a utilizar y a su vez por medio de la inspección los tiempos de falla. Se debe especificar la línea, máquina, equipo y por último componente a evaluar que en este caso es un ejemplo de mantenimiento a una cadena.

Figura 20. **Estándar de orden de trabajo de mantenimiento(BOM)**



Fuente: Orden de trabajo de mantenimiento planeado, Malher zona 12.

2.1.3.5. 5S

“Las 5s es un método de origen Japonés, el cual permite la clasificación, el orden, la limpieza y estandarización se vuelvan un hábito en el área de trabajo, desarrollando así una cultura laboral.”¹⁴

Este método puede ser utilizado en cualquier área desde el hogar hasta las grandes industrias. Permite organizar las actividades y eliminar desperdicios en tiempo, espacio y materiales. Al organizar las actividades con un orden específico según vayan dependiendo una de la otra se puede ahorrar tiempo al igual que el espacio al eliminar la basura. Por otro lado se puede gastar menos si se tienen solo las herramientas necesarias para realizar las diferentes actividades.

Podríamos definir las 5s como un estado ideal en el que:

- Los materiales o elementos innecesarios se han eliminado.
- Todo se encuentra ordenado e identificado.
- Se han eliminado las fuentes de suciedad.
- Saltan a la vista las desviaciones o fallos.¹⁵

¹⁴ GUTIÉRREZ, F. *Implementación del método de las 5S's en el área de corte de una empresa productora de calzado*. Instituto Politécnico Nacional de México. <https://goo.gl/ECdiyf>
Consulta: mayo 2017.

¹⁵ CABANES, Antonio solé. *Metodología de las 5s*. <https://goo.gl/GrjaLK>. Consulta: mayo 2017.

Figura 21. **5S en Malher**

Aplicación de 5S	
	Oficinas
	Área de producción
	Taller

Fuente: Planta de manufactura, Malher zona 12.

Los pasos de 5S corresponden a *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke*. Traducción del japonés: “organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina.” Cada paso tiene un objetivo y la meta es la funcionalidad de las actividades y eficiencia en los procesos. Un área puede estar ordenada sin ser funcional ni impactar a la eficiencia por lo que estos pasos deben realizarse correctamente pensando en la mejora del proceso y no en algo estético.

Seiri: consiste en eliminar lo que no se necesita. Esto requiere de evaluar que maquinaria, materiales y documentos no se volverán a usar y decidir con respecto a aquellos que se pueden vender, alquilar o simplemente tirar.

Figura 22. **Formato de la fase 1S**

Fase 1-Separar innecesarios	Área:	Equipo:	
Fase	Quién	Cuándo	Observaciones
Preparación			
Definiciones, tareas, ventajas			
Indicadoras, factores de éxito, formatos			
Distribución de áreas			
Acción			
Tomar fotos			
Identificar y listar			
Análisis y mejora			
Decidir innecesarios			
Ejecutar decisiones			
Sacar fotos			
Registrar indicadores			
Normalización			
Instrucción en fichas			
Completar panel			

Fuente: CABANES, Antonio Solé. *Formato de auditoría 5S*. p.9.

Seiton: consiste en ordenar todos los elementos para que los procesos funcionen lo más fluidos posible para que no se pierda tiempo en búsquedas o esfuerzos innecesarios para reducir tiempos de movimiento.

En este paso es importante señalar los caminamientos, o el área de ubicación de cada objeto se puede hacer uso de mantas, letreros y mapas.

Seiso: en este paso se procede a identificar fuentes de suciedad y mitigarlas. Es necesario limpiar todos los objetos, maquinaria y área. Esto ayuda a identificar si algo falta o las cosas que no sirven por falta de limpieza.

Figura 23. **Formato para evaluar fuentes de suciedad**

	Proyecto 5s- Suprimir suciedad	Área Fecha	Equipo	
Marcar x	Fuentes de suciedad	Lugares difíciles	Materiales dañados	Parches
Nº.	Descripción	Cantidad	Dónde	Solución
1				
2				
3				
...				

Fuente: CABANES, Antonio Solé. *Formato de Auditoría de fuentes de suciedad*. p.18.

Seiketsu: en este paso se estandarizan los trabajos proponiendo procedimientos fijos para evitar que se cambien conforme a las personas o circunstancias. Si se realizan varios procesos se deben estandarizar cada uno de ellos junto con las especificaciones de las herramientas necesarias para realizar las actividades.

Shitsuke: el último paso consiste en mantener el ciclo y tener la disciplina de ordenar y limpiar por lo que la herramienta más importante es la auditoría.

Figura 24. Ejemplo de una auditoria de 5s

AUDITORÍA 5S		Área:	Equipo:	Cumplimiento (Excelente, bien, normal, regular, mal)					
		Fecha:		E (4)	B (3)	N (2)	R (1)	M (0)	
Separar innecesarios	Los materiales de desecho y basura están segregados								
	No hay innecesarios en el área								
	Se revisa y gestiona la "jaula" según periodicidad establecida								
	Existen directrices documentadas de esta fase del área y se cumplen								
	Puntuación de la fase (Puntos X 100 / 16)								(A)
Situar necesarios	Los materiales y elementos tienen una ubicación clara								
	Los materiales y elementos están en su ubicación								
	Contenedores estandarizados y adaptados al contenido								
	La ubicación es adecuada ("todo a mano y de forma segura")								
	Identificación general vertical es suficiente (paneles, carteles)								
	Identificación general horizontal suficiente (sombas, pasillos)								
	Los materiales que se deben mover están sobre ruedas								
	Se aplica "Lo primero que entra es lo primero que sale" (FIFO)								
Suprimir suciedad	Existen directrices documentadas de esta fase del área y se cumplen								
	Puntuación de la fase (Puntos X 100 / 36)								(B)
	Las fuentes de suciedad están identificadas y bajo control								
	No hay lugares difíciles de limpiar								
	Los parches están identificados y bajo control								
Señalizar anomalías	El material defectuoso o dañado está identificado								
	Existen directrices documentadas y registros de control de esta fase del área y se cumplen								
	Puntuación de la fase (Puntos X 100 / 20)								(C)
	Se visualizan rangos de trabajo "normales" de materiales								
	Se visualizan situaciones irregulares de ubicación								
Seguir mejorando	Se visualizan puntos críticos de instalaciones y máquinas								
	Existen directrices documentadas de control/señalización del área y se cumplen								
	Puntuación de la fase (Puntos X 100 / 16)								(D)
	Se han planificado las auditorías								
	Se han realizado las auditorías según planificación								
Seguir mejorando	Se ejecutan acciones correctoras de desviaciones								
	Existen directrices documentadas de esta fase del área y se cumplen								
	Se mantiene "vivo" el panel 5S								
	Puntuación de la fase (Puntos X 100 / 20)								(E)
	PUNTAJACIÓN TOTAL (A+B+C+D+E)/5								

OTROS INDICADORES DE AUDITORÍA	
N.º nuevos innecesarios	
N.º elementos sin ubicación	
N.º elementos fuera de su sitio	
N.º elementos sin identificación	
N.º fuentes de suciedad nuevas	
N.º de nuevos parches o material dañado	

Fuente: CABANES, Antonio Solé. Auditoría 5S. p.2

2.1.3.5.1. Diseño para apoyar 5S

Toda modificación en una planta de producción o en cualquier área de la industria debe apoyar la implementación de 5s definiendo un espacio para cada elemento y simplificando los procesos.

Figura 25. **Implementación de 5s en taller de ingeniería**

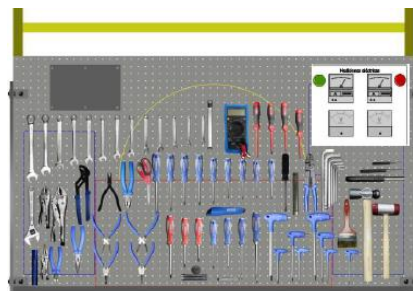


Fuente: Área de Ingeniería, Malher zona 12.

2.1.3.5.2. Organización del almacenamiento de herramienta

El almacenamiento de la herramienta es otro aspecto importante para la aplicación de 5s en área de producción el estándar debe abarcar la organización y clasificación de la misma por uso.

Figura 26. **Estándar de herramienta y ergonomía utilizando en Malher**



Fuente: elaboración propia, utilizando AUTOCAD 2016.

Un método muy efectivo para la organización de herramienta y auditoria de la misma es la utilización de figuras ya que las personas identificamos mejor las imágenes y las asociamos mejor que colocar los nombres de las herramientas esto permite auditar las herramientas porque a simple vista se puede observar la figura de la herramienta que no está en su posición.

Figura 27. **Organización de panel de herramienta Malher**



Fuente: Área de Ingeniería, Malher zona 12.

2.1.3.5.3. Repuestos

La organización de repuestos debe elaborarse conforme a su nivel de uso y tiempo de entrega contra pedido para evitar tener sobrantes o faltantes y representen un activo muerto que no se está utilizando y solamente se gastan recursos en almacenarlos.

La codificación de repuestos es un paso importante en una línea TPM porque permite conocer por medio de un código de 6 niveles el repuesto de cierto equipo perteneciente a la empresa.

Figura 28. Formato para códigos de repuestos Malher.



Código	#empresa-área-máquina-equipo-componente-repuesto
--------	--

Fuente: elaboración propia. utilizando Excel 2016.

2.1.3.6. Poka Yoke

Poka Yoke es una herramienta procedente de Japón que significa “*a prueba de errores*”. “Lo que se busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones ya sean de ámbito humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores.”¹⁶

El diseño para Poka Yoke consiste en que todas las partes de la máquina ya sea para limpieza, mantenimiento o cambio no puedan ensamblarse de una manera incorrecta, es decir que el ensamble solo tenga una forma de realizarlo y se marque la posición a colocar las piezas para que encajen.

¹⁶ POKA YOKE. *Diseño a prueba de errores*. <https://goo.gl/v55nbn>. Consulta mayo de 2017.

Figura 29. **Ejemplo de diseño basado en Poka Yoke**



Fuente: Línea piloto, Malher zona 12.

2.1.3.7. Entrenamiento

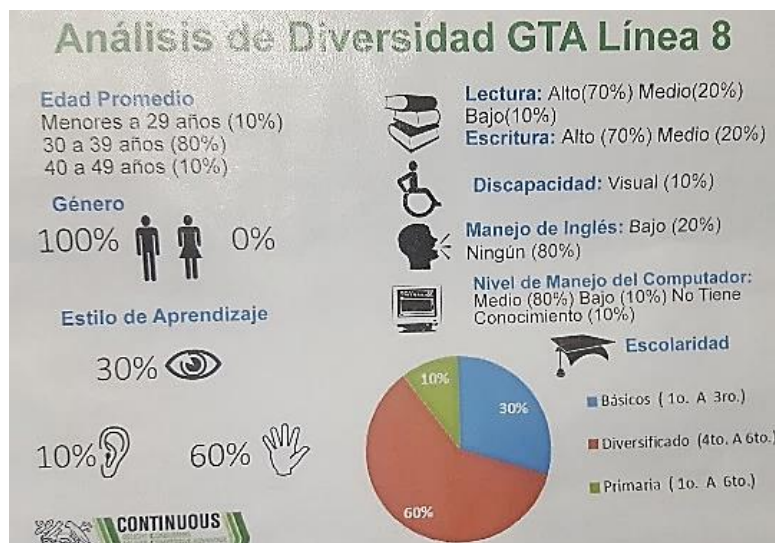
La metodología de entrenamiento en la empresa se da en 4 pasos en donde el entrenador pasa de ser maestro a ser alumno y es uno de los métodos más efectivos en cuanto a enseñanza. Puede ser aplicado en cualquier tema y garantiza el aprendizaje teórico y práctico.

- Paso 1: el maestro explica cómo se hace una actividad mientras la hace y el alumno observa y escucha.
- Paso 2: el alumno dirige la actividad por medio de instrucciones y el maestro las realiza.
- Paso 3: el maestro dirige la actividad diciendo los pasos y el alumno lo realiza.

- Paso 4: el alumno dice las actividades a realizar y las hace. El maestro observa.

En cada paso del entrenamiento puede haber retroalimentación dependiendo de la persona y se realizan estudios de aprendizaje de los equipos para que la capacitación sea más personalizada y se tomen en cuenta las diferentes formas de aprendizaje de las personas

Figura 30. **Análisis de diversidad Malher**



Fuente: Manual de Coaching, Malher-Nestlé.

La importancia de los estándares impacta tanto en producción como en diseño, pero igualmente impacta en la capacitación. Esta metodología difícilmente se podría aplicar si no se tuviera un estándar de procedimientos operativos definido para poder compartirlo.

2.2. Localización de planta

La localización de una planta es tan importante para su éxito como la selección de un buen proceso. Debe estudiarse cuidadosamente no sólo la mayoría de los factores tangibles como las disponibilidades de mano de obra y las fuentes de materia prima, sino también, un gran número de factores intangibles que son más difíciles de evaluar. La selección de una planta debe basarse en un estudio muy detallado en el que deben tomarse en cuenta todos los factores tanto como sea posible.¹⁷

Su importancia radica en que no es flexible para modificarse, es por eso que es importante evaluar todos los riesgos presentes y futuros de la localización

Pasos Críticos para una localización:

- Confirmación de los elementos críticos de mercado: volumen, localización, geográfica, precios, competencia, calidad requerida, etc. Análisis, evaluación y selección de tecnología.
- Desarrollo de la logística del proyecto estimación de capital, elementos de costos, distribución, fletes, costo de mano de obra, servicios, etc.
- Análisis y selección de localización, en función de aspectos técnicos, de mercado, etc.
- Evaluación económica y justificación del proyecto.¹⁸

Otro factor que es importante es la descentralización, esto ayuda a evitar congestionamientos en procesos y a no depender de una sola área. La descentralización puede ser influenciada por el tránsito, los índices de violencia, población, etc.

El canal de distribución debe evaluarse por ejemplo si un producto va a ser exportado debe evaluarse la localización con respecto a la logística de exportación o importación dependiendo de la naturaleza del negocio.

¹⁷ Localización de la planta.

<http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/INGPlantas/03.pdf>. Consulta: mayo 2017.

¹⁸ Ibid.p.4

Figura 31. Factores determinantes en la localización

Esquema	Aplicación a localización Malher
	Físicos: Ubicación en zona industrial, cerca de zonas francas con suministro de recursos, naturales y energía.
	Económicos-Políticos: Permisos de ingreso y tránsito de transporte pesado en el área.
	Demográficos: Cerca de Universidad pública brinda oportunidad de prácticas y permite integrar mano de obra calificada y no calificada. Mercado objetivo dentro de su zona de producción.

Fuente: Manual de inducción, Malher.

2.2.1. Áreas requeridas

“El diseño de la planta involucra todos los espacios físicos que van a requerir para la producción, actividades de servicio, administrativas y cualquier otra que sea requerida por disposiciones comunitarias, contractuales, medioambientales y legales, así como las instalaciones y equipos que van a ser utilizados por la empresa”¹⁹

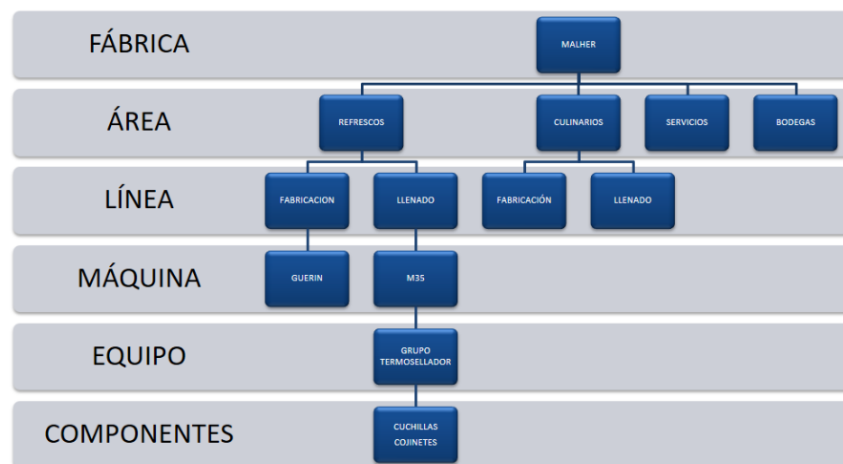
Para la organización de corporaciones es importante que tenga el mismo esquema de jerarquía para una mejor organización y control. En este caso que se trabaja para plantas de manufactura de alimentos la distribución organizacional se da de la siguiente manera:

¹⁹ Plantas industriales 2012.p 52.

2.2.2. Aspectos de distribución

Para la organización de corporaciones es importante que tenga el mismo esquema de jerarquía para una mejor organización y control. En este caso que se trabaja para plantas de manufactura de alimentos la distribución organizacional se da de la siguiente manera:

Figura 32. **Áreas requeridas para codificación de todos los activos de la planta**

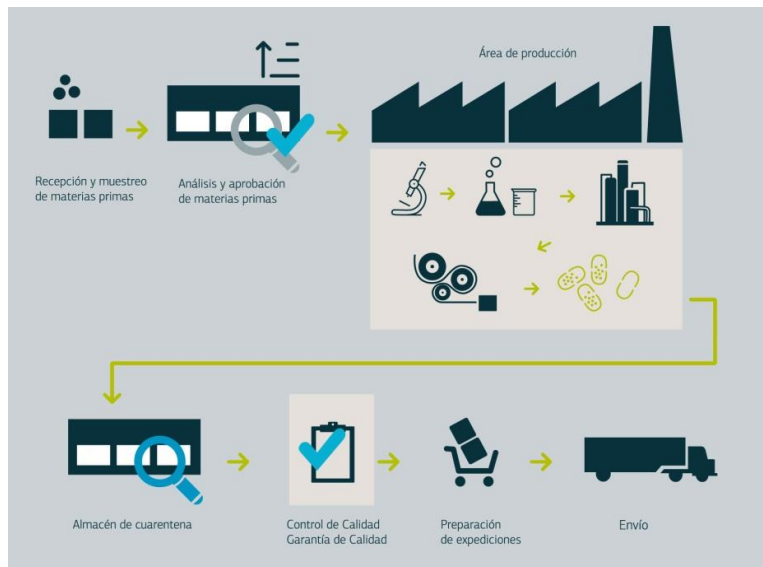


Fuente: elaboración propia.

2.3. Proceso productivo

De forma general el proceso comprende la recepción de materia prima, análisis y aprobación del producto, empaque, embalaje, aprobación y distribución. En la empresa solamente se empaqua la materia prima no se produce por lo que se las líneas de producción están en una sola área y materia prima comprende un área unida.

Figura 33. **Esquema del Proceso productivo Malher**



Fuente: Proceso Productivo, Grupo Juste, salud e innovación desde 1922. (2014).
<http://www.grupojuste.com/actividad-industrial/proceso-productivo/>. Consulta: 8 de mayo de 2017.

2.4. **Planeamiento de la capacidad**

La empresa tiene gran capacidad tanto de espacio como de volumen de producción. Cuentan actualmente con un aproximado de 35 líneas de producción abasteciendo los diferentes productos.

Actualmente la empresa Malher emplea en total a 1061 personas que trabajan en turnos que cubren las 24 horas del día. Se estima que de la capacidad de espacio en planta cubren un 65% por lo que tienen un margen bastante holgado para seguir creciendo en productos y líneas de empaque.

“En cuanto a las líneas de producción tienen la política de comprar equipos nuevos cuando los actuales ocupan un aproximado de 75% de la capacidad instalada.”²⁰

2.5. Plan de distribución sistemático

Los principios básicos de la distribución de planta son:

- Principio de la satisfacción y de la seguridad. A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.
- Principio de la integración de conjunto. La mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
- Principio de la mínima distancia recorrida. A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.
- Principio de la circulación o flujo de materiales. En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales. Hay que evitar los cruces y las interrupciones.
- Principio del espacio cúbico. La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.
- Principio de la flexibilidad. A igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.²¹

El objetivo de una planeación sistemática es determinar cuál es la mejor opción con respecto a la distribución de las áreas de trabajo en espacio,

²⁰ TORRES, R. Elsa. *Los primeros 50 años de Malher*. Publicación por Industria Alimentaria. Artículo febrero 2008.

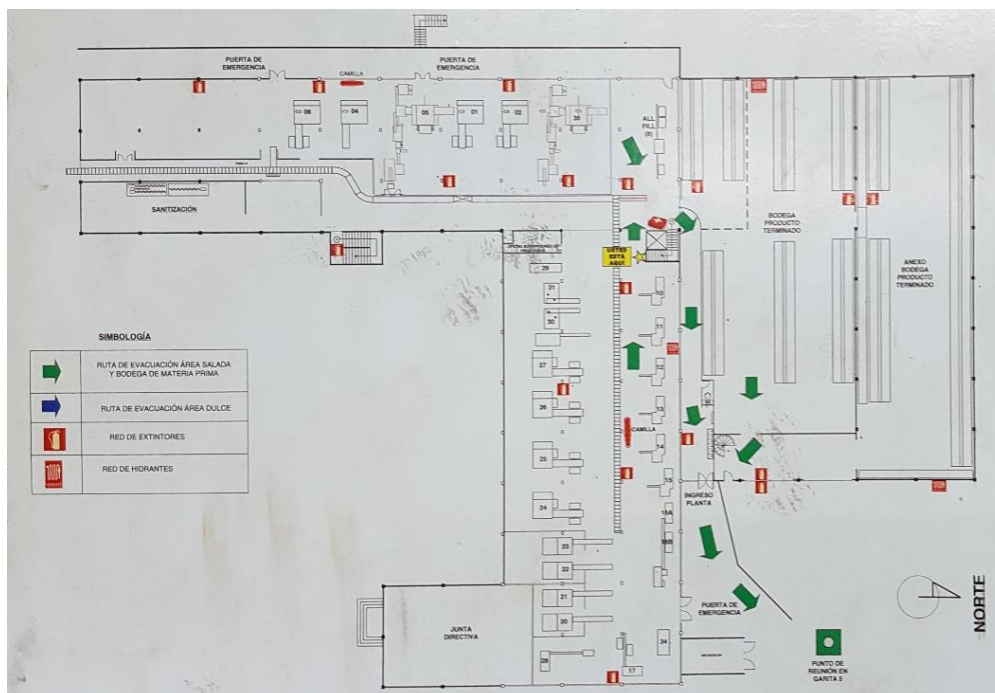
²¹ NAVARRA. *Distribución de Planta*. n.d.
<http://www.ingenieriarural.com/AsignaturaProyectos/Tema 5.pdf>.p.14. Consulta: mayo 2017.

seguridad, flujo, tecnología, higiene y otros aspectos que dependen de la empresa o institución. La metodología consiste en prever todos riesgos, defectos o problemas futuros que se puedan presentar en un proyecto incluso las posibles modificaciones y expansión deben evaluarse en una planeación.

2.6. Distribución de planta

La planta se conforma en 2 áreas principales que son dulces y culinarios en las que se distribuyen al menos 35 líneas de producción. La empresa aprovecha los niveles de construcción para aprovechar el espacio por lo que se tienen 4 niveles en los que se organiza la materia prima, el área de abastecimiento a tolvas y en el último nivel se organizan las líneas de empaque.

Figura 34. Distribución de manufactura Malher

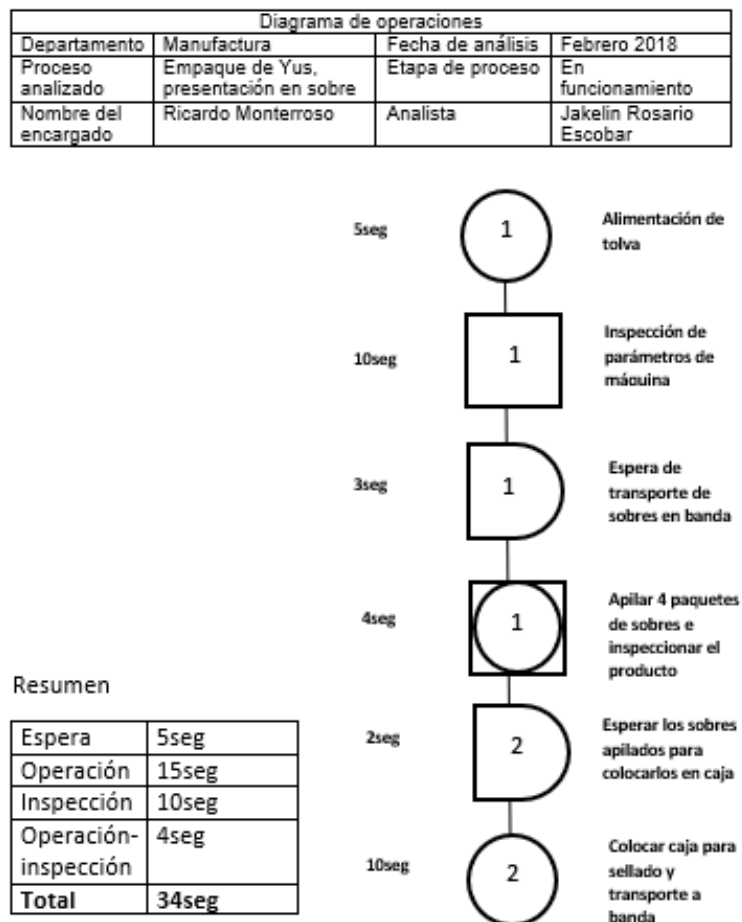


Fuente: Área de Manufactura, Malher zona 12.

2.6.1. Diagrama de operación

Los diagramas de operación son muy parecidos entre las áreas ya que toda la empresa trabaja solamente con líneas de empaque y no de producción. a continuación, se presenta un ejemplo del proceso de empaque de refresco en polvo:

Figura 35. Ejemplo de diagrama de operaciones

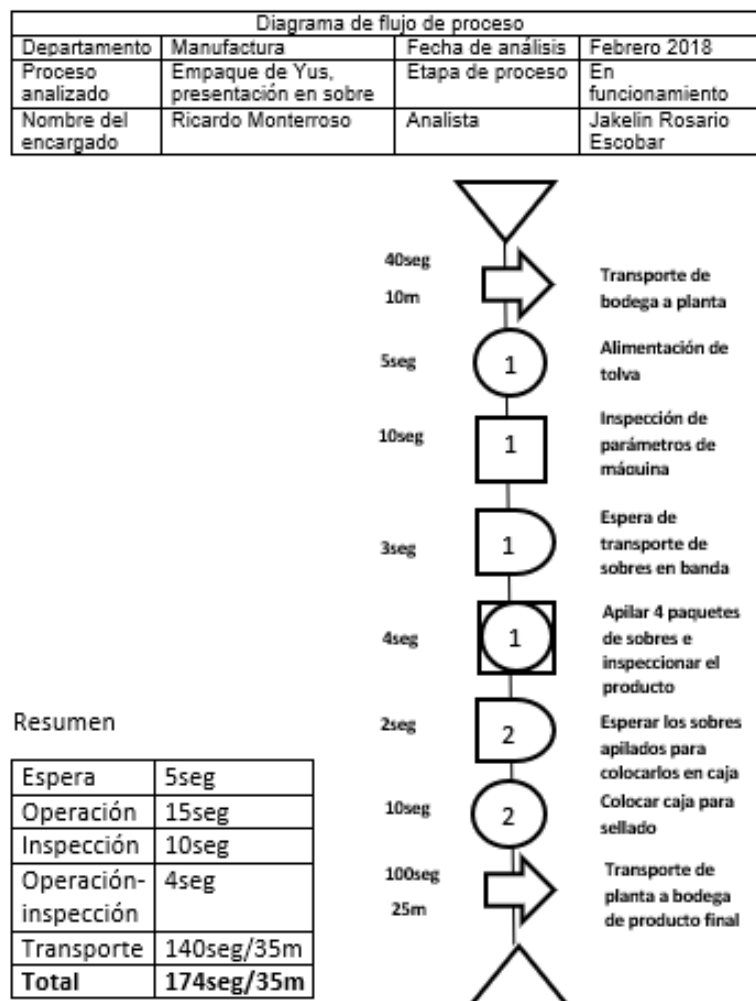


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

2.6.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo de ejemplifica los procedimientos del proceso de producción desde el almacén de materia prima hasta el transporte hacia bodega de producto terminado de refrescos en polvo.

Figura 36. Ejemplo de diagrama de flujo

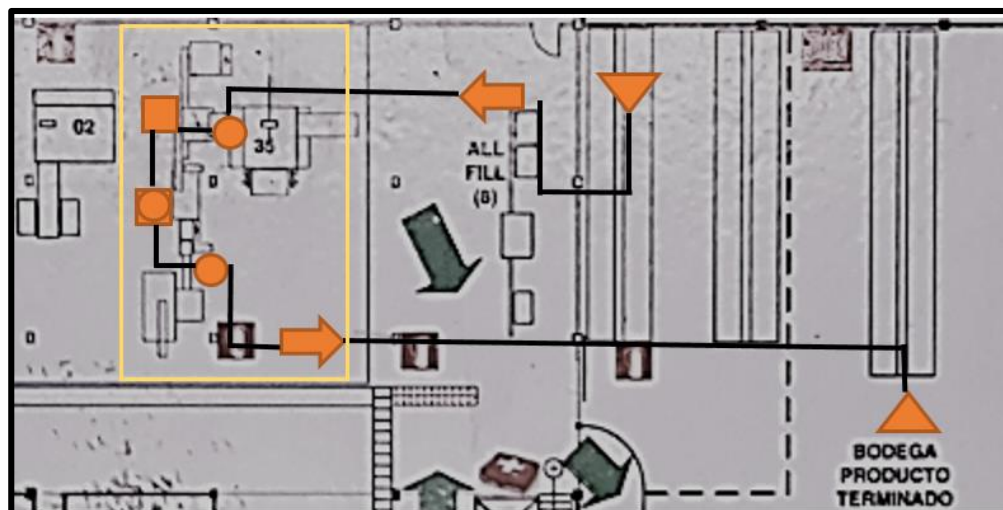


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

2.6.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido es el complemento de los diagramas anteriores y muestra las operaciones que se realizan dentro de la planta. Este diagrama representa el proceso de empaque y embalaje de refresco en polvo en la empresa.

Figura 37. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2016.

2.7. Descripción del producto y empaque

En la planta de producción se empacan los productos con diferentes materiales según su naturaleza y propósito.

2.7.1. Producto

Entre los productos propios de la empresa se encuentran los que se observan en la imagen. Sus productos básicos son leche, café, chocolates, dulces; sin embargo, se han diversificado al adquirir varias empresas.

Figura 38. Productos Nestlé



Fuente: <https://goo.gl/KweN6W>. Consulta: mayo de 2017.

Entre los productos de leche en polvo tienen una amplia gama de productos actualmente de su marca como de otras marcas reconocidas que han sido adquiridas por la corporación.

Tabla X. **Productos de leche en polvo**

Leche entera	Leche entera	Leche deslactosada, sin lactosa
		
Leche descremada, sin grasa	Leche entera	Leche entera
		

Fuente: elaboración propia.

2.7.1.1. Características

La leche en polvo es muy valorada por sus beneficios sobre la leche convencional. Una de las características más valoradas de la leche en polvo es su duración ya que se conserva por mucho más tiempo que en otros formatos. Otra característica es que no pierde sus propiedades al abrirse como lo hace la leche líquida. La leche en polvo conserva más nutrientes por su concentración sobre todo de proteínas y calcio.

Con respecto a las vitaminas la leche en polvo y la leche líquida mantienen sus niveles similares. Al agregarle leche o hidratarla de nuevo tiende a ser como la leche líquida que conocemos.

Tabla XI. **Características de productos Nestlé**

Diversificación	«la alimentación es una cuestión local». Adaptan los gustos de cada región y ofrecen un producto personalizado. Por ejemplo: presentaciones de sabores tradicionales como horchata y Jamaica en regiones latinas.
Etiqueta	Comprende tres elementos: Es bueno saber, que ofrece datos sobre el contenido nutricional. Es bueno recordar, que ofrece consejos sobre cómo cocinar y llevar una dieta y un estilo de vida saludables. Es bueno informarse, que invita al consumidor a llamar a los equipos de Servicios al Consumidor o conectarse a sus sitios web.
Marca	Nestlé cuida la integridad de las marcas por lo que no modifica una marca sólida como Malher al adquirirla para evitar confusión.
Nutrición	Se ha enfocado en reducir componentes como grasas, calorías, azúcares y sal en sus recetas.
Accesibilidad	Sus productos tienen rangos accesibles para todo tipo de mercado.

Fuente: elaboración propia.

2.7.1.2. Requerimientos

El manejo de alimentos es un área muy delicada por lo que el proceso de dosificación y empaque debe contar con ciertas áreas para garantizar una producción higiénica que son:

- Aduana de ingreso.
- Módulo de higiene media para el abastecimiento de materia prima
- Módulo de higiene alta para el llenado y empaque

La aduana de ingreso es un sector donde los operarios se aseguran de su higiene personal y equipo de protección antes de ingresar al área de fabricación o llenado del producto.

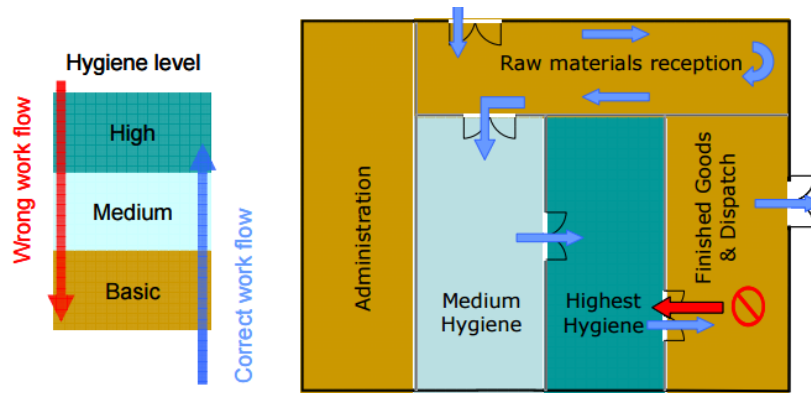
El módulo de higiene media tiene el riesgo de contaminación de materia prima y materiales por empaque abierto. Las recomendaciones para esta zona son que el personal debe estar entrenado de acuerdo con los requisitos de higiene. No se permite usar accesorios ni el cabello descubierto y se debe ingresar con ropa protectora. Es importante la limpieza frecuente, el lavado de manos y cumplimiento de normas de higiene personal.²²

Las recomendaciones de diseño de un módulo de higiene media son: evitar colocar vidrios que puedan romperse, diseñar con espacios ocultos para que la suciedad o plagas puedan esconderse o se tenga un acceso difícil para la limpieza. Diseñar con esquinas redondeadas y procurar la drenabilidad del área. No deben existir grietas en las paredes o en los pisos y la limpieza de manos es prioritaria.

Para el módulo de higiene alta se necesita que el área sea hermética utilizando empaques y selladores. Se debe ingresar con ropa de protección, lavado de manos, cabello cubierto e inclusive calzado especial desinfectado. Se tienen controles estrictos de desinfección y limpieza. En una zona de higiene alta es prohibido el uso de maderas como *pallets* u otro objeto que sea antihigiénico. El flujo del aire debe ser hacia afuera y esta zona debe ser de mayor presión.

²² Buenas Prácticas de Higiene. <https://goo.gl/aZ3zta>. Consulta: junio 2017.

Figura 39. Flujo de zonas de higiene



Fuente: *Buenas Prácticas de Higiene*. <https://goo.gl/aZ3zta>. Consulta: mayo 2017.

En la imagen se muestra que el proceso debe ir de una zona de higiene básica (amarillo) a una zona alta (celeste) y no al revés.

2.7.2. Empaque

Es un recipiente de estructura flexible como bolsas, costales y *big-bags* elaborado en uno o varios materiales, con o sin impresos gráficos, para la exhibición y promoción de uno o varios productos líquidos, sólidos o gaseosos, estando o no en contacto directo con el contenido, destinados a la distribución comercial y facilitación al usuario final. Para algunos productos el empaque se constituye en embalaje.²³

²³ *Características de empaques*. <http://asig-empaques.blogspot.com/2008/09/empaque-conceptos-bsicos.html>. Consulta: mayo de 2017.

Figura 40. **Tipos de empaque utilizados para leche**

	Lámina coextruida de Polietileno con 9 capas
	LDPE (Polietileno de baja densidad)
	LDPE pigmento blanco y negro
	Adhesivo
	EVOH (etileno vinílico)

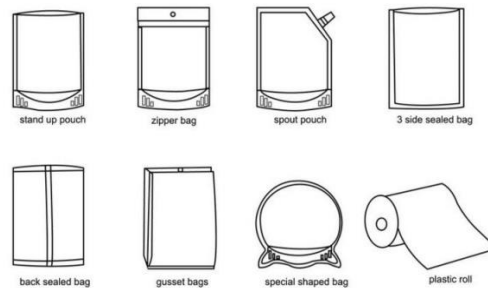
Fuente: elaboración propia.

2.7.2.1. **Clasificación**

Los empaques pueden clasificarse por el tipo de producto, por su tamaño, por el mercado objetivo, etc. Los empaques para la industria alimentaria aparte de promocionar la marca tienen el propósito de proteger el producto es por eso que se utilizan ciertos materiales que evitan que el producto se contamine.

El empaque y embalaje difieren en el propósito de utilización. El embalaje se utiliza para el transporte del producto y el empaque es el que se utiliza para llamar la atención del cliente con la marca y brindar la información importante del producto.

Figura 41. **Tipos de empaques que maneja Nestlé**



Fuente: <https://goo.gl/NnFe6j>. Consulta: abril de 2018.

2.7.2.2. Estilo

El estilo de empaque puede variar dependiendo de las limitaciones del producto así serán las limitaciones de empaque. No existe una sola manera de empacar leche actualmente se utilizan plásticos, aluminios, cartones ya que el producto lo permite, sin embargo, el estilo debe mantenerse sin perder la funcionalidad del empaque que muchas veces es utilizado como envase, es decir, tiene contacto directo con el producto.

Figura 42. **Formas de empaque utilizados en Nestlé**



Fuente: <https://goo.gl/Su6DpL>. Consulta: abril de 2018.

2.7.2.3. Contacto con el producto

Distintos materiales pueden utilizarse en contacto los alimentos excepto los materiales que desprenden olor, color o sustancias toxicas al alterarse sus condiciones normales de temperatura como ciertos plásticos. Debe evitarse utilizar materiales reciclados que no estén debidamente tratados para poder tener contacto con alimentos.

2.7.2.4. Uso en la maquinaria

La maquinaria que se utilice para el empaque y envase de productos debe utilizarse con medidas de higiene altas además el proceso de dosificación debe realizarse en un ambiente libre de contaminación evitando que los empaques tengan contacto con microorganismos que alteren el producto.

Tabla XII. **Desinfectantes de grado alimenticio para equipos**

Componente	Uso
Betelene Cleaner de baja formación de espuma Ph:11,5	Pisos
Betelene F3, neutro	Acero inoxidable, aluminio, galvanizado de equipos
Quaside MC-71-SF, desinfectante y fungicida	Limpieza de mantenimiento mayor

Fuente: Ficha técnica de Betelgeux. Vía web: <https://goo.gl/MBoMZt>. Consulta: abril de 2018.

2.7.2.5. Material

“Los envases deben ser inertes. Los materiales de empaques y envases no deben ceder al contenido ninguna sustancia extraña que implique daño a la

salud del consumidor o que modifique las características organolépticas del alimento. Esto se refiere a la seguridad toxicológica del material del envase.”²⁴

Tabla XIII. **Estándar de materiales en contacto con alimentos**

Componente	Restricción
Adhesivos de láminas de LDPE	Bisfenol A
Polietileno	Oligómeros Acetaldehído Trióxido de antimonio
Poliestireno	Max. 0,3 mg/kg en alimentos
Policlorato de vinil	No detectable en alimentos
Reciclados	No en contacto directo a los alimentos
Solventes residuales en laminados	2mg/m ²

Fuente: Nestle Standards on Materials in Contact with Food. 2013.

2.7.2.6. Impresión

La impresión de los empaques debe ser de la mejor calidad de manera que se pueda preciar de una manera organizada el logo, los datos nutricionales y los códigos de lote y fechas de vencimiento como parte de la calidad.

La imagen del producto es importante porque si su presentación es buena ofrecerá mejor apariencia en el punto de venta y puede ser una razón de preferencia de los clientes.

²⁴Características de envases para alimentos.
<http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/DIC/Etienne.PDF>. Consulta: mayo de 2017.

Tabla XIV. **Estándar de tinta e impresión de empaques en contacto con alimentos**

Uso de impresión	Especificaciones
Tinta de impresión exterior	Libres de metales pesados o identificados como cancerígenos como Rodamina.
Tinta de impresión interior o contacto directo con producto	Anjet 2040G, glicerol menor al 5%, colorante amarillo FDA menor al 5%.
Impresión Ink jet	Anjet 2040R, agua mayor al 60% , amarillo y rojo FDA menor al 5%.

Fuente: *tintas de grado alimenticio aprobadas por Nestec*. <http://mylangroup.com/portfolio-view/food-grade-inkjet-inks/>. consulta: abril de 2018.

2.7.2.7. Rendimiento

El rendimiento del empaque puede variar dependiendo del material y el propósito. El empaque puede ser desechable o reciclable y actualmente por las nuevas tendencias de funcionalidad en los empaques estos pueden ser reutilizables o tener diseños que permitan cerrarse después de abiertos como por ejemplo las bolsas *Ziploc*. Para establecer un nuevo empaque se tienen que evaluar ciertos criterios como un estándar para todos los productos Nestlé.

Tabla XV. **Criterios para desarrollo de empaques**

Tecnología	• Uso nuevo y/o inteligente de los materiales • Nueva integración de tecnología • Configuración y/o montaje creativo • Mayor eficiencia de producción y/o distribución
Envase responsable	• Uso responsable de los materiales • Consumo eficiente y limpio de energía • Reducción de residuos de productos y Empaques • Mayor bien para todos
Mejor experiencia del usuario	• Responde a una necesidad del usuario y/o proporciona una experiencia avanzada • Colabora en la promoción del producto y motiva la compra • Facilita el acceso al producto • Establece una ecuación precio/valor privilegiada

Fuente: *Criterios para premio Dupont en empaques*.<http://www.dupont.mx/industrias/food-beverage.html>.Consulta: mayo de 2018.

2.7.2.8. Consideraciones ambientales

Por estética muchos fabricantes utilizaban materiales que dañaban al ambiente, sin embargo, actualmente la tecnología permite realizar empaques biodegradables o reciclables sin perder su forma o estética.

La consideración ambiental incluso es un símbolo de estatus en las empresas de alimentos y brinda confianza a los consumidores de ser una empresa comprometida con el medio ambiente.

Tabla XVI. **Consideraciones para elección de empaques**

1	Peso y volumen lo más bajos posibles
2	materiales y procesos que reduzcan el impacto ambiental
3	Evitar usar sustancias que impacten negativamente al ambiente durante su producción o desecho
4	Disminuir desechos por empaques y embalajes con estándares rigurosos de fabricación
5	Utilización de materiales reciclables
6	Reciclabilidad de empaques y embalajes
7	Compatibilidad de empaques y embalajes en los sistemas de manejo de desperdicios

Fuente: elaboración propia.

2.8. Selección de equipos y tecnología

La selección de equipos se realiza dependiendo de la demanda esperada y se planifica según la capacidad de la máquina. Algunos proyectos de automatización se han realizado conforme a los requerimientos de seguridad, otros por requerimientos de calidad y luego se han realizado adquisiciones de equipos que permiten trabajarlos con un número menor de operarios ahorrando en mano de obra.

Tabla XVII. **Automatización de líneas de empaque**

	Automatización de apilado de sobres y protección de engrapadora para cumplir con cero accesos.
	Sistema automatizado de rechazo de tapas sin <i>liner</i> para mejora en calidad de taponadora
Automatización de empaque de sobres de condimento antes/después	
	

Fuente: Área de manufactura, Malher zona 12.

3. DISEÑO Y CÁLCULOS

3.1. Información del equipo

Los aspectos del equipo como: dosificación, llenado, empaque, codificación y demás deben de definirse para la elección de la maquinaria ya que rige el proceso de producción y permite planificar la mano de obra y la capacidad.

Figura 43. **Equipo para módulo de llenado de leche**

Máquina	Especificaciones	Detalle
 Llenado vertical automática CPBP1-6848	Máximo ancho de rolo de empaque	680mm
	Tamaño de bolsa	(100-480) * (180-320) Largo*ancho
	Materiales de empaque	OPP/CPP;OPP/PE;PET/PE;PE
	Volumen	600ml
	Velocidad de empaque	5-50 bolsas/minuto
	Exactitud de llenado	± 1%
	Consumo de aire	12 CFM y 0,65 Mpa
	Voltaje	220 VAC/60Hz
	Potencia	5KW
	Dimensiones	1780 mm largo *1350 mm ancho *1950 mm alto
	Peso neto de la máquina	900 kg
	Vida útil	6 años
	Control de PLC	Pantalla táctil
	Sistema de llenado	Sevo motores, FSS
	Autocentrado de papel de empaque	Diseño de fácil limpieza y acceso a limpieza
	Seguridad	Interlock de estructura y contraseña

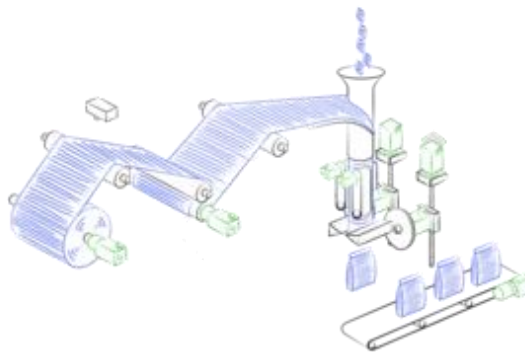
Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Llenado

“El proceso de llenado comprende la dosificación y la alimentación del producto en el envase. Este proceso puede ser automático, semiautomático o manual. La máquina llenadora debe poder abrir el empaque, dosificar, alimentarlo y sellarlo de manera que el producto pueda ser despachado.”²⁵ Cada uno de estos movimientos puede ser automático o bien puede intervenir el operario en ciertas operaciones.

La ventaja del llenado automático es que se evita el contacto del operario con el producto, la intervención del operario en este proceso requiere de un alto nivel de higiene por lo que la naturaleza del producto obliga a evitar cualquier contacto con el operador que pueda afectar la inocuidad del producto.

Figura 44. **Proceso de llenado y empaque vertical**



Fuente: <https://goo.gl/mvg773>. Consulta: abril de 2018.

²⁵ Alfaro, R. E. (2011). *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doypack*. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas.” Consultado de: file:///C:/Users/Rosario/Downloads/disen%C3%B3_de_modelo_de_maquina_empacadora_de_bolsas_prefabricadas_tipo_doypack

3.1.2. Tipo de llenado

El tipo de llenado ideal en productos alimenticios como este es el automático donde la intervención del operario es poca o nula a menos que se trate de establecer y monitorear parámetros de la maquinaria o calidad del proceso y producto.

El área para el proceso de llenado debe establecerse como una zona de higiene alta donde el operario no tenga contacto constante con el exterior y permita monitorear el proceso.

Figura 45. Llenado automático

Llenado actual Área dulces (manual)	Llenado propuesto (automático) FSS
	
Los operarios colocan la bolsa y poseen una pesa para evaluar contenido antes de sellar manualmente.	Por sus siglas en inglés FSS (<i>filling, shaped, sealing</i>): conformado, llenado y sellado automático.

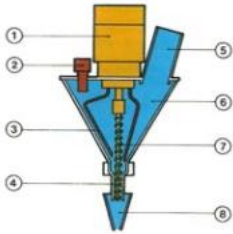
Fuente: <https://goo.gl/DS44Cz>. Consulta: abril 2018.

3.1.3. Salida del llenador

La salida del llenador es donde la materia prima tiene contacto con el ambiente directamente y es colocado en el empaque. Debe poseer una boquilla

que permita el paso libre del producto, de fácil limpieza y que evite el esparcimiento del producto fuera del envase por lo que el control de velocidad del llenado y volumen a través de servomotores es crítico. Esto permite reducir la cantidad de atmosferas de polvo provocadas por el esparcimiento del producto y evita la manipulación para limpieza en el área de llenado.

Figura 46. **Llenador**

Esquema de Componentes principales	Especificaciones Equipo Propuesto
 1.- Mecanismo accionamiento 2.- Nivel de control 3.- Removedor 4.- Tubo dosificador 5.- Entrada producto 6.- Tolva 7.- Tornillo dosificador 8.- Embudo caída	1. Motor con variador electrónico de velocidad
	2. Sensor de nivel y control electrónico de dosificación ajustable para recibir correcciones de peso.
	4. Válvula de cierre para evitar desprendimientos de producto.
	5. Boquilla acero inoxidable 316L, acabado Ra $\leq 0,4 \mu\text{m}$. Punta plana.
	Equipo de Acero inoxidable • AISI 304 • Acabado superficial interno Ra $\leq 0,8 \mu\text{m}$ • Acabado superficial externo: pulido brillante

Fuente: Sistema de Llenado CPBP1.Ficha técnica.<https://goo.gl/jJuw8p>. Consulta: abril de 2018.

3.1.4. Sistema de dosificación

Para seleccionar el tipo de dosificador se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Naturaleza del producto
- Precisión deseada

El sistema de dosificación depende del tipo del producto que se va a trabajar por lo que es importante evaluar las características del producto que puedan afectar el proceso o los equipos. Las características se pueden evaluar con base en el aspecto, textura, propiedades físicas y químicas del producto.

Tabla XVIII. **Características del producto en el proceso de llenado**

Tabla I.

Polvo soluble de leche entera pasteurizada secada por aspersión.	Leche Instantánea entera en polvo	Sensibilidad a humedad y peligro de electricidad estática e ignición.	Necesario ambiente libre de polvo	Control de temperatura y humedad.
PRODUCTO		Producto pulverulento de difícil deslizamiento	Uso de nitrógeno en llenado	Libre de partículas extrañas e impurezas

Fuente: Hoja técnica de producto, Malher.

Los tipos de dosificación pueden ser: volumétricos, gravimétricos, de tornillo sin fin, por pistón, o por gravedad, presión y vacío; los últimos son comúnmente utilizados en líquidos. Para el llenado de polvos o productos que se trabajen bajo partículas que su desplazamiento es difícil porque tienden a compactarse o variar en su homogeneidad se utiliza un tornillo sin fin que facilita el desplazamiento del producto.

El sistema de tornillo debe funcionar con servomotores que funcionan regulando la velocidad y posición, esto garantiza el peso establecido para el llenado del producto y provee una mayor precisión en el proceso.

La planta tiene la ventaja de trabajar en varios niveles por lo que el sistema de dosificación diseño debe poder estar estructurado de una manera vertical en la cual la tolva de alimentación esté colocada en el nivel superior a la

máquina. Paralo cual se recomienda una dosificadora para productos en polvo basada en dosificación mediante tornillo que puede ajustarse a la envasadora vertical.

Tabla XIX. **Sistema de dosificación**

SINFIN ITSH-SDM-2000G	Características
	Potencia: 2,4KW
	Alimentación: 380VAC, 50Hz.
	Neumática: 90psi, 12 CFM.
	Rango de pesado: 10-2 000g
	Precisión: ≤1% para 10-500g, ≤0,5% para >500g
	Producción: ≤80 pesadas/min (según producto y pesos)
	Terminación: acero inoxidable AISI 304
	Dimensiones: 1 060 (largo) x 750 (ancho) x 1 200 (alto)
	Peso: 220Kg
	Núcleo de control: PLC

Fuente: *Catálogo Soluciones de Envasado PYMAR*. <https://goo.gl/YEF8Dk>. Consulta: abril de 2018.

3.1.5. Codificación

La codificación es un punto de control de la calidad del producto, no debe ir ningún empaque sin codificación para lo cual se debe utilizar la mejor tecnología que evite este tipo de defectos. Las impresoras no son parte de la maquinaria que comprende el llenado del producto en sí, pero deben tomarse en cuenta para el diseño y conocer aspectos como la procedencia de la tinta y el proceso para evitar contaminación del producto o defectos.

La tecnología “continuos Ink jet”, *Traducción “Flujo de tinta continuo”* es una opción adecuada para codificación de empaques porque permite imprimir

continuamente por medio de un sensor que capta una marca en el empaque para imprimir en la posición adecuada continuamente y con gran precisión.

Tabla XX. **Características codificador**

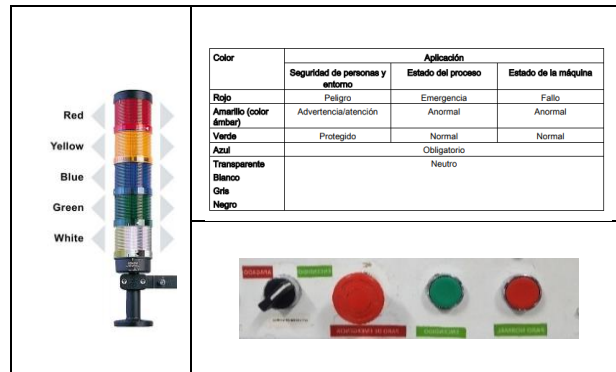
Codificador 9042 IP65	Especificaciones
	Estándar de protección IP65
	8 líneas máximo de impresión
	velocidad de impresión; 5,5 m/s
	Ajuste automático de la presión de la tinta (control de velocidad del chorro) garantiza calidad de impresión.
	Acero inoxidable y cabina de fácil acceso a limpieza.
	Fuente de alimentación eléctrica: 100-120 V o 200-240 V con conmutación automática; frecuencia 50/60 Hz
	Accesorios
	• Varios soportes de cabezales de impresión • Cubierta de la cabeza de impresión de acero inoxidable • Fotocélula • Codificador • Alarma

Fuente: Ficha técnica Marken-Imaje.<https://goo.gl/JFE1cK>. Consulta: abril de 2018.

3.1.6. **Marcado de la máquina**

Todas las plaquetas de la máquina deben estar en español excepto por las señales “Stop, Reset y Start”, *Traducción “Paro, Reinicio y Arranque”*. Deben estar bajo códigos de color siendo: paro (rojo), arranque (verde) y reinicio (azul).

Figura 47. **Ejemplo de código de color botoneras y alarmas**



Fuente: *Manual de referencia de equipamiento eléctrico Siemens*. www.Siemens.com. Consulta: abril de 2018.

3.1.7. Otros requerimientos de la llenadora

- Todos los enclavamientos de seguridad deben instalarse de tal forma que no se produzcan movimientos mecánicos por la rotura y restauración de la electricidad y el aire comprimido.
- Los enclavamientos (interlocks) de seguridad deben ser del tipo “magnético”, la puerta debe ser totalmente transparente de manera que todo el proceso del equipo sea visible.
- Un motor no puede reiniciarse automáticamente después de una falla
- El equipo debe detenerse en una forma estable
- Una falla de energía o variación de la fuente de alimentación no debe crear una situación peligrosa.

- Todas las piezas móviles que puedan causar una lesión deben estar protegidas y doblemente bloqueadas con tornillos mecánicos y tuercas.
- Se debe proporcionar un “Mapa de seguridad” con la documentación que muestre todas las desconexiones de seguridad y características de seguridad del equipo (sobrecorriente, relés, válvulas de seguridad de presión, sensores de temperatura).
- El sistema neumático de la máquina debe ubicarse en un área de fácil acceso y mantenimiento.

3.1.8. Requerimientos de servicio

Agregado a los requerimientos de diseño, el servicio de la máquina debe ser evaluado y calificado previo a su adquisición. Existen criterios bajo los cuales se establece que el equipo va a desempeñar su trabajo adecuadamente y esto represente una inversión de la cual se pueda obtener beneficio futuro.

Tabla XXI. **Pruebas de aceptación de equipo**

Criterio	FAT(Pruebas en la empresa distribuidora)	SAT(prueba en sitio de montaje)	Aceptación (3 meses después de montaje)
Eficiencia	N/A	90%	95%
Desempeño	N/A	60%	81%
Paro planeado	N/A	13	13
Confiabilidad técnica	N/A	N/A	98
Desperdicio de empaque	N/A	0.5%	0.5%
Desperdicio de producto	N/A	5%	5%
Total de desperdicios	N/A	1.5%	1.5%
Número de operarios	N/A	2	2

Fuente: Manual de Pruebas FAT Netstlé.

Los requerimientos de servicio se pueden establecer previo a la adquisición de la maquinaria, luego de la instalación y al iniciar pruebas y

finalmente 3 meses después de su adquisición para asegurarse que cumple con los parámetros establecidos, represente ganancias para la empresa y no altere los estándares de producción.

La imagen anterior muestra los factores a evaluar que son: eficiencia, desempeño, tiempo estimado de paro, pérdidas de material de empaque o producto, confiabilidad técnica, y otros.

3.2. Sistema eléctrico y automatización

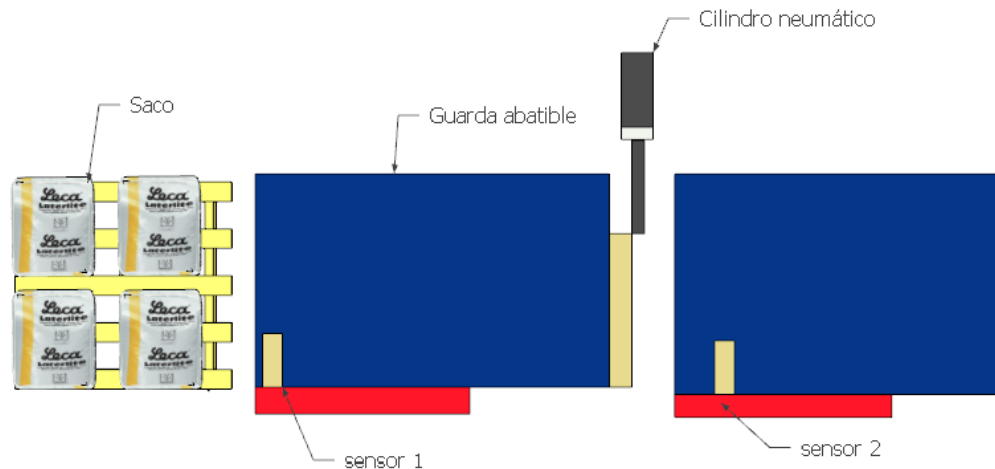
El Sistema eléctrico y la automatización en la instalación de una nueva maquinaria se evalúan desde la perspectiva de seguridad e higiene industrial que es parte primordial en el diseño ya que bajo estos parámetros se establece el contacto operario-producto u operario-máquina en el proceso productivo.

Los equipos principales de la línea se solicitan según el grado de automatización requeridos, sin embargo, hay actividades en las que se debe diseñar su automatización como lo es el ingreso de sacos de material a la planta.

El sistema debe procurar mantener la higiene y calidad del proceso. el problema que se plantea es el ingreso de aire sin filtrar al área de envasado.

Se plantea una solución para evitar que el aire sin filtrar ingrese al área de envasado de leche al abastecer de sacos de materia prima a la línea de producción. El sistema debe ser seguro y procurar la inocuidad del proceso productivo lo cual se muestra un esquema que ejemplifica el funcionamiento.

Figura 48. **Automatización de abastecimiento de sacos**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

El sistema se activa con la detección del sensor 1 como se muestra en la figura anterior que envía la señal para abrir la compuerta que se mantiene abierta hasta que el segundo sensor detecta que ha pasado el saco. Se incluyen dos interruptores de seguridad que despresurizan el sistema para evitar algún accidente si se necesita empujar un saco, queda atascado, se cae o cualquier actividad o incidente que pueda ocurrir durante el traspaso.

Tabla XXII. **Componentes del sistema de automatizado de entrada**

Equipos
1 Cilindro DNC de 40 mm de diámetro y 400 mm de carrera.
1 Electroválvulas 5/2 vías para 24VDC con juego de racores para manguera de 6 mm y silenciadores
1 Sistema de bloqueo neumático para evitar la caída descontrolada de la compuerta.
1 Unidad filtro regulador con válvula de paso eléctrica para despresurizar el sistema en caso de emergencia.
2 Sensores ópticos Reflex Array cuya funcionalidad permite detectar los sacos y bolsas de manera robusta evitando fallos en el sistema.
2 Cables de conexión para sensores Reflex Array con longitud de 5 metros.
2 Interruptores de seguridad mecánicos para las guardas que deben colocarse a la entrada y la salida de la compuerta.
1 Gabinete de control CEMAR de 400x400x200 mm el cual incluye:
• 1 Relé programable NLC-055 de 8 entradas digitales y 4 salidas a relé.
• 1 Interruptor principal de 6A.
• 1 Fuente de 24VDC/30W.
• 20 metros de manguera de 6 mm.

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. General

El diseño de una planta requiere la integración de distintas áreas, suministros y equipos para lo cual es necesario que grupos multidisciplinarios trabajen para brindar su perspectiva y ofrecer una propuesta integral. El

enfoque principal es el diseño higiénico, sin embargo, existen aspectos derivados o complementarios que tiene igual importancia como la seguridad, ambiente, estandarización y otras normas y procedimientos descritos en los primeros capítulos bajo las cuales se rige una empresa de tal magnitud.

La automatización puede aportar al diseño higiénico evitando el contacto del operario con el producto u operario con el equipo al mismo tiempo que aporta a la seguridad industrial del proceso. Al igual que la automatización el sistema eléctrico debe diseñarse para evitar la contaminación del área y afectar la inocuidad del proceso además de planificarse con base en los riesgos potenciales para evitar accidentes.

Tabla XXIII. **Requerimiento de automatización de la línea de empaque de leche**

Área	Automatización
• Abastecimiento	
• Ingreso	Manual /puerta automática
• Apertura sacos	Manual
• Abastecimiento de tolva	Manual
Llenado	
• Formado de empaque	Automático
• Llenado	Automático
• sellado	Automático
• Codificación	Automático
Embalaje	
• Llenado de caja	Manual
• Embalaje final	Semiautomático
• Sellado	Semiautomático
• Envío a bodega de producto terminado	Automático

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Clasificación IP

La clasificación IP clasifica los grados de protección de un equipo contra agentes externos como humedad, polvo, objetos sólidos o formas en que pueda tener contacto con agua así también como el grado de protección de una persona en contacto con el sistema.

La clasificación IP se designa con las letras IP seguido de dos números. El primer número indica el grado de protección de una persona con respecto a partes móviles y la protección del equipo frente al contacto con agentes sólidos en un recinto. El segundo número indica la protección contra fuentes de humedad, goteo o inmersión.

Se requiere de un mínimo IP 55 para área que no tienen contacto con agua como lo es el caso de la línea de leche y un mínimo de IP 65 para área en contacto con agua.

Figura 49. Índices de protección IP

POLVO		AGUA	
1	Protegido contra objetos sólidos de $\geq 50\text{mm}$.	1	Protegido contra goteo que descienden verticalmente.
2	Protegido contra objetos sólidos de $\geq 12,5\text{mm}$.	2	Protegido contra goteo que descienden verticalmente cuando la cubierta está inclinada hasta 15° .
3	Protegido contra objetos sólidos de $\geq 2,5\text{mm}$.	3	Protegido contra agua pulverizada.
4	Protegido contra objetos sólidos de $\geq 1\text{mm}$.	4	Protegido contra salpicaduras de agua.
5	Protegido contra suciedad.	5	Protegido contra chorros de agua a presión.
6	Hermeticidad contra suciedad.	6	Protegido contra chorros de agua a presión de alta potencia.
IP65		7	Protegido contra efectos de inmersión temporal.
omonautica.com		8	Protegido contra los efectos de continuas inmersiones en agua.

Fuente: <https://goo.gl/1x1D8B>. Consulta: abril de 2018.

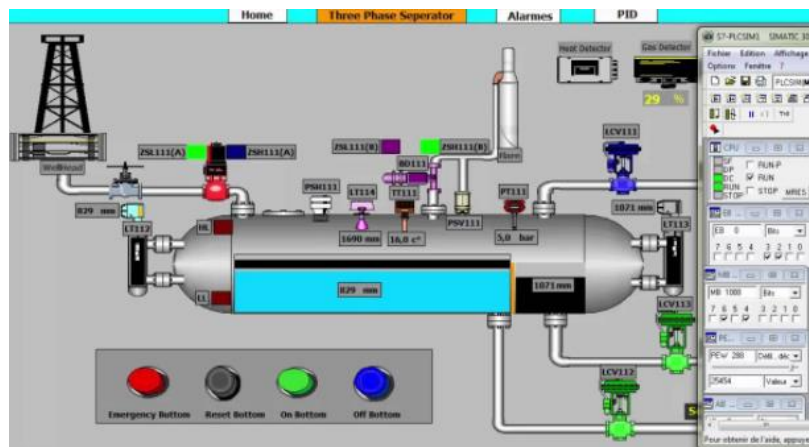
3.2.3. Conectividad

Algunas máquinas pueden estar conectadas entre sí o con la empresa por una red específica con el fin de monitorear desde una computadora los sistemas principales de los equipos. El objetivo es que todo el proceso quede documentado y se puede obtener un historial que permita dar un mantenimiento específico.

Esto provee la opción de realizar un diagnóstico remoto del equipo a lo cual se puede agregar comentarios y descripciones que sirvan de guía en los problemas futuros del equipo.

Esta herramienta es una de las más avanzadas y útiles en cuanto a mantenimiento porque puede ser utilizado como una herramienta para trabajar Mantenimiento Productivo Total en una línea teniendo un mejor control de los equipos, procesos y desviaciones que pueden resultar en fallos.

Figura 50. **Proyección virtual de los equipos**



Fuente: <https://goo.gl/rQydHz>. Consulta: abril de 2018.

3.3. Equipos que proporcionan servicios

El proceso de instalación de la maquinaria requiere de ciertas fuentes de alimentación para el sistema neumático, el proceso de llenado y el sistema eléctrico principalmente. Para la instalación se deben establecer los requisitos para el correcto funcionamiento de la máquina con sus servicios complementarios que no afecten los actuales que soportan al resto de la planta.

3.3.1. Electricidad

Con respecto al suministro de electricidad se exigen especificaciones con el fin de proporcionar seguridad e higiene en el sistema y al igual que todos los aspectos debe procurar ser la base para la aplicación de estándares y normas.

- Especificaciones básicas:

Entre las especificaciones básicas está el voltaje y frecuencia a trabajar lo cual se debe solicitar cuando una máquina proviene de otro país donde los parámetros de electricidad son diferentes.

El voltaje requerido es 220AC con una frecuencia de 60Hz y debe estar conectado a tierra para evitar la exposición a descargas eléctricas o principalmente daños en los equipos. Si la corriente no está dirigida a una ruta a tierra que impida que tome otro camino y provoque un accidente.

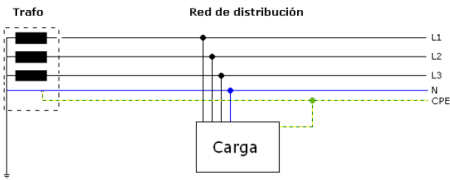
Tabla XXIV. Distribución eléctrica recomendada TN-S

Tipo de red		Recomendado	Posible	No recomendado
Red muy extensa con electrodos de tierra de alta calidad para las partes conductoras accesibles (10Ω máx.)			TT, TN, IT ⁽¹⁾ o mixta	
Red muy extensa con electrodos de tierra de baja calidad para las partes conductoras accesibles ($> 30 \Omega$)		TN	TN-S	IT ⁽¹⁾ TN-C
Zona con perturbaciones (tormentas) (p. ej., transmisor de televisión o radio)		TN	TT	IT ⁽²⁾
Red con corrientes de fuga altas ($> 500 \text{ mA}$)		TN ⁽⁴⁾	IT ⁽⁴⁾ TT ^{(3) (4)}	
Red con líneas aéreas al aire libre		TT ⁽⁵⁾	TN ^{(5) (6)}	IT ⁽⁶⁾
Generador auxiliar de emergencia		IT	TT	TN ⁽⁷⁾
Tipo de cargas				
Cargas sensibles a corrientes de defecto elevadas (motores, etc.)		IT	TT	TN ⁽⁸⁾
Cargas con un nivel de aislamiento bajo (hornos eléctricos, soldadoras, elementos de caldeo, calentadores por inmersión, equipos en cocinas grandes)		TN ⁽⁹⁾	TT ⁽⁹⁾	IT
Numerosas cargas monofásicas fase-neutro (móviles, semifijas, portátiles)		TT ⁽¹⁰⁾ TN-S		IT ⁽¹⁰⁾ TN-C ⁽¹⁰⁾
Cargas que presentan riesgos considerables (montacargas, cintas transportadoras, etc.)		TN ⁽¹¹⁾	TT ⁽¹¹⁾	IT ⁽¹¹⁾
Numerosos elementos auxiliares (máquinas-herramienta)		TN-S	TN-C IT ^(12 bis)	TT ⁽¹²⁾
Varios				
Suministro a través de un transformador de energía conectado en estrella-estrella ⁽¹³⁾		TT	IT sin neutro	IT ⁽¹³⁾ con neutro
Instalaciones que presentan un riesgo de incendio		IT ⁽¹⁵⁾	TN-S ⁽¹⁵⁾ TT ⁽¹⁵⁾	TN-C ⁽¹⁴⁾
Aumento del nivel de alimentación de conexión al servicio público de suministro de BT, que requiere un CT privado		TT ⁽¹⁶⁾		
Instalación sometida a modificaciones frecuentes		TT ⁽¹⁷⁾		TN ⁽¹⁸⁾ IT ⁽¹⁸⁾
Instalación en la que la continuidad de los circuitos de tierra es inestable (lugares de trabajo, instalaciones antiguas)		TT ⁽¹⁹⁾	TN-S	TN-C IT ⁽¹⁹⁾
Equipos electrónicos (ordenadores, autómatas)		TN-S	TT	TN-C
Red de control y supervisión de maquinaria, sensores de autómatas y accionadores		IT ⁽²⁰⁾	TN-S, TT	

Fuente: <https://goo.gl/3m6BAJ>. Consulta: mayo de 2018.

El sistema de protección TN-S se instala con 5 cables de los cuales el neutro y protección a tierra están separados del transformador al dispositivo consumidor, y no están conectados entre sí a partir del punto de distribución.

Tabla XXV. **Ventajas de la distribución TN-S**

	
¿Necesita un electrodo de tierra en el sitio?	no
Impedancia de circuito de falla a tierra	Bajo
Costo de conductor de protección a tierra	Alto
Riesgo de rotura de neutro	Medio
Seguridad	Distribución más segura actualmente
Interferencia electromagnética	Baja
Riesgos en seguridad	Rotura de neutral
Ventajas	Instalación más segura, la tierra no se utiliza como conexión

Fuente: elaboración propia.

- Especificaciones de higiene:

Entre los aspectos relacionados con el diseño higiénico está el material utilizado para protección de los sistemas eléctricos dependiendo de la zona a trabajar. Para una zona de higiene alta y un área seca se debe utilizar acero inoxidable en los paneles al igual que cuando el sistema está en una zona de higiene alta húmeda o área de diferente nivel de higiene requerida con contacto al agua. Para una zona de media a baja higiene y seca se puede utilizar un recubrimiento en polvo. La instalación eléctrica en general debe estar diseñada bajo parámetros de diseño higiénico evitando esquinas, bolsas, tubos flexibles, canaletas o donde la suciedad pueda acumularse o sea de difícil acceso para su limpieza. Todos los dispositivos deben ser accesibles para su limpieza, mantenimiento o reemplazo.

El material de los cables y las uniones o finales deben ser los adecuados para trabajar bajo condiciones de humedad o áreas secas. Se requiere de un valor IP55 en condiciones secas o IP65 en condiciones húmedas.

Figura 51. **Instalación eléctrica higiénica**

	Las canaletas no deben de ser de material sólido, sino como estructura alámbrica
	Los canales no deben de ser completos, sino que deben tener acceso al frente.
	La separación entre la instalación eléctrica y la estructura de pared debe ser de al menos 6cm.
	No utilizar cinchos para fijar los cables
	No utilizar tubos flexibles o tubos como guías para cableado.

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. **Aire comprimido**

En los equipos que trabajan con alimentos se utiliza la potencia neumática para su funcionamiento puesto que si se utilizaran sistemas hidráulicos el riesgo de contaminación sería mayor además que no es necesario tanta potencia para la transmisión de movimientos en productos alimenticios.

“Los parámetros de control para utilizar aire comprimido son presión, flujo y calidad de aire.”²⁶ La limpieza y control de humedad son importantes en la utilización de aire y es por eso que se debe evitar instalar el sistema donde se acumule polvo para tener mejores condiciones del aire o trabajar con prefiltros

²⁶ *Guía de instalación de sistemas de aire comprimido, KAESER.* <https://goo.gl/KCx2KR>. Consulta: enero 2018.

si es necesario. También el contacto con el agua o un ambiente saturado pueden comprometer al equipo y corroerlo.

La lubricación debe ser la adecuada y se requiere de lubricantes de grado alimenticio o que no afecten la inocuidad del producto. Los sistemas de tuberías deben poder purgarse y mantenerse en óptimas condiciones de saneamiento.

Figura 52. **Arreglo recomendado para instalación neumática**



Fuente: Guía de instalación de sistemas de aire comprimido KAESER.

Tabla XXVI. **Componentes necesarios para línea de aire comprimido higiénica**

Componentes	Características	Especificaciones
Compresor	Capacidad según requerimiento del equipo tomando en cuenta pérdidas de presión en tuberías y componentes.	Capacidad sobre la suma promedio de consumo agregado 7% por fugas
Separador líquido	Protege al compresor contra una migración accidental, por la tubería de aspiración, del refrigerante no vaporizado.	
Tanque de aire	Almacena aire para mantener una presión de trabajo constante	El receptor de aire se debe dimensionar (en litros) para que sea al menos 6-10 veces la salida de aire libre del compresor (en litros/s).

Continuación de la tabla XXVI.

Filtro de partículas	Limpia el aire de impurezas	Capacidad de filtrar 1 micrón
Secador refrigerativo	Retención de líquidos remanentes y partículas sólidas finas	Restricción de uso de refrigerantes CFCs, HCFCs y HFCs
Válvula para carga principal de aire	Protección de equipos previo a alcanzar presión de trabajo	Pérdida de presión permitida en la red 0.7 bar
Tuberías	Distribución de aire	Galvanizada soldada con soldadura autógena para requerimientos de alta calidad

Fuente: Guía de instalación de sistemas de aire comprimido KAESER.

Cálculo de red de aire comprimido:

El equipo de empaque requiere un valor de pies cúbicos por minuto (CFM) 12,7 a 0,65 MPA o 94,27 Psi de presión, estos como valores establecidos por el fabricante.

La holgura del compresor debe ser de al menos 2 veces el requerimiento para brindar un flujo constante que pueda ser absorbido por otro compresor si uno de ellos no aporta toda la capacidad. Esto permite que los compresores trabajen la mitad del tiempo. La empresa cuenta actualmente con los suministros de electricidad, aire y nitrógeno, por lo tanto, los cálculos son representativos de la capacidad necesaria si no se contara con la capacidad de suministro.

$$REQ = CFM(2) = CFM_{necesario} (5)$$

Donde:

Req= requerimiento

Calculando:

$$REQ = (12,7)(2) = 25,4 \text{ CFM } (5)$$

La empacadora tiene un requerimiento de 322,58 CFM acumuladas, a 94,27 psi. Por lo tanto, el tiempo que requiere el compresor para satisfacer este valor es de 12,7 minutos. La capacidad del compresor adquirido se resume a continuación:

Conforme a las especificaciones de la línea se debe sobredimensionar 7% por fugas para lo cual el cálculo sería:

$$REQ= 25,4\text{CFM} (1,07) =27,18 \text{ CFM}$$

Tabla XXVII. **Capacidad del compresor**

Kaeser SBM 970, 10 bar (145psi). Compresor de pistón	
Caudal de elevación	970 L/min
Capacidad de Aspiración	35 cfm
Caudal volumétrico (suministro)	30 cfm , 850 L/min
Motor	7,5 kW
Medidas	1920x740x1530 mm
Peso	325kg
Requerido Empacadora CPB1	
Volumen para cubrir demanda	27,18 cfm
Presión requerida	94,27 psi
Volumen de aire satisfecho	100%
Presión satisfecha	100%
Excedente en la capacidad de entrega de volumen de aire	10,4 %
Excedente en la capacidad de entrega de presión	53%

Fuente: Ficha técnica de compresor Kaeser actual.

Cálculo de tanque de aire:

Según las especificaciones se debe utilizar de 6 a 10 veces la capacidad de flujo de aire del compresor por lo que se tomará el valor más alto:

$$CT = \frac{850L}{\text{min}} \left(\frac{1\text{min}}{60\text{seg}} \right) = \frac{14,17L}{\text{seg}} (10) = 141,7L/\text{seg}$$

Donde:

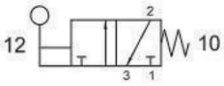
CT: capacidad del tanque

La capacidad del tanque debe ser de al menos 141,7 L de volumen.

Tabla XXVIII. **Complementos a la red de distribución de aire**

Filtro regulador aire MS-LFM-4 FESTO Fine and micro filters MS-LFM 	Capacidad de filtrado de hasta 0,5 µm de partículas sólidas y líquidas, Acoples de ¼ de pulgada y Capacidad para retener hasta 150 psi de presión
Tanque de aire	Capacidad 40 galones Sobrepresión admisible 160 psi Posición vertical 1 190mm Acople de entrada y salida 3/4 pulgada
Filtro de partículas MS-LFX de carbón activo	Capacidad de filtrado de hasta 0,1 µm de partículas sólidas Acoples de 1 pulgada Presión máxima permitida 14bar Adaptador de tamaño MS6-9-ARMV para su conexión ¼ de pulgada.

Continuación de la tabla XXVIII.

Secador refrigerativo KHD 3000 Kaeser 	30CFM flujo nominal 10Hp potencia nominal de refrigeración 175psi estándar Eléctricas: 460V-60 Hz Conexión de entrada y salida 4 pulgadas Secado en temperaturas de hasta 50 °C El drenaje electrónico de condensado sin pérdidas de presión.
Válvula para carga principal de aire 	Válvula 3/2, con tercera posición para ser conmutadas para liberar el excedente del sistema además de posición abierto y cerrado. Rango de temperatura de operación de hasta 60 °C, Presión máxima de 10 bares Prefiltro: 40 µm
Tubería	6" RD11, 150psi.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Especificaciones eléctricas y panel de control

Los paneles de control junto con el sistema eléctrico deben evitar ser puntos donde se concentre el polvo por seguridad y por limpieza y aunque no están en contacto directo con el producto pueden afectar al mismo.

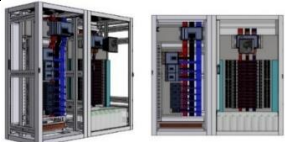
Los paneles de control deben cumplir con requisitos de higiene que implica evitar focos de contaminación como, por ejemplo: agujeros, esquinas,

tubos, grietas. Esto evita que la suciedad se acumule en esas áreas y de cualquier forma se tenga acceso fácil para limpieza.

Los componentes de un panel además deben estar protegidos para que una persona no tenga acceso a los mismos provocando un accidente. Los accidentes de manera general están relacionados con la higiene y calidad, porque un accidente que represente una herida en un operario puede significar una fuente de contaminación biológica, por lo tanto, debe procurarse tener cero accesos a espacios donde una persona puede lastimarse.

Debe utilizarse acero inoxidable en las estructuras, utilizar el código de color adecuado y estar separado tanto el panel como las canaletas donde se dirijan los cables de paredes para facilitar la limpieza y reducir la acumulación de polvo.

Tabla XXIX. Especificaciones de panel eléctrico

	-Guardas transparentes de acrílico con refuerzo de metal acero inoxidable -Temperatura de ambiente máxima 40° -Puesta a tierra en panel																				
<table border="1"><thead><tr><th>Identificación del pulsador</th><th>Color</th></tr></thead><tbody><tr><td>Marcha "ON"</td><td>Verde o negro/blanco</td></tr><tr><td>Parada "OFF"</td><td>Rojos o negro/blanco</td></tr><tr><td colspan="2">Ejemplo: interruptor de posición con varilla, bomba o potencia de varilla</td></tr><tr><td>Parada de emergencia</td><td>Rojo</td></tr><tr><td>Botón con doble asignación: Marcha a Parada, On y Off</td><td>Negro/blanco</td></tr><tr><td>Botones para alarma</td><td>Amarillo</td></tr><tr><td>Botón para modo "AUTO"</td><td>Negro o blanco/gris</td></tr><tr><td>Reservado para el fabricante</td><td>Azul/negro/blanco</td></tr><tr><td colspan="2">Ejemplo: en caso de función de parada "OFF" (parada de flujo)</td></tr></tbody></table>  1 Pictogramas (opcionales) • Corrosiones, riesgos o portadores 2 Etiqueta de peligro • En la parte de la mano 3 Pictogramas de advertencia • Choque eléctrico 4 Texto de aviso • No tocar el cable • No tocar el cable • No tocar el cable	Identificación del pulsador	Color	Marcha "ON"	Verde o negro/blanco	Parada "OFF"	Rojos o negro/blanco	Ejemplo: interruptor de posición con varilla, bomba o potencia de varilla		Parada de emergencia	Rojo	Botón con doble asignación: Marcha a Parada, On y Off	Negro/blanco	Botones para alarma	Amarillo	Botón para modo "AUTO"	Negro o blanco/gris	Reservado para el fabricante	Azul/negro/blanco	Ejemplo: en caso de función de parada "OFF" (parada de flujo)		-Códigos de color para botoneras y dispositivos de seguridad -Las posiciones "ON" y "OFF" deben estar identificadas de forma inequívoca -El accionamiento debe poder bloquearse en la posición "OFF" -Seguridad: Cada cable de alimentación debe estar equipado con medios de desconexión propios. Los medios de desconexión deben desconectar todos los circuitos, incluidos los de control. -Uso de pictogramas para riesgo de seguridad
Identificación del pulsador	Color																				
Marcha "ON"	Verde o negro/blanco																				
Parada "OFF"	Rojos o negro/blanco																				
Ejemplo: interruptor de posición con varilla, bomba o potencia de varilla																					
Parada de emergencia	Rojo																				
Botón con doble asignación: Marcha a Parada, On y Off	Negro/blanco																				
Botones para alarma	Amarillo																				
Botón para modo "AUTO"	Negro o blanco/gris																				
Reservado para el fabricante	Azul/negro/blanco																				
Ejemplo: en caso de función de parada "OFF" (parada de flujo)																					

Continuación de la tabla XXIX.

-Tamaño mínimo de cables: 1,5 mm ² para la alimentación de AC 1,5 mm ² para cables de motor 0,5 mm ² para señales analógicas blindadas de 24 VCC 0,75 mm ² sin blindaje para señales digitales de 24 VCC	-Los interruptores automáticos estándar solo deben cargarse con el 80 % de su corriente nominal. -Todos los cables deben ser de cobre -Se deben instalar dos tomas de corriente (230V) con protección asociada (fusible / disyuntor) en el gabinete para conectar la PC u otros dispositivos externos. -Dimensionamiento: Al menos el 115 % de la suma de las corrientes nominales.
--	---

Fuente: *Manual de normas de equipamiento eléctrico.*

www.siemens.com/applicationconsulting/ul. Consulta: abril de 2018.

3.5. Control del ambiente

Entre las características del producto está la sensibilidad a la humedad y la temperatura por lo que se debe tener un control del ambiente en donde el producto es empacado para evitar que afecte su composición, aspecto o inocuidad.

3.5.1. Temperatura y humedad

En este caso no es suficiente tener un sistema de aire acondicionado en el proceso porque no podemos controlar todos los parámetros del ambiente para lo cual se necesita una habitación climatizada. La climatización comprende el proceso de aire acondicionado, calefacción y ventilación; con estos procesos se tiene un manejo integral de la temperatura, la calidad del aire y humedad en un espacio. A esto se le conoce como HVAC por sus siglas en inglés y es utilizado frecuentemente en bodegas de materia prima y áreas productivas con sustancias sensibles.

A continuación, se detalla el cálculo de capacidad para el sistema de aire acondicionado para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$C = 230 \times V + (\#PyE \times 476) \quad (6)$$

Donde:

C: capacidad del sistema

V: volumen de la planta

#PyE: número de personas y equipos

230: factor calculado para América Latina “Temperatura máxima de 40° C” (dado en BTU/h).

476 : factores de ganancia y pérdida aportados por cada persona y/o electrodoméstico (en BTU/h).

Tabla XXX. **Datos de la planta**

V[m3]	10,65*6,4*3,67=250 m3
#PyE	3P+2E=5

Fuente: elaboración propia.

$$C = 230 \times 250 + (5 \times 476) = 59\,880 \text{ BTU}$$

Por los BTU especificados se propone la capacidad de 60 000 BTU para el sistema de aire acondicionado.

Tabla XXXI. **Sistema de control de ambiente propuesto**

Componente	Descripción	
Temperatura	Mínima 10°C	Máximo 25 °C
Humedad	Mínima 55%RH	Máxima 65%RH
capacidad de enfriamiento BTUH	60 000	
Tipo	Split con unidad manejadora. Horizontal	
Capacidad	2000 pies cúbicos de aire por minuto	
Motor Booster	1HP, 1 075RPM	
serpentín	Tubería interior de cobre unida con serpentín de aluminio.	
Características eléctricas	208-230V/60hz/1fase	
Termostato	Honeywell electrónico	
Pantalla	LCD con programación	
Unidad condensadora	Unidad Condensadora para uso en el exterior, con compresor Scroll COPELAND SEER 13, Refrigerante 410a. Posee sistemas de seguridad para proteger el compresor para alta temperatura y voltaje. Amperaje mínimo de funcionamiento: 28 amperios. Flipon recomendado de 2 x 60 amperios.	
Distribución AC	La distribución de AC se realiza por medio de ductería rígida de lámina galvanizada con forro exterior de fibra de vidrio 1 ½" de espesor, de aluminio y rejillas del tipo perforadas de 24"x 24" color blanco. Se considera el acople a la unidad manejadora para ductería de suministro. 60% de aire fresco y 40% de recirculación.	
Recirculación	La recirculación del refrigerante se realiza por medio de 15 metros de tubería nueva de cobre tipo L especial para aire acondicionado, contando con sus líneas de vapor y líquido, así como todos los accesorios de instalación (filtro deshumidificador, presostatos)	
Drenaje	El sistema de drenaje de la unidad manejadora se realiza por medio de tubería de P.V.C. DE ¾" con sus respectivos accesorios.	
Otras	Equipo de Aire Acondicionado para el Área indicada debe obtener presión positiva con relación al exterior, Eficiencia de Filtrado: 99,97 % tipo HEPA, con Temperatura de Confort de 21 a 23 C° .	

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Zonificación

La zonificación es el proceso por el cual se dividen áreas con distintas exigencias de higiene para un proceso productivo. Dependiendo del riesgo de contaminación y su impacto se clasifican en 3 categorías: zona de higiene baja, media y alta.

La zona de higiene baja es en la cual el impacto de la contaminación no es tan severo y los objetos de poca sensibilidad; en esta zona puede estar la zona de embalaje. Las zonas de higiene media pueden ser donde se ubiquen equipos o productos poco sensibles en el área de empaque y llenado por ejemplo un etiquetador, máquinas de empaque secundarios, etc. Una zona de higiene alta es en la cual los equipos o productos tienen alta sensibilidad con respecto a la higiene y puede resultar en problemas de calidad e inocuidad del producto. Los equipos en una zona de higiene alta deben ser asépticos y llenar el producto en un ambiente esterilizado.

Figura 53. Clasificación de zonas por código de color



Fuente: <http://www.italimpia.com.mx/>. Consulta: abril de 2018.

3.5.3. Otras condiciones del cuarto

El área de producción debe estar diseñada para sustentar la gestión de 5S por lo que todo debe tener un lugar asignado y marcado con nombre. Se debe esquematizar un espacio para los repuestos de cambio de formato, artículos de limpieza y paneles de documentos que estarán en el área.

Otros aspectos importantes son la iluminación, ventilación y análisis de ruido para propiciar un espacio adecuado para la producción.

Figura 54. 5S en área de producción

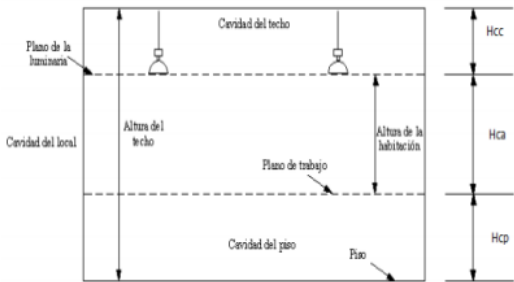


Fuente: Área de producción, Malher zona 12.

La iluminación correcta brinda confort a los operarios y permite tener una mejor visualización para actividades de limpieza, mantenimiento o cualquier operación. Afecta la eficiencia de los operarios ya que al tener una pobre

iluminación puede provocar sueño o ser molesto para actividades que requieran de gran precisión.

Tabla XXXII. Datos para cálculo de iluminación

Esquema	Pasos	Cálculos																						
	Identificar las alturas HT: altura total del área HCC: altura del techo al final de lámpara. HCA: Altura de lámpara al lugar de trabajo. HCP: Altura del lugar de trabajo al piso.	HT: 3,67m HCC: 0,604m HCA=HT-1,20m (altura media de máquina)-HCC = 3,67-0,98-0,604 = 1,87 m HCP: 1,20m																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>color</th><th>Coef de Reflexión %</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Blanco</td><td>75-85</td><td rowspan="3">Claros</td></tr> <tr> <td>Marfil</td><td>70-75</td></tr> <tr> <td>Col. pálidos</td><td>60-70</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>color</th><th>Coef de Reflexión</th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Amarillo</td><td>55-65</td><td rowspan="4">Semi-Claros</td></tr> <tr> <td>Marrón Claro</td><td>45-55</td></tr> <tr> <td>Verde Claro</td><td>40-50</td></tr> <tr> <td>Gris</td><td>30-50</td></tr> </tbody> </table>	color	Coef de Reflexión %		Blanco	75-85	Claros	Marfil	70-75	Col. pálidos	60-70	color	Coef de Reflexión		Amarillo	55-65	Semi-Claros	Marrón Claro	45-55	Verde Claro	40-50	Gris	30-50	Determinar coeficiente de reflexión según color de pared	PP=Paredes blancas: 80% Pf=Piso gris oscuro: 50% Pc=techo blanco 80%
color	Coef de Reflexión %																							
Blanco	75-85	Claros																						
Marfil	70-75																							
Col. pálidos	60-70																							
color	Coef de Reflexión																							
Amarillo	55-65	Semi-Claros																						
Marrón Claro	45-55																							
Verde Claro	40-50																							
Gris	30-50																							
Malo: 0,5 Regular: 0,6 Bueno: 0,8	Determinar factor de mantenimiento	0,8																						

Continuación de la tabla XXXII.

Oficinas				Valuar naturaleza trabajo Edad operarios < 40 años Exactitud: importante	según del no	Rango 600LUX
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750			
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000			
Comercios						
Comercio tradicional	300	500	750			
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000			
Industria (en general)						
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500			
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000			
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000			
Viviendas						
Dormitorios	100	150	200			
Cuartos de aseo	100	150	200			
Cuartos de estar	200	300	500			
Cocinas	100	150	200			
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750			

Fuente: elaboración propia.

Relación de cavidad:

$$\text{Cavidad ambiente: RCA} = \frac{5\text{HCA}(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \cdot \text{ancho}} = \frac{5(1,87)(10,65 + 6,4)}{10,65 \cdot 6,4} = 2,34$$

$$\text{Cavidad cielo: RCC} = \frac{5\text{HCC}(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \cdot \text{ancho}} = \frac{5(0,604)(10,65 + 6,4)}{10,65 \cdot 6,4} = 0,76$$

$$\text{Cavidad piso: RCP} = \frac{5\text{HCP}(\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \cdot \text{ancho}} = \frac{5(1,2)(10,65 + 6,4)}{10,65 \cdot 6,4} = 1,5$$

Cavidad ambiente: 2,34 RCA

Cavidad cielo: 0,76 RCC

Cavidad piso: 1,5 RCP

Determinar PCP, PCC y k.

Donde:

PCP: reflectancia efectiva de piso= intersección de PP (80%), PC (80%) con RCP. (marcado en cuadrado rojo)

PCC: reflectancia efectiva de cielo= intersección de PP (80%), PC (80%) con RCC. (marcado en círculo azul)

K: factor de mantenimiento= intersección de Pcc (del resultado anterior) y RCA.

Figura 55. Tabla de reflectancias efectivas

Porcentaje de reflectancia efectiva en la cavidad de piso o techo para diferentes combinaciones de reflectancia																											
% Reflectancia de techo o piso	90				80				70				50				30				10						
% Reflectancia de pared	90	70	50	30	90	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10			
RSR																											
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09						
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09						
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08						
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08						
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08						
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07						
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07						
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07						
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06						
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06						
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06						
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06						
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06						
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05						
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05						
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05						
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05						
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04						
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04						
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04						
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04						
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04						
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04						
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04						
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04						

Fuente: GONZALES, Francisco. *Método de cavidad zonal*. p. 15.

Tabla XXXIII. Interpolación PCP

71	1,6
PCP	1,5
72	1,4
PCP=71,5 (rojo)	

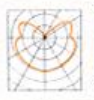
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. Interpolación para PCC

0,6	76
PCC	75.2
0,8	75
PCC=75,2 (azul)	

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. Tabla de coeficientes de utilización

Factor de Utilización de Algunas Luminarias			75 %		
Tipo de Iluminación	Luminarias	Índice del local K	60 %	30 %	10 %
semidirecta 	pórtico solo o con cubierta difusora 	0,50 ÷ 0,70	0,28	0,22	0,18
		0,70 ÷ 0,90	0,35	0,29	0,25
		0,90 ÷ 1,10	0,39	0,33	0,30
		1,10 ÷ 1,40	0,45	0,38	0,33
		1,40 ÷ 1,75	0,49	0,42	0,37
		1,75 ÷ 2,25	0,56	0,50	0,44
		2,25 ÷ 2,75	0,60	0,55	0,50
		2,75 ÷ 3,50	0,64	0,59	0,54
mixta 	difusores 	0,50 ÷ 0,70	0,26	0,23	0,21
		0,70 ÷ 0,90	0,32	0,29	0,27
		0,90 ÷ 1,10	0,37	0,33	0,31
		1,10 ÷ 1,40	0,40	0,36	0,34
		1,40 ÷ 1,75	0,42	0,39	0,36
		1,75 ÷ 2,25	0,46	0,43	0,40
		2,25 ÷ 2,75	0,50	0,46	0,43
		2,75 ÷ 3,50	0,52	0,48	0,45
directa 	reflectores de haz amplio 	0,50 ÷ 0,70	0,38	0,32	0,28
		0,70 ÷ 0,90	0,46	0,42	0,38
		0,90 ÷ 1,10	0,50	0,46	0,43
		1,10 ÷ 1,40	0,54	0,50	0,48
		1,40 ÷ 1,75	0,58	0,54	0,51
		1,75 ÷ 2,25	0,62	0,59	0,56
		2,25 ÷ 2,75	0,67	0,64	0,61
		2,75 ÷ 3,50	0,72	0,70	0,67
directa 	reflectores de haz medio 	0,50 ÷ 0,70	0,35	0,32	0,30
		0,70 ÷ 0,90	0,43	0,39	0,37
		0,90 ÷ 1,10	0,48	0,45	0,42
		1,10 ÷ 1,40	0,53	0,50	0,47
		1,40 ÷ 1,75	0,57	0,53	0,50
		1,75 ÷ 2,25	0,61	0,57	0,55
		2,25 ÷ 2,75	0,64	0,61	0,59
		2,75 ÷ 3,50	0,68	0,63	0,61
		3,50 ÷ 4,50	0,68	0,66	0,63
		4,50 ÷ 6,50	0,69	0,67	0,66

Fuente: <https://goo.gl/NiwY9Y>. Consulta: mayo de 2018.

Tabla XXXV. **Interpolación para coeficiente de utilización**

2,25	0,6
2,34 (RCA)	K
2,75	0,64
K= 0,6072 (60,72%)	

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección: se aplica cuando PCP es menor a 30 %.

Cálculo del flujo luminoso:

$$\phi' = \frac{(\text{área})(\text{nivel lumínico})}{(\text{factor mantto})(K)} = \frac{(10,65 \times 6,4)(600\text{LUX})}{(0,8)(0,6072)} = 84\,189,72$$

$$\phi' = 84\,189,72 \frac{\text{lúmenes}}{\text{luminaria}}$$

Cálculo de espaciamiento máximo de luminarias

$$EM = (1,25)(HCA) = (1,25)(1,87) = 2,34\text{m}^2$$

Cálculo del número de luminarias:

$$\#luminarias = \frac{\text{largo}}{2,34} * \frac{\text{Ancho}}{2,34} = \frac{10,65}{2,34} * \frac{6,4}{2,34} = 12,40 \cong 12$$

Se requieren de 12 luminarias que serán distribuidas en los 2 módulos de la línea.

Cálculo de flujo por luminaria:

$$\frac{\phi_t}{\text{luminaria}} = \frac{\phi_t}{\# \text{luminarias}} = 84\,189,72/13 = 6\,476,13 \text{ lúmenes}$$

Cada luminaria debe tener un flujo de 6 476,13 lúmenes para satisfacer la demanda de iluminación.

Otro aspecto del entorno a evaluar es el ruido. Actualmente en el área de dulces, que es donde se ubicará la línea, se encuentran 3 máquinas las cuales trabajan por varios turnos a lo largo del día y el ruido que se percibe incrementaría por la nueva línea de producción.

Para el análisis de exposición al ruido se deben medir los decibeles de cada equipo en funcionamiento con respecto al tiempo de exposición que en este caso serían 12 horas de turno en el cual las horas efectivas son en las que la máquina está en funcionamiento continuo.

Tabla XXXVI. **Percepción de ruido de líneas en funcionamiento**

Equipo	Toma de datos
Máquina (A)	85db
Máquina (B)	83db
Máquina (C)	79db
Línea leche (D)	88db ** dato promedio de ruido de línea similar. (línea 35 , empaque de refresco en polvo agregando el sistema de aire acondicionado)

Fuente: elaboración propia utilizando la aplicación móvil de sonómetro.

Tabla XXXVII. **Escala para combinar decibeles**

Diferencia entre dos niveles de decibeles por sumar	Cantidad por agregar al nivel mayor para obtener la suma de decibeles
0	3
1	2.6
2	2.1
3	1.8
4	1.4
5	1.2
6	1
7	0.8
8	0.6
9	0.5
10	0.4
11	0.3
12	0.2

Fuente: GIRÓN CASTILLO, Ivan. *Sistema de control de producción para una empresa de manufactura de plásticos*. pág. 67.

Dependiendo de la diferencia entre decibels existe un factor de corrección para lo cual se realizan los siguientes cálculos:

Tabla XXXVIII. **Promedio de nivel de ruido**

Diferencia de decibeles	Cálculo		Valor de decibeles a agregar al nivel más alto
Diferencia entre A y B	85db-83db	=2db	(2,1)+85db=87,0 AB
Diferencia entre AB y C	87db-79db	=8db	(0,6)+87db=87,6 ABC
Diferencia entre ABC y D	87db-88db	=1db	(2,6)+88db=90,6 ABC

Fuente: elaboración propia.

Análisis de dosificación de ruido:

Tabla XXXIX. **Tiempo permisible de exposición al ruido**

Horas de exposición	Nivel de presión sonora dB(A)
De 7 a 8 horas	90
De 4 horas con 30 minutos a 6 horas	92
De 3 horas con 30 minutos a 4 horas	95
3 horas	97
2 horas	100
1 hora con 30 minutos	102
1 hora	105
30 minutos	110
15 minutos o menos	115

Fuente: VAQUERO PUERTA, José Luis y CEÑA CALLEJO, Rafael. *Prevención de riesgos laborales: Seguridad, Higiene y Ergonomía*. p 171.

Con base en la siguiente tabla y los datos anteriores de nivel promedio de ruido y tiempo de jornada de trabajo se procede a calcular el nivel de dosificación de ruido:

$$\text{Dosificación} = 100 \left(\frac{10}{8} \right) = 125\%$$

La jornada de trabajo se toma de 10 horas efectivas tomando en cuenta los tiempos de comida y se concluye que el nivel de dosificación sobrepasa el porcentaje de riesgo. Por lo tanto, el personal debe utilizar equipo de protección adecuado y procurar aislar la mayor cantidad de sonido para que esta condición no afecte eventualmente al operario.

Otro aspecto importante a evaluar en el entorno es la ventilación, como control de humedad y temperatura se propuso un equipo de aire acondicionado, sin embargo, es parte del sistema de ventilación y debe ser capaz de renovar el ambiente de trabajo por mejor calidad de aire para evitar la contaminación, el aumento de temperatura y proliferación de bacterias. La capacidad del compresor se mide por las unidades de calor que reemplaza, pero en el cálculo de ventilación se da un enfoque de cantidad de aire reemplazado sin tomar en cuenta las fuentes de calor.

Tabla XL. **Renovaciones de aire según naturaleza del proceso**

Clave y Descripción	Renovaciones ó cambios/hr
GV100.000 Almacenes y/o Bodegas para:	
GV100.100 Alimentos no Perecederos.	5 a 15 cambios/hr
GV100.200 Alimentos Perecederos.	6 a 12 cambios/hr
GV100.300 Bioquímicos.	5 a 15 cambios/hr
GV100.400 Bodegas con montacargas, eléctricos.	3 a 10 cambios/hr
GV100.500 Bodegas con montacargas, gas o diesel.	5 a 10 cambios/hr
GV100.600 Bodegas en General.	3 a 10 cambios/hr
GV100.700 Equipo Electrónico.	6 a 12 cambios/hr
GV100.800 Medicamentos.	5 a 15 cambios/hr
GV100.900 Metales.	5 a 10 cambios/hr
GV101.000 Muebles.	3 a 19 cambios/hr
GV101.100 Pieles.	8 a 18 cambios/hr
GV101.200 Químicos Explosivos.	20 a 30 cambios/hr
GV101.300 Químicos No Explosivos.	5 a 15 cambios/hr
GV101.400 Talabarterías.	5 a 10 cambios/hr
GV101.500 Textiles.	6 a 12 cambios/hr
Sugerimos ver otras secciones complementarias como Industrias, Baños, Escaleras, Oficinas, etc.	
GV150.000 Áreas de Producción	
GV150.100 Área de Producción: Sin contaminantes.	5 a 15 cambios/hr
GV150.200 Área de Producción: Con contaminantes, poco, una o dos veces por semana.	6 a 16 cambios/hr
GV150.300 Área de Producción: Con contaminantes, mucho, una o dos veces por semana.	8 a 19 cambios/hr
GV150.400 Área de Producción: Con contaminantes, diario, intermitente y poco.	7 a 15 cambios/hr
GV150.500 Área de Producción: Con contaminantes, diario, intermitente y mucho.	10 a 25 cambios/hr
GV150.600 Área de Producción: Con contaminantes, diario, intermitente, poco y se estanca.	8 a 18 cambios/hr
GV150.700 Área de Producción: Con contaminantes, diario, intermitente, mucho y se estanca.	11 a 28 cambios/hr
GV150.800 Área de Producción: Con contaminantes, constante y poco.	15 a 30 cambios/hr
GV150.900 Área de Producción: Con contaminantes, constante y mucho.	18 a 35 cambios/hr
GV151.000 Área de Producción: Con contaminantes, constante, poco y se estanca.	16 a 34 cambios/hr
GV151.100 Área de Producción: Con contaminantes, constante, mucho y se estanca.	19 a 49 cambios/hr
Sugerimos ver otras secciones complementarias como Industrias, Baños, Escaleras, Oficinas, etc.	

Fuente: Ficha técnica VentDepot, México. *Ventilación General o Ambiental y sus Factores de Renovación*. <https://goo.gl/bKLkc8>. Consulta: mayo de 2018.

Con los datos siguientes y las renovaciones recomendadas por hora según características del proceso (GV150.700) se procede a calcular volumen total a evacuar:

Largo 10,65m

Ancho= 6,4m

Altura=3,67m

$$Q = VT(RA) = (10,65)(6,4)(3,67)(13) = 3\,251,91 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Donde:

Q: Capacidad e evacuación

VT: volumen total del espacio a ventilar

RA: renovaciones recomendadas por hora

Para el cálculo de capacidad del sistema de aire acondicionado se toma en cuenta el volumen total del cuarto sin tomar en cuenta que es un volumen que debe ser constantemente reemplazado. Por lo tanto, se debe comparar la capacidad de renovación propuesta con la requerida.

Capacidad requerida: $3\,251,91 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

Capacidad otorgada por el sistema propuesto: $2000 \text{ ft}^3 / \text{min}$

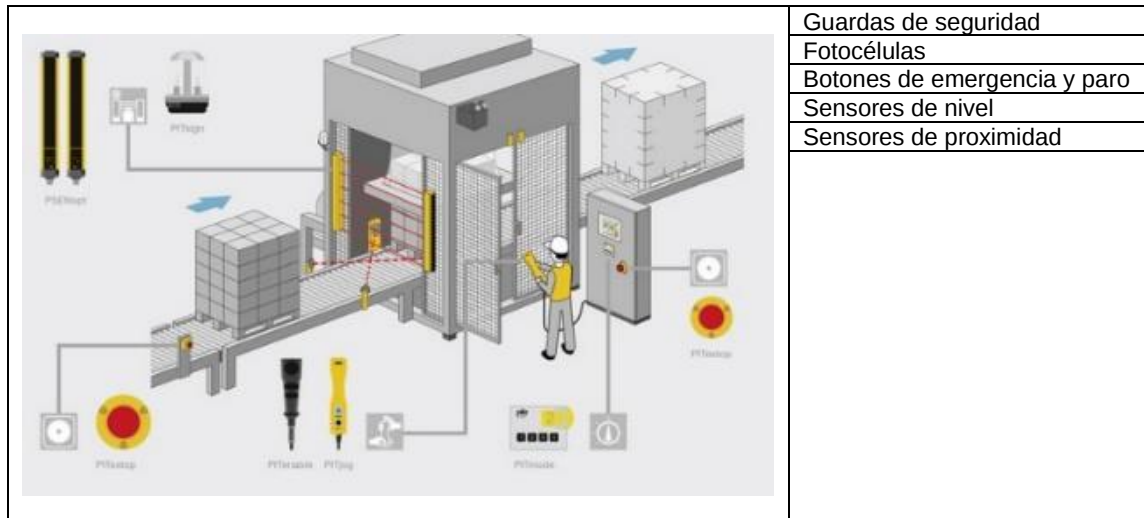
$$2\,000 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} * \left(\frac{1\text{m}}{3,28048\text{ft}} \right)^3 * \left(\frac{60\text{min}}{1\text{h}} \right) = 3\,399,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto, se concluye que el sistema tiene la capacidad de renovación requerida según los niveles de higiene establecidos.

3.6. Dispositivos de seguridad

Los dispositivos de seguridad son todos aquellos que protegen al operario en su proceso y en caso de emergencia. Las guardas de seguridad, sensores y botones de paro y emergencia son algunos de los dispositivos necesarios para garantizar la integridad del operario en situaciones de peligro y también proteger al quipo en funcionamiento.

Figura 57. **Dispositivos de seguridad en línea de producción**



Fuente: *Adecuación de seguridad de Máquinas. Geysenh.*

<http://www.geysehn.com/adecuacionenseguridad.html>. Consulta: abril de 2018.

3.6.1. General

Todo diseño debe preverse para que sea seguro y así evitar realizar un plan de seguridad en la marcha y con limitaciones de espacio o bajo condiciones de alto riesgo. Un proceso no se puede estandarizar y optimizar si no se comienza por enfocarse en el pilar de seguridad porque no sirve un proceso rápido y riesgoso. El diseño higiénico no podría aprovecharse en un lugar inseguro y es de suma importancia manejarlo ya que parte de los dispositivos de seguridad contribuyen a la higiene del proceso simultáneamente.

Figura 58. **Dispositivos de entradas a PLC**



Fuente: *Sensores y dispositivos de automatización FESTO*. <https://goo.gl/gn81q8>. Consulta: mayo de 2018.

3.6.2. Modos de intervención

Durante el proceso de producción hay operaciones que los trabajadores deben realizar en contacto con la maquinaria lo cual representa un riesgo por lo que se establece su forma de protección para cada tipo.

Las intervenciones del equipo pueden dividirse en 5:

- Modo 0: es la intervención que se realiza con el equipo en funcionamiento y sin abrir las guardas.
- Modo 1: trabajo a través de guardas que tienen interlock o que detienen el proceso automáticamente.

- Modo 2: trabajo a través de guardas sin interbloqueo o trabajar dentro de la máquina sin desarmar la máquina. Para este tipo de actividad debe bloquearse el botón de arranque de la máquina.
- Modo 3: trabajo que implique desarmar un equipo. Se debe aplicar el procedimiento de bloqueo y etiquetado para lo cual debe bloquearse el botón de encendido con una capsula con candado y drenar todas las fuentes de energía para evitar accidentes por energía remanente.
- Modo 4: intervención con el equipo en marcha y con riesgo de tocar partes en movimiento. Se utiliza para ajustes de velocidad o limpieza que requiere el movimiento de los componentes para acceder a las partes que se deben limpiar. Se utiliza un mando a control para activar el movimiento de la máquina.

Figura 59. **Modos de intervención**

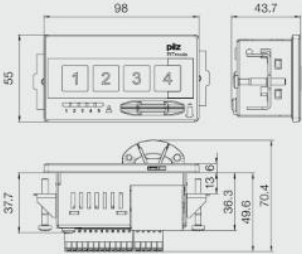
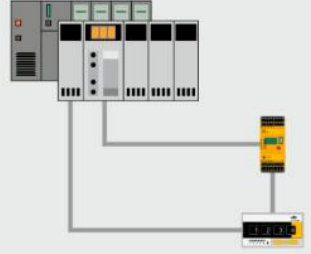
MODOS DE INTERVENCIÓN			
	MODO 0		MODO 2
	MODO 1		MODO 3

Continuación de la figura 59.

	MODO 4	
---	-----------	--

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Propuesta para selección de modos de trabajo**

Dimensions 	Higher level standard control system 	de Tecnología transpondedor, transmisor-responder Voltaje de suministro: 24VDC Temperatura 0-55°C Protección tipo IP54 
--	--	---

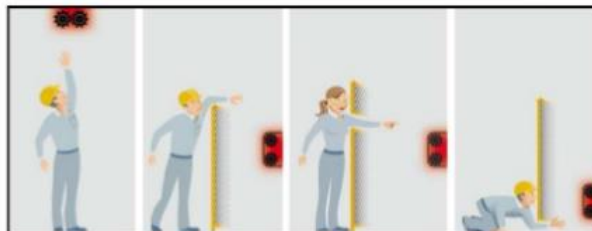
Fuente: Catálogo de dispositivos de seguridad de máquinas PILZ. <https://goo.gl/Z1WQrv>.

Consulta: mayo de 2018.

3.6.3. Requerimientos adicionales

Una de las formas de asegurar la reducción de riesgos es diseñar bajo normas de “Cero Accesos”. Los diferentes equipos que componen la línea y los alrededores deben evitar que el operario tenga contacto con los mecanismos que pueden dañar su integridad física por medio de espacios mínimos de alcance.

Figura 60. **Cero accesos**



Fuente: <https://goo.gl/dKzBWd>. Consulta: abril de 2018.

3.7. Zonas ATEX

Las zonas ATEX o atmósferas explosivas pueden darse en un proceso productivo que tenga el riesgo de fuga de un material altamente reactivo. Es común pensar en esto cuando se trabajan con combustibles, explosivos que son comúnmente peligrosos, sin embargo, es más común de lo que parece ya que existen una gran variedad de productos que pueden generar este tipo de atmósferas por que se generan al esparcirse en el ambiente lo cual es comúnmente no visible y puede ser peligroso frente a una fuente de ignición.

Figura 61. **Criterio de zonas ATEX**

Clasificación de zonas		Criterio
Gases, vapores o nieblas	Polvo	
ZONA 0	ZONA 20	Presencia de la atmósfera explosiva de forma permanente, prolongada o frecuente.
ZONA 1	ZONA 21	Presencia de la atmósfera explosiva de forma ocasional en condiciones normales.
ZONA 2	ZONA 22	Presencia de la atmósfera explosiva de forma anormal y brevemente.

Fuente: <https://goo.gl/1TaZKk>. Consulta: abril de 2018.

3.7.1. Control de zonas ATEX

Los productos como azúcares, polvos o harinas son inflamables y en las condiciones propicias podrían provocar una explosión alterando la seguridad del proceso. El factor que se puede controlar es la fuente de ignición ya que el producto en sí y la dispersión de él son inevitables, es por eso que el manejo de zonas ATEX se enfoca en eliminar cualquier fuente inminente de ignición.

Bajo el criterio de zonas ATEX se puede enumerar las áreas de la línea según los riesgos:

Tabla XLII. **Diferenciación de zonas ATEX en línea de leche**

Área	Zona ATEX	Puntos de Control
Abastecimiento	20	Empalmes Tableros Instalaciones eléctricas Calor sensible equipos Mecanismos de fricción
Llenado	21	
Embalaje	22	

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Requerimientos de diseño general

Los requerimientos de diseño para control de atmósferas explosivas comprenden la conexión a tierra de todo el sistema eléctrico, el equipo y eliminar cualquier fuente de chispa en el proceso.

Las fuentes de ignición pueden ser eléctricas, mecánicas, por calor o cargas electro-estáticas, estas fuentes deben de eliminarse por medio de un circuito que permita alojar las sobrecargas y dirigirlas correctamente.

Las conexiones a tierra pueden ser a masa o a tierra. La conexión a tierra es la más común en una instalación eléctrica y puede utilizarse en el área de producción sobre la estructura en sí. Se instala un circuito conductor a un electrodo de conexión a tierra ubicado dentro de la tierra. La conexión a masa se realiza desde las carcasas de los equipos y garantiza la prevención de fuentes de ignición provocadas por los equipos.

Se debe tener control de la temperatura del sistema de iluminación, el equipo, panel eléctrico y cualquier dispositivo que sea sensible al aumento de temperatura por el uso; ventilando el ambiente tanto por el calor como por las partículas suspendidas. Una limpieza continua y aspiración es necesaria para la higiene y seguridad del proceso.

3.8. Componentes

El equipo dependiendo de su grado de automatización tiene ciertos accesorios o componentes que controlan, monitorean o complementan los sistemas.

Tabla XLIII. **Especificaciones de los componentes del equipo de empaque**

Componente	Tipo/marca
PLC	Allen Bradley (Packline)/ OMRON (auger)
Conductores	Allen Bradley / Yaskawa (auger)
Motor - AC	SEW / Leroy Sommer
Motor - DC	sin motor DC
Caja de engranes	Bonfiglioli / Leroy Sommer
Rodamientos	SKF
Fotocelda	Sick
Detectores de Proximidad	Sick / Festo
Interruptores	Sick / Festo
Sistema Neumático	Festo
Panel eléctrico	RITTAL

Fuente: elaboración propia.

3.8.1. PLC

(PLC) o Controlador Lógico Programable es el nombre que se le asigna al cerebro o computadora del equipo. Este registra y maneja todos los parámetros del proceso que son automáticos y sustituye los previos contactores y relees utilizados para el control de los procesos. Anteriormente era muy difícil modificar los componentes por alguna variación en el equipo, sin embargo, ahora se pueden cambiar los procesos sin tener que cambiar el sistema de control. Entre sus características están:

- Reducción de tiempo al modificar los procesos
- Modificaciones sin costo de componentes extra
- Reducción de costos y tiempo de mantenimiento
- Control de varias máquinas bajo un mismo (PLC)

Tabla XLIV. **PLC para línea de empaque**

1756-L71S Logix 5571S Automation Controller 2/1M 1756L71S	
	
Tareas del controlador ControlLogix 5570	32 1000 tareas de programa
Tareas de eventos	Etiqueta consumida, cambios en los datos de entrada del módulo y eventos de movimiento
Memoria 1756-L71	2 MB +1 MB de seguridad
Puertos incorporados	puerto dual EtherNet / IP
Opciones de comunicación	EtherNet / IP Data Highway Plus E / S remotas SynchLink Cliente USB
Redundancia del controlador	Total

Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Conductores

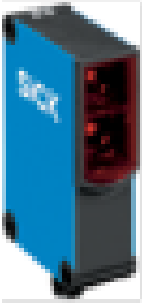
Los conductores son componentes complementarios que se encargan del manejo de la potencia o de manera general los motores que mueven ciertas partes en ejes establecidos. No se manejan bajo órdenes que son directas de computadora sino por comandos de coordenadas que indican un movimiento. Se complementa con un (PLC) el cual controla funciones que no se basan en un vector o movimiento como abrir o cerrar puertas, cambio de algún elemento o arranque.

3.8.3. Fotoceldas

En el equipo de empaque se utilizan fotoceldas para el proceso de codificación o impresión de fecha de caducidad, códigos u otros datos.

Una fotocelda detecta una variación en luz u opacidad para poder activar un componente bajo una señal eléctrica en este caso la impresora. Los empaques contienen una marca negra la cual es detectada y manda señal para que se realice la impresión dado el espacio correspondiente.

Tabla XLV. Especificaciones entradas a PLC

	Principio del sensor
	Fotocélula de reflexión directa
	Principio de detección
	Supresión de fondo
	Distancia de conmutación máxima
	30mm
	Conector M8 de 4 pines
	Tipo de conmutación: entre claro y oscuro
	Salida /aplicación en el proceso
	El codificador imprime en la posición adecuada.

Fuente: elaboración propia.

3.8.4. Detectores de proximidad

Los detectores de proximidad al igual que las fotoceldas funcionan como variables de entrada a un (PLC) el cual toma decisiones bajo los datos obtenidos. Los detectores de proximidad funcionan captando un haz de luz y emitiendo una señal. Puede ser utilizado para un proceso de embalaje donde se detecta el producto y se sella o cualquier otro procedimiento en el cual se requiera de detectar un objeto en una posición.

Tabla XLVI. Especificaciones de detector

	IMF, Sick sensores para entornos higiénicos
	Extremadamente resistentes al agua (IP 68/IP 69K)
	Carcasa de acero inoxidable (316L/1.4404)
	Resistente a los agentes limpiadores industriales según ECOLAB y Johnson Diversey
	Carcasa M12x1
	Distancia de conmutación menor a 4mm
	Salida/ aplicación en el proceso
	Embalaje

Fuente: elaboración propia.

3.8.5. Neumática

Los procesos en una empacadora están manejados bajo mandos neumáticos que a su vez su fuente son señales obtenidas a partir de los sensores. Por ejemplo, para abrir la compuerta pueda existir una señal de proximidad del producto y esto activar el sistema neumático para mover un componente. Un sistema de control neumático está compuesto de los siguientes grupos de elementos:

- Abastecimiento de energía.
- Elementos de entrada (sensores).
- Elementos de procesamiento (procesadores).
- Órganos de maniobra y accionamiento (actuadores)

3.8.6. Panel eléctrico

El panel es el componente que resguarda toda la alimentación eléctrica del sistema. Sus funciones son las siguientes:

- Distribuir: el sistema debe energizar diferentes equipos, componentes que no necesariamente están interrelacionados como la maquinaria, iluminación u otros.
- Controlar: se debe poder encender o apagar cada uno de los sistemas integrados en el panel ya sea para revisión, mantenimiento o limpieza.
- Proteger: cada panel debe contar con su sistema de seguridad en caso de apagones, sobre corrientes o fallas que se den durante el proceso que mantengan la integridad de los equipos y no produzcan un accidente.

3.8.7. Sensores de nivel

Los sensores de nivel son comúnmente utilizados en llenado de líquidos, sin embargo, también pueden aplicarse para el control del abastecimiento de la maquinaria la cual debe mantener un nivel continuamente, por lo tanto, se deben tener dispositivos que permitan detectarlo sin tener ningún contacto con

el producto para evitar la constante abertura o revisiones del proceso y la contaminación.

Tabla XLVII. **Especificaciones de sensor de nivel**

	-Carcasa métrica -Detecta polvo, granulados, líquidos y sustancias sólidas -Características eléctricas: CC de 2 y 4 hilos (en función del tipo) -Tensión de alimentación: CC 10 /40 V -Protección contra cortocircuito (cíclica) -Indicador de estado mediante LED -Clase de protección IP 67
	Instalación
	Escuadra de fijación de acero galvanizado
	Salida/aplicación en línea
	Abastecimiento de materia prima

Fuente: elaboración propia.

3.8.8. Sensores magnéticos de seguridad

Estos son utilizados en las guardas de la maquinaria que se activan al abrirse para detener el proceso en caso de una emergencia o rutinas de limpieza, retiro de empaques atorados y otras actividades que lo requieran. Se instalan en la puerta y se activan al quitar el contacto cuando se separa el control magnético.

Tabla XLVIII. **Especificaciones de sensor magnético**

	-Sensor magnético para todos los cilindros neumáticos comunes con ranura en T -Longitud total de 24 mm -El elemento sensor está montado en el extremo de la carcasa -Tipo de protección: IP 68 / IP 69K -Tornillo imperdible -Indicador de función LED
	Instalación
	Cable con conector M8 de 3 polos
	Salida/aplicación en línea
	Guardas de seguridad

Fuente: elaboración propia.

3.9. Inspección visual

Existen sistemas de la maquinaria que deben inspeccionarse por razones de limpieza, mantenimiento, control de parámetros y deben poder diseñarse para que se realicen las actividades de una manera fácil y segura.

Muchas veces representan puntos de control como por ejemplo el sistema de llenado y sellado de empaque o impresión de códigos. Estos sistemas deben estar cubiertos por guardas transparentes que permitan ver algún fallo o desviación del proceso a simple vista cuando la máquina está en funcionamiento. Las guardas deben permitir, dependiendo del proceso, abrirse para realizar actividades de limpieza, sacar un producto que este atracado o cualquier actividad en la cual el operario utilice sus manos o un aparato y pueda introducirlo sin ningún riesgo.

Tabla XLIX. **Puntos de inspección en línea**

Flujo de empaque	Llenado de tolva	Instrumentos de medición	Marcado de equipos
			
Giros de motor	Ensamblajes	Codificación del producto	
			

Fuente: Puntos de inspección en Malher, zona 12.

3.10. Calidad y rendimiento

Entre las especificaciones de la máquina deben definirse específicamente los parámetros de calidad y rendimiento en el proceso de llenado. La confiabilidad del equipo se respalda en las pruebas previas a su instalación y posteriores en la planta. Deben de cumplir los rangos establecidos en las pruebas SAT.

3.10.1. Requerimientos de calidad

La calidad es una medida de conformidad con respecto a un producto o servicio. Los criterios de calidad pueden variar dependiendo del producto y el nivel de automatización requerido.

La calidad referente al empaque puede medirse de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento de Calidad} = \frac{\# \text{ de paquetes producidos aceptados}}{\# \text{ de paquetes producidos}} (1)$$

Los paquetes aceptados pueden ser evaluados bajo distintas variables como peso, etiqueta, codificación, hermeticidad y es la razón por la cual se deben tener puntos de control de cada uno de los aspectos a calificar por medio de una inspección visual durante el llenado.

3.10.2. Requerimientos de rendimiento

El rendimiento de una maquinaria puede evaluarse bajo distintos criterios que se calculan para su aceptación y que figuran entre los estándares que una empresa debe tener para que el proceso represente un beneficio.

Los requerimientos son los siguientes:

- Eficiencia: es la medida en la cual un proceso utiliza de manera óptima los recursos y produce un resultado aceptable de productos en calidad y cantidad. Se puede trabajar con base en objetivos de tiempo cuando se tiene un parámetro que superar.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Objetivo de horas de producción}}{\text{Horas de producción efectivas}} (2)$$

- Desempeño: evalúa el total de horas de producción incluyendo paros con respecto a las horas de producción objetivo.

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{Objetivo de horas de producción}}{\text{Horas de producción totales}} \quad (3)$$

- Tiempo de paro: representa el tiempo que el equipo estuvo parado sobre el total de horas que la máquina estuvo ocupada. En la producción este tiempo se evalúa para reducirlo.

$$\text{Tiempo de paro} = \frac{\text{Horas de paro de máquina}}{\text{Horas de producción totales}} \quad (4)$$

- Confiabilidad Técnica: es el grado en que una máquina está disponible para producir en la velocidad y las condiciones normales sin alterar la calidad.

$$CT = \frac{\text{Tiempo medio entre fallas (TMF)}}{\text{TMF} + \text{tiempo medio en repararla}} \quad (5)$$

- Pérdidas de material: cuantifica la proporción entre la cantidad de material requerido para producir sin error ni pérdida y la cantidad real de material utilizado. Puede calcularse sobre la materia prima, empaques o embalaje.

$$CT = \frac{\text{material (cero pérdidas)} - \text{Cantidad real material}}{\text{Material (cero pérdidas)}} \quad (6)$$

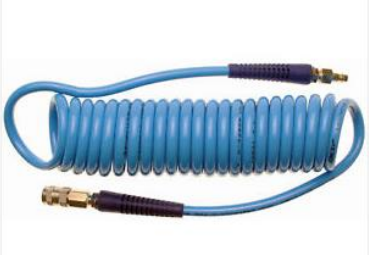
3.10.3. Calidad de sellado

La calidad del sellado de un empaque se aprueba bajo la demostración de su hermeticidad que se examina continuamente con una muestra representativa

de producción del producto y bajo la norma ASTM D3078-02 o ensayo de burbuja.

El ensayo consiste en sumergir un paquete en una cámara de vacío conteniendo agua como medio revelador produciendo así una presión en el paquete el cual puede fallar retirando una cantidad de burbujas que se identifican como filtraciones.

Figura 62. Sistema para prueba de burbuja de empaques

Modelo FP201413 Detector de fuga	Especificaciones
	Dimensiones
	510mmx35mm5x330mm
	Tiempo de ensayo
	30seg
	Dimensiones máximas de empaque
	480 x 330 x 250
Manguera de suministro de aire	Especificaciones
	Diámetro de conexión de la manguera ext. 12 mm
	• Longitud máxima: 6 m • Diámetro interior: 8 mm • Diámetro exterior: 12 mm • Presión máxima: 10 bares • Con acoplamiento rápido de 1/4" • Con protección anti-doblado en las conexiones • Conexiones girables • Manguera de poliuretano resistente • Peso: 0,7 kg

Continuación de la figura 62.

Adaptador	Especificaciones
	Adaptador G1/4" (hembra) con NPT 1/4" (macho)

Fuente: elaboración propia.

3.11. Medidas de prevención

Como medida de prevención durante el montaje e instalación de la maquinaria se utilizan hojas de ATS o Análisis de Seguridad en el Trabajo en donde se propone el trabajo a realizar junto con su evaluación de riesgos y los métodos, actividades y equipos a utilizar para minimizar el riesgo.

Las hojas se utilizan como permisos de trabajo u órdenes de trabajo desde la perspectiva de seguridad y deben ser aprobadas por un encargado de Seguridad e Higiene para poder concretarse.

Los permisos se realizan para trabajos en altura, trabajos en caliente, construcción, etc. El proceso debe ir acompañado por una supervisión para asegurarse que se cumple con el equipo y procedimientos propuestos en la descripción.

Figura 63. Formato de aprobación de trabajo

[illegible]

Fuente: Formatos de hojas ATEX, Malher zona 12.

3.12. Construcción módulo de aduana y bodega

La línea de fabricación se divide en 3 áreas principales:

- Abastecimiento de sacos
- Llenado de empaque
- Bodega y aduana

Cada una de estas áreas se diferencia por el nivel de higiene con que se debe trabajar. El Abastecimiento de sacos representa un área de higiene media por el contacto con la materia prima. El llenado de empaque representa un área de higiene alta el cual requiere de control total de temperatura y hermeticidad del cuarto. La bodega y aduana son áreas complementarias, sin embargo, son de mucha importancia.

La aduana es una forma de procurar la higiene de los operarios al ingreso de la línea y es un área donde el trabajador debe lavarse y colocarse un traje especial para poder entrar evitando el menor riesgo de contaminación.

La bodega es un área a tratar porque de ella se ingresa la materia prima y es el punto inicial del riesgo de contaminación por lo que la higiene es de suma importancia.

Figura 64. **Esquema de componentes para aduana de ingreso**

Representación gráfica	Componentes
	Estante para zapatos
	Lavamanos
	Dispensador de toallas
	Espejo para acomodo de cofias
	Colgador de ropa para uniforme
	Compartimiento para cofias y mascarillas
	Banca de concreto para cambio de zapatos
	Basurero

Fuente: <https://goo.gl/49X6FY>. Consulta: abril de 2018.

3.13. Montaje de maquinaria

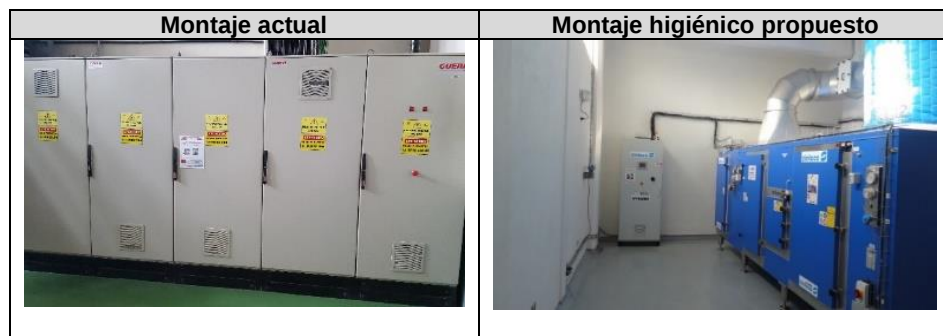
El montaje comprende la colocación de la maquinaria y equipos en el área establecida donde tendrá acceso a los suministros necesarios para su instalación posterior.

Los parámetros más importantes para el montaje son los siguientes:

- **Espacio:** la máquina debe tener un espacio prudente para el tránsito y otros equipos, muchas veces se planifica el espacio para la máquina olvidando dejar espacio para introducirla en la planta lo cual obliga a recurrir al demolimiento de muros o paredes que atrasan el proceso.
- **Cimentación:** la evaluación del suelo es importante por el peso que manejan los equipos junto con las vibraciones ya pueden deteriorar el suelo y la máquina a largo plazo por lo que es fundamental en el diseño.

- Acceso a suministros: un equipo debe montarse en un lugar donde tenga acceso a los suministros principales sin afectar el resto de líneas de producción.
- Seguridad: el proceso del montaje y el área donde se va a montar la maquinaria debe ser seguro y cumplir con las especificaciones mínimas de seguridad para funcionar.
- Higiene: el montaje no debe ser un obstáculo en los procesos de limpieza, sino se debe procurar colocar los equipos y accesorios de manera que se pueda cumplir con el protocolo de limpieza.

Figura 65. **Comparación de Montaje higiénico**



Fuente: Malher-Nestlé, Chimaltenango.

Cálculo de cimentación para equipo de empaque:

Para calcular la cimentación de deben establecer las medidas y cargas del equipo. Todas estas cargas son soportadas por el suelo y comprende una reacción que son en conjunto las siguientes cargas:

- La tensión propia del peso.
- La tensión producida por el peso del cimiento.
- Las cargas estáticas y dinámicas del proceso

Tabla L. **Tipos de cargas dinámicas**

Movimiento en Ejes principales	Movimiento Rotacional
Vertical	Balanceo
Horizontal	Pateo
Transversal	Cabeceo

Fuente: elaboración propia.

Establecer tipo de suelo:

Tabla LI. **Muestra de suelos zona 12**

MUESTRA	PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN
1	Prados de Castilla, Municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.	Arcilla con presencia de pómez, color café
2	Municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango.	Arcilla con presencia de pómez, color café claro
3	Ciudad Universitaria, zona 12, Ciudad de Guatemala.	Arcilla limosa con presencia de pómez, color café oscuro

Fuente: JIMÉNEZ GONZÁLEZ, Marta. *Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal.* p. 16.

Determinar carga permisible:

Tabla LII. **Carga permisible y coeficiente de compresión según tipo de suelo**

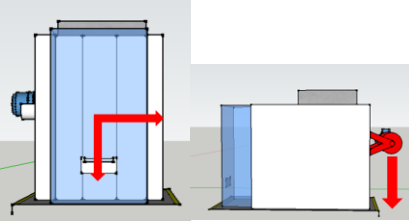
Categoría de Suelo	Grupo de suelos	Carga Permisible (kg/cm^2)	Coeficiente de compresión elástica uniforme (kg/cm^3)
I	Suelos poco resistentes (arcillas fangosas con arena en estado plástico); barro y arena fangosa. También suelos de categoría II y III con capa orgánica y turba	0-1,5	0-3,0
II	Suelos de resistencia media (arcillas y arcillas fangosas cerca del límite plástico, arenas)	1,5-3,5	3,0-5,0
III	Suelos fuertes (arcillas y arcillas fangosas con arena de consistencia dura; grava y arena gravosa; marga y suelos margosos)	3,5-5,0	5,0-10,0
IV	Roca	Mayor a 5,0	Mayor a 10,0

Fuente: CORONADO FLORES, Rafael Horacio. *Principios de diseño de cimentación de maquinaria industrial*. p. 31.

Con base en la muestra del suelo en el radio donde se ubica la empresa, realizada con anterioridad por la ingeniera Marta Jiménez, el tipo de suelo sobre el cual está ubicada la empresa está constituido por arcilla con arena de consistencia dura y limo. Teniendo en cuenta la constitución del suelo y la tabla anterior se tiene que el suelo pertenece a la categoría III, por lo tanto, se tiene una carga permisible de 3,5 – 5,0 kg/cm^2 .

Determinar esfuerzos:

Tabla LIII. **Esfuerzo aparente de equipo de empaque**

Vista frontal / vista lateral	Especificaciones
	Dimensiones de la base del equipo: Largo:178, 0 cm Ancho:135, 0 cm
	Peso neto de equipo: 900kg
	Capacidad del equipo: 50 bolsas de 100gramos por minuto.
	Carga rollo de empaque: 500kg
	Máximo ancho de rollo: 68, 0 cm
	Carga dinámica: vertical
Esfuerzo Estático: $\frac{(900+500+5)kg}{(1,78*1,35)m^2} = 0,06kg/m^2=$	La cimentación debe estar enfocada en dar soporte al anclaje y mitigar vibraciones

Fuente: elaboración propia.

Masa del cimientto:

La cimentación debe soportar las cargas aparentes y las vibraciones producidas por los elementos complementarios del equipo. Los criterios con los que se planificará son los siguientes:

- La masa del cimientto debe ser el doble que la de la maquinaria cuando está sometida a cargas estáticas.
- De dos a tres veces la masa de la maquinaria cuando esta presenta movimientos que crean fuerzas centrífugas.
- De tres a cinco veces la masa de la maquinaria si esta presenta movimientos oscilantes.
- El Grosor del cimientto debe ser mayor que 1/5 de la dimensión más pequeña del cimientto o 1/10 de la dimensión mayor del cimientto.
- Los lineamientos generales también especifican que un 75-80 % del grosor del cimientto debe permanecer empotrado en el suelo.²⁷

²⁷ CANO LÓPEZ, Ariel. *Gestión y diseño del montaje de una línea de producción de aglomerados del centro de investigaciones de la facultad de ingeniería.* p. 119.

Según las especificaciones anteriores el cimiento debe tener un grosor de:

$$\text{Grosor} = \frac{1}{10(178\text{cm})} = 17,8\text{cm}$$

Y una masa igual a:

$$\text{Masa cimiento} = 3 \cdot 1405\text{kg} = 4\,250,0\text{kg}$$

Materiales:

De forma general el cimiento se compone de una estructura de cemento, arena y grava en una mezcla con agua y con un refuerzo de metal. Se deben determinar cada uno de los elementos según el requerimiento anterior.

Tabla LIV. **Asentamiento para planificación de mezclas**

Estructura	Asentamiento (cm)
Cimientos, muros reforzados, vigas, paredes reforzadas y columnas	10
Pavimentos y losas	8
Concreto masivo	5

Fuente: Método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Según la tabla anterior el asentamiento recomendado es de 10cm para la cimentación.

Tabla LV. **Cantidad de agua a utilizar por asentamiento**

Asentamiento en cm	Cantidad de agua litro/metro cúbico				
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1"	1 1/2 "
3 – 5	205	200	185	180	175
8 – 10	225	215	200	195	180
15 - 18	240	230	210	205	200

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Para un asentamiento de 10 cm, y un agregado de 3/4" se recomienda la cantidad de 200 litros de agua por metro cúbico. La proporción de agua es un factor determinante en la resistencia de la estructura por lo que se evalúa en la siguiente tabla.

Tabla LVI. **Proporción de resistencia contra agregado de agua**

Resistencia en kg/cm ²	Relación agua/cemento
352	0,47
316	0,50
281	0,54
246	0,57
210	0,60
176	0,64

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

Con base en la tabla anterior, se debe tener una relación de 0,57 de agua y cemento para la mezcla.

Cantidad de cemento:

Con la siguiente relación se puede obtener la cantidad de cemento que cumple con la proporción adecuada de 0,57.

$$\text{Cemento: } \frac{200 \text{ kg agua}}{\frac{\text{m}^3}{0,57}} = 351 \text{ kg cemento/m}^3$$

Cantidad de agregado:

El porcentaje de arena o agregado fino se determina igualmente con proporción al tamaño que posee el agregado grueso.

Tabla LVII. **Agregado fino**

Tamaño máximo del agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado Total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

Fuente: método propuesto por el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

A un agregado de 3/4" le corresponde un 44% de agregado fino sobre el total de agregado. La cantidad de agregado total a utilizar se obtiene de la diferencia entre el peso unitario del cemento y la cantidad de agua con cemento a utilizar. Para efecto de cálculo se utiliza un peso unitario de concreto igual a 2 400 kg/m³.

$$2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 351 \text{ kg} \frac{\text{cemento}}{\text{m}^3} - 200 \text{ kg} \frac{\text{agua}}{\text{m}^3} = \frac{1840 \text{ kg}}{\text{m}^3} \text{ agregado total}$$

Sobre el total de agregado el 44% es de agregado fino.

$$\frac{1840 \text{ kg agregado total}}{\text{m}^3} * 0,44 = 814 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ agregado fino}$$

Por lo tanto, el agregado grueso sería la resta del total y el agregado fino.

$$\frac{1840 \text{ kg}}{\text{m}^3} - 814 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{1036 \text{ kg}}{\text{m}^3} \text{ agregado grueso}$$

A continuación, se presenta la propuesta para la cimentación del equipo.

Estructura metálica:

La estructura metálica es la que soportará los esfuerzos de tensión y vibratorios ya que la estructura de cemento es la que soporta las cargas de compresión de mejor manera brindando así una protección integral sobre las cargas producidas por la instalación del equipo.

Tabla LVIII. **Propiedades de varillas de acero**

Propiedades mecánicas mínimas	Grado 40	Grado 60
Límite de fluencia	40 000 psi	60 000 psi
Máxima resistencia	60 000 psi	90 000 psi

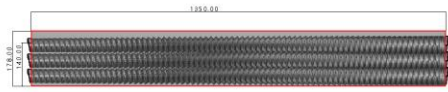
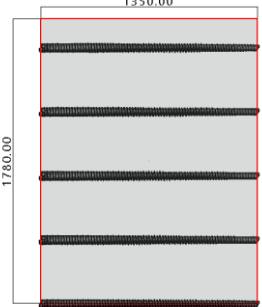
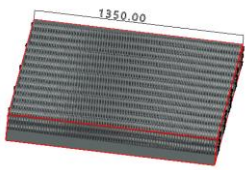
Fuente: Aceros de Guatemala. <http://www.acerosdeguatemala.com/>. Consulta: mayo de 2018.

Tabla LIX. Especificaciones de diseño

Detalle	Especificaciones
Masa del cimiento	4200kg
Dimensiones	(1,78*1,35*0,178)= metros con 10 cm de holgura 0,46m3
Peso unitario del cemento 2 400 kg/m ³	
Arena	814 kg
Agua	200 kg
Cemento	351 kg
Piedrín	1036 kg
Tipo de concreto	
Instalación	10 cm alrededor del equipo
Porcentaje empotrado	0,14m
Estructura metálica	Barras de acero corrugado ASTM A615/A615 M

Fuente: elaboración propia.

Figura 66. Esquema de cimentación

Vistas principales	Especificaciones
	Altura de cimentación y altura de empotrado.
	Área de cimentación ** La separación de varillas mostrada no representa dimensiones reales solamente para efectos de ilustración. Se recomienda una separación de 5 a 10 cm de los bordes de la zapata y entre varillas cruzadas no deben superar los 30 cm.
	Vista isométrica de cimentación propuesta

Fuente: elaboración propia utilizando Powershape de Autodesk 2018.

3.13.1. Obra gris

En esta etapa constructiva se conforman las 3 principales áreas de producción.

Tabla LX. Renglones de trabajo de obra gris en Malher

Construcción de Módulo de Higiene Media Abastecimiento de Sacos 3x2,28x3 metros	
Cantidad	Descripción de Renglón de Trabajo
1	Cerramiento del área por trabajos a realizar
1	Cimientos de concreto y hierro, columnas, soleras, losa del área
1	Pared frontal de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 2,28m con botapolvos de ambos lados
2	Paredes laterales de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 3m, con botapolvos de ambos lados
1	Instalación de pared frontal de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con 2m de altura, con longitud de 2,28m
2	Instalación de paredes laterales de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con 2m de altura, con longitud de 3m
1	Instalación de techo de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con área de 3x2,28 metros
1	Instalación de curvas sanitaria en piso, paredes y techo, con 3" de radio
1	Instalación de piso epóxico de 16 miles, color azul Nestlé del área 3x2,28m
1	Instalación de dinteles y puerta de ingreso/egreso, con medidas 0,5x2,1m, con guardapolvos y empujador de ambos lados, abre hacia afuera
2	Instalación de dinteles y puerta corrediza vertical, con medidas 0,7x0,60m, colocados a 0,50m de altura, selladas herméticamente
0	Instalación de bases de concreto, con curva sanitaria de 1/2" de radio, con pintura epóxica Azul Nestlé, para transportadores de rodillos
Mejoras de Módulo de Higiene Alta Llenado y Empaque 4,48x5,48x5 metros	
1	Cerramiento del área por trabajos a realizar
1	Desinstalación general de tuberías, servicios, ductos, maquinaria y equipos
0	Desinstalación general de termopanel actual, paredes laterales de 4,48x3,5m, paredes frontales de 5,48x3-5m, techo de 4,48x5,48m + 3 ventanas y 1 puerta
0	Cimientos de concreto y hierro, columnas, soleras, losa del área
0	Paredes frontales de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 5,48m, con botapolvos de ambos lados
0	Paredes laterales de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 4,48m, con botapolvos de ambos lados
2	Instalación de pared de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, en paredes laterales, el agregado es de 2,15x2m

Continuación de la tabla LX.

1	Instalación de pared de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, en pared frontal, el agregado es de 5,48x2m
1	Instalación de techo de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, el agregado es de 5,48x2,15m
2	Instalación de pared de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, en paredes laterales con termopanel actual de 4,48x3-5m
2	Instalación de pared de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, en paredes frontales con termopanel actual de 5,48x3-5m
1	Instalación de techo de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con termopanel actual de 4,48x5,48m
0	Instalación de pared frontal de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con 4m de altura, con longitud de 5,48m
0	Instalación de pared lateral de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con 4m de altura, con longitud de 4,48m
0	Instalación de techo de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con área de 4,48x5,48 metros
1	Saneamiento de pared de termopanel actual + refuerzos metálicos, en perímetro del área 4,48x5,48x5m
1	Instalación de curvas sanitaria en piso, paredes y techo, con 3" de radio
1	Instalación de piso epóxico de 16 miles, color azul Nestlé del área 4,48x5,48m
0	Instalación de dinteles y puerta de ingreso/egreso, con medidas 1,20x2,2m, con guardapolvos y empujador de ambos lados, abre hacia afuera
1	Reparación de puerta de termopanel actual + instalación de empaques y accesorios necesarios para sellar herméticamente
1	Reparación de ventana acrílica frontal + instalación de marcos, empaques y accesorios necesarios para sellar herméticamente, área de 1,6x1,5m
1	Reparación de ventanas acrílicas laterales + instalación de marcos, empaques y accesorios necesarios para sellar herméticamente, área de 2,15x1,5m
0	Instalación de dinteles y puerta corrediza vertical, con medidas 0,5x0,4m, colocados a 0,50m de altura, selladas herméticamente
1	Saneamiento de pared de termopanel actual + refuerzos metálicos, en apertura de ingreso/egreso de MP, área de 0,65x0,55m
1	Saneamiento de pared de termopanel actual + refuerzos metálicos, en apertura de ingreso/egreso de PT, área de 4x0,35m
1	MO de soldador certificado para soldar acero inoxidable, para fabricación completa de mezanine de acero inoxidable, con medidas aprox. 5x3,2x2,85m Incluye fabricación de 16 gradas, baranda alta, baranda media y rodapié, TODO EL MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE
0	Instalación de bases de concreto, con curva sanitaria de 1/2" de radio, con pintura epóxica Azul Nestlé, para transportadora de rodillos y banda
0	Instalación de bases de concreto, con curva sanitaria de 1/2" de radio, con pintura epóxica Azul Nestlé, para mezanine de acero inoxidable
0	Instalación de bases de concreto, con curva sanitaria de 1/2" de radio, con pintura epóxica Azul Nestlé, para máquina de llenado y empaque
	Construcción Módulo de Aduana y Minibodega 3x3.2x3 metros
0	Cerramiento del área por trabajos a realizar
0	Desinstalación general, 1 puerta de ingreso/egreso, 2 ventanas laterales, 1 lampara + cables y mobiliario de aduana temporal

Continuación de la tabla LX.

0	Demolición de paredes, techo y estructura de aduana actual
0	Cimientos de concreto y hierro, columnas, soleras, losa del área
0	Pared frontal de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 3,2m con botapolvos de ambos lados
0	Pared lateral de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 3m, con botapolvos de ambos lados
0	Pared frontal de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 2m con botapolvos de ambos lados
0	Pared lateral de soporte para termopanel, con block de 20cm, con 1m de altura, con longitud de 1,5m, con botapolvos de ambos lados
0	Instalación de pared frontal de termopanel de 2 1/2"+ refuerzos metálicos, con 2m de altura, con longitud de 3,2m
0	Instalación de pared lateral de termopanel de 2 1/2"+ refuerzos metálicos, con 2m de altura, con longitud de 2
0	Instalación de pared frontal de termopanel de 2 1/2"+ refuerzos metálicos, con 2m de altura, con longitud de 1,5m
0	Instalación de pared lateral de termopanel de 2 1/2"+ refuerzos metálicos, con 2m de altura, con longitud de 3m
0	Instalación de techo de termopanel de 2 1/2" + refuerzos metálicos, con área de 3x3,2 metros
0	Fabricación de banca de concreto, con medidas 1,5x0.4x0,5m
0	Instalación de curvas sanitaria en piso, paredes y techo, con 3" de radio
0	Instalación de piso epóxico de 16 miles, color azul Nestlé del área 3x3,2m
0	Instalación de dinteles y puerta de ingreso/egreso, con medidas 0,5x2,1m, con guardapolvos y empujador de ambos lados, abre hacia afuera
0	Fabricación e instalación de muebles de acero inoxidable para almacenar zapatos

Fuente: elaboración propia.

3.13.2. Anclaje

El anclaje de la maquinaria se realiza para brindarle estabilidad, precisión en su operación y evitar desajustes posteriores. Se realiza colocando pernos a profundidad que puedan soportar los esfuerzos vibratorios, tensión y corte. El anclaje puede complementarse con bases o patas ajustables o antivibratorias.

Los pernos dependiendo de su diámetro tienen cargas permisibles que se detallan a continuación con la siguiente tabla.

Tabla LXI. **Cargas permisibles en pernos**

Diámetro (pulgadas)	Anciaje Mínimo (centímetros)	Esfuerzo mínimo en el concreto (kg/cm^2)		
		Corte		Tensión
		141	211	141 a 352
1/4	6,4	227	227	91
3/8	7,6	499	499	227
1/2	10,0	907	907	431
5/8	10,0	1 247	1 361	680
3/4	12,7	1 334	1 615	1 021
7/8	15,2	1 624	1 882	1 451
1	17,8	1 624	1 882	1 451
1 1/8	20,3	1 624	2 041	1 451
1 1/4	22,9	1 624	2 404	1 451

Fuente: CORONADO FLORES, Rafael Horacio. *Principios de diseño de cimentación de maquinaria industrial*. p. 39.

Para dimensionar el anclaje de deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Diámetro de la varilla: se elige según los esfuerzos aparentes calculados de los equipos como base para la cimentación.
- Longitud mínima: la longitud debe ser de al menos 40 veces el diámetro para pernos con pata en el extremo
- Longitud de pata: se debe mantener una proporción de 4 a 6 diámetros del perno.
- Orificio del cimient: el orificio del cimient debe ser de 3 a 4 diámetros del perno para introducir la varilla.²⁸

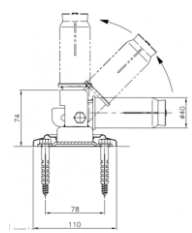
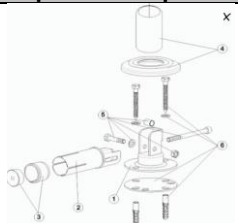
Tabla LXII. **Parámetros para colocación de anclaje**

Diámetro de varilla	1/4"
Longitud mínima	1/4"(40) = 10"
Longitud de Pata	1/4"(6) = 6/4"
Orificio del cimient	1/4"(3) = 3/4"

Fuente: elaboración propia.

²⁸ CANO LÓPEZ, Ariel. *Gestión y diseño del montaje de una línea de producción de aglomerados del centro de investigaciones de la facultad de ingeniería*. p. 119.

Figura 1. Anclaje higiénico

Plano mecánico	Imagen
	
Diagrama de explosión de partes	Especificaciones
	Anclaje articulado marca Astralpool. Pletina de acero inoxidable AISI 403 Acabado: pulido Eje de giro con tornillo y tuerca autoblocante. Tubo de Ø 43 mm Base antivibratoria atornillada

Fuente: Ficha técnica de Montaje Higiénico. <https://goo.gl/DvBZfa>. Consulta: abril de 2018.

3.13.3. Acabados estructurales

Parte complementaria del diseño son los acabados como curvas de sanidad, ventanas, puertas, trabajo de techo que si bien se realizan de último son importantes en el proceso.

La curva de sanidad permite un diseño libre de equinas donde pueda acumularse el polvo o de difícil acceso a la limpieza. Se forma realizando un radio entre paredes, techos, columnas y pisos. Comúnmente es complementado con pintura epóxica o recubrimiento plástico que cubre la porosidad de la construcción y facilita la limpieza.

Las ventanas y puertas luego de instalarse deben de tener un reborde que cubre la separación entre el marco y la pared para evitar la transparencia de suciedad procurando ser lo más hermético posible.

Las paredes deben protegerse de la humedad para lo cual se utilizan recubrimientos especiales que bloquean la humedad o permiten transpirar a las paredes de mejor manera.

Algunas estructuras metálicas del techo o de la planta en general pueden sobresalir y estas están propensas a oxidarse y corroerse por lo que deben ser tratadas antes de colocar un recubrimiento y curvas de sanidad.

Tabla LXIII. **Acabados higiénicos de planta**

Acabado	Especificaciones
Ventanas 	Ventanas de acrílico con revestimiento para sellado hermético.
Curva sanitaria 	Piso y techo de 3 pulgadas de radio
Puertas de acero inoxidable 	Acero inoxidable AISI 304 antihuellas. Resiste a casi todos los agentes de corrosión utilizados en la industria. Marco fabricado en acero inoxidable de alta resistencia de 1,2mm. Alojamiento para junta de humos frios, provisto de garras de anclaje y agujeros para fijación mediante tornillos. Hojas de 40 o 50 mm, fabricada en acero inoxidable AISI 304 de 0,7mm. Su aislamiento interior : cortafuegos Peso de la puerta: 31 Kg/m2.
Pintura epóxica 	Pintura epóxica de alto rendimiento y grado alimenticio. 3mm de espesor

Fuente: elaboración propia.

4. DISEÑO HIGIÉNICO

4.1. Principios generales de diseño higiénico

El objetivo del diseño higiénico es eliminar o mitigar las fuentes de contaminación dadas en un proceso productivo, reducir los controles de higiene y aligerar las actividades de limpieza.

Figura 67. Acabados higiénicos de Planta

1	Diseño higiénico de las instalaciones	• Pisos, paredes, techos y desagües higiénicos. • Zonificación. • Food Defense. • HVAC, cableado, ductos y gabinetes.	
2	Servicios higiénicos	• Agua, vapor. • Calidad del aire.	 
3	Diseño higiénico de equipos y procesos	• Materiales de construcción. • Soldadura higiénica. • Mantenimiento. • Limpieza y drenaje.	 
4	Limpieza y Desinfección	• Limpieza in situ (CIP). • Limpieza en seco, exterior y de planta abierta. • Procedimiento de limpieza. • Validación de limpieza. • Limpieza y desinfección química.	        
5	Higiene Personal	• Vestimenta (Ej.: equipos limpieza manos y zapatos). • Hábitos higiénicos. • Prácticas higiénicas.	

Fuente: European Hygienic Engineering and Design Group, 2017.

4.1.1. Diseño higiénico de equipos

Los equipos se consideran fuentes de contaminación directa puesto que están en contacto con la materia prima en primera instancia. El producto puede contaminarse por fragmentos de un componente, lubricantes, químicos o el

propio material de la máquina. Por estas razones el diseño comienza por los equipos a utilizar para producir.

Tabla LXIV. **Criterios para diseño de equipos**

	1. Fácil limpieza
	2. Rugosidad mínima
	3. Evitar uniones desmontables
	4. Producto debe escurrir al exterior
	5. Evitar espacios muertos
	6. Fácil de desmontar
	7. Juntas estancas e higiénicas
	8. Evitar acumulación en zonas de contacto con el producto
	9. Materiales inertes
	10. Materiales no porosos

Fuente: Principios básicos de Diseño higiénico, AINA. 2012.

4.1.1.1. Materiales

Los materiales con los que está conformada una máquina empacadora no deben alterar el producto en su composición ni sus propiedades que percibimos a través de los sentidos como lo son: sabor, textura, color, olor, temperatura y de ninguna manera debe representar un peligro para la salud.

Ningún material que pueda corroerse, alterarse por la temperatura o desprenda por alguna reacción un componente tóxico puede utilizarse. El acero inoxidable es el material más común para el diseño de equipos y componentes.

El acero inoxidable no es más que un acero común con una capa protectora de cromo. La constante oxidación, o tener contacto con el oxígeno, hace formar una capa no de óxido de hierro sino de óxido de cromo que protege

al material. De manera general son resistentes a los agentes químicos de limpieza, inertes y fáciles de limpiar.

El aluminio y sus aleaciones también son muy utilizados por su resistencia a la corrosión, además que pueden ser tratados química o físicamente para su endurecimiento y resistencia al desgaste.

Algunos polímeros son utilizados como complementos, sin embargo, deben de evaluarse bajo parámetros de sensibilidad térmica, transmisión de agentes nocivos y resistencia a los elementos de limpieza.

Figura 68. **Composición de los aceros inoxidable**

Componente	Norma AISI			
	304	304L	316	316L
Carbono (max)	0,08	0,03	0,08	0,03
Cromo	18-20	18-20	16-18	16-18
Níquel	8-12	8-12	10-14	10-14
Molibdeno	—	—	2-3	2-3
Manganeso (max)	2	2	2	2
Fósforo (max)	0,045	0,045	0,045	0,045
Azufre (max)	0,030	0,030	0,030	0,030
Silicio (max)	1	1	1	1

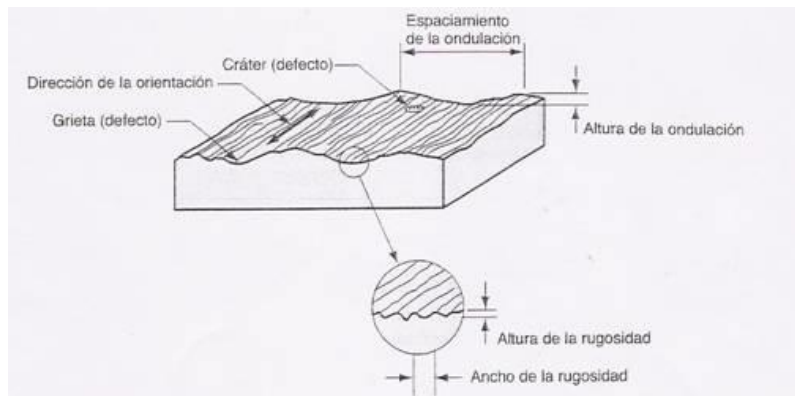
Fuente: <https://goo.gl/Vq2CsX>. Consulta: enero de 2018.

4.1.1.2. Superficies

Tanto las superficies que tienen contacto con el producto como las auxiliares deben ser homogéneas, lavables, inertes y libres de corrosión. Los materiales que vemos aparentemente lisos si los analizamos bajo un microscopio podemos ver cierta rugosidad que se visualizan como picos en

donde la suciedad puede encontrar donde alojarse. Para un diseño higiénico se recomienda al menos un valor de $0,8\mu\text{m}$ o menor de promedio de rugosidad esto según la norma ISO 468.

Figura 69. **Rugosidad**



Fuente: <https://goo.gl/ok3xCt>. Consulta: enero de 2018.

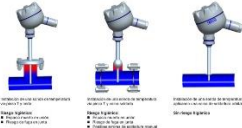
4.1.1.3. **Uniones**

Las uniones deben ser estrictamente necesarias, es decir, si se puede adquirir una pieza completa, un conducto o cualquier elemento individual se debe preferir. Si fuera necesario unir dos piezas se requiere que no se filtre el producto o suministros en las juntas.

Los elementos de unión requieren de limpieza por lo que se necesita tener acceso a ellos, cubrirlos o utilizar juntas adecuadas y tuercas ciegas.

Algunos elementos pueden ser desmontables para su limpieza, se deben usar empaques adecuados para evitar la contaminación los cuales requieren de inspección constante para su reemplazo.

Tabla LXV. **Uniones higiénicas propuestas para los sistemas**

Ejemplo	Tipo
	Unión soldada
	Unión clamp, acero inoxidable
	Unión DIN (unión doble) y otras uniones con rosca sanitaria
	Unión con bridas higiénicas
	Racores para aire comprimido

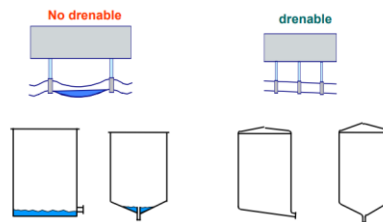
Fuente: elaboración propia.

4.1.1.4. **Drenabilidad**

Todos los sistemas por los cuales se conduzca un producto ya sea líquido, gas o sólido debe poder purgarse o drenarse en sitios adecuados evitando así puntos de acumulación o estanco del material.

El drenado debe ser fluido sin provocar que el producto salga inesperadamente y contamine el área. Los puntos de evacuación deben poseer un ángulo adecuado para retirar el material y los artículos de limpieza utilizados en el proceso. Al menos 1% de inclinación deben tener la tubería para poder desahogar el flujo sin afectar la velocidad de salida.

Figura 70. **Drenabilidad**

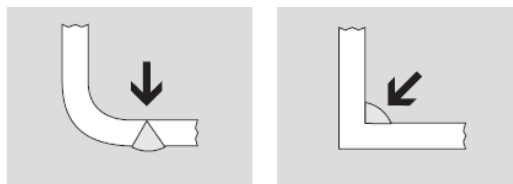


Fuente: OSORIO, Rafael. *Principios Generales de Diseño Higiénico*. p.3.

4.1.1.5. **Ángulos**

Los detalles en los que más se enfoca el diseño estructural y obra gris son las esquinas. Un diseño que propicia la higiene no puede tener ángulos o radios tan pequeños en los cuales se pueda concentrar la suciedad.

Figura 71. **Radios en uniones**



Fuente: Diseño de máquinas y especificaciones de diseño, FESTO.

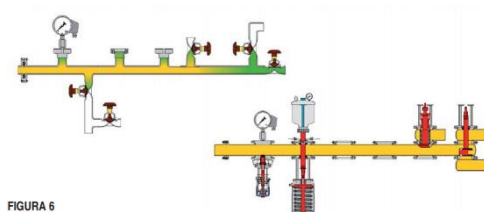
Se observa en la figura anterior que se debe evitar unir de forma que se dejen ángulos. Se deben trabajar con radios de al menos cinco centímetros entre paredes y en otras estructuras se tolera tres milímetros si son del equipo a trabajar.

4.1.1.6. Zonas muertas

Hay que prevenir que se formen puntos de acumulación de producto en todo el proceso productivo o en cualquier caso el área debe ser limpiable fácilmente.

En las zonas de empacado suele caer producto en el equipo el cual puede ser aspirado constantemente para evitar su acumulación.

Figura 72. **Zonas muertas en tuberías**



Fuente: SORO, Rafael, *Diseño Higiénico de equipos clave para la inocuidad*. p. 5.

4.2. Diseño higiénico de instalaciones

Tanto los equipos como la construcción en general deben poder limpiarse de una manera fácil, evidenciar la suciedad, y ser resistentes ante cualquier químico que se utilice en su limpieza.

4.2.1. Contaminación cruzada

Es el proceso por el cual se transfieren elementos contaminantes a los productos o equipos por trabajar un producto diferente, por provenir de un ambiente diferente o ser manipulado por otra persona que está infectada.

En el caso de la producción de leche al cambiar de fórmula o formato se puede contaminar el nuevo producto por restos del anterior que, aunque también llevan un proceso controlado para procurar su inocuidad si no se limpia todo el sistema los restos de materia pueden ser agentes que almacenen microorganismos que afecten el artículo final.

Cuando se trabaja con ambientes controlados es de suma importancia evitar que cualquier producto que provenga de otro ambiente ingrese al área de producción puesto que sus características pueden no conservarse íntegras o ser un elemento extraño.

Los procesos productivos se deben dividir en diferentes zonas las cuales se marcan bajo aduanas de ingreso que obligan a los operarios a ingresar a cambiarse completamente y protegerse tanto ellos como el producto de organismos ajenos ya sea durante la producción o cambio de turno. La utilización de cofias, trajes de cuerpo completo sin bolsas ni botones o *zippers*, botas altas de hule son de uso obligatorio.

Tabla LXVI. **Control de contaminación cruzada**

Fuente de contaminante	Control
Zapatos, ropa	Desinfección y limpieza de uniformes
Piel	Limpieza en aduana de ingreso
Sacos de materia prima	Módulo de apertura de sacos separado de ingreso a tolva
Contaminación ambiente	Puerta rápida
Contaminación de otras líneas de producto	Módulo de leche con ventanas y puertas de cierre hermético
Flujo de aire hacia adentro	Aire acondicionado constante ventana de cierre hermético cuando se detiene su uso.
Reingreso a módulo de leche	Solamente por aduana de ingreso y no por planta general de producción.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Limpieza y desinfección

La diferencia entre estos dos conceptos es que la limpieza es la eliminación de suciedad a groso modo; lo que comúnmente podemos ver. Desinfectar implica la reducción o eliminación de microorganismos o bacterias en una superficie.

Tabla LXVII. Utensilios de limpieza

W: pasillos y corredores B: suministro G: empaque, almacén R: producción O: servicios Y: áreas sanitarias P: laboratorio de calidad BK: áreas comunes o exteriores 	Códigos de color de utensilios de limpieza y desinfección
Limpieza de tuberías aéreas, estructuras y canaletas de cableado 	Barrer polvos en zonas reducidas 
Barrido de polvos finos sobre mesas, equipos y bandas transportadoras 	Uso de interior y exterior de equipos, tuberías, y tolvas para limpieza sanitaria 
Limpieza en engranajes, interior de maquinaria y bandas transportadoras 	Limpieza de tamices, exterior de tuberías, exterior de mezcladoras y molinos 
Paño de microfibra para uso en seco o húmedo 	Barrido de polvos finos 

Continuación de la tabla LXVII.

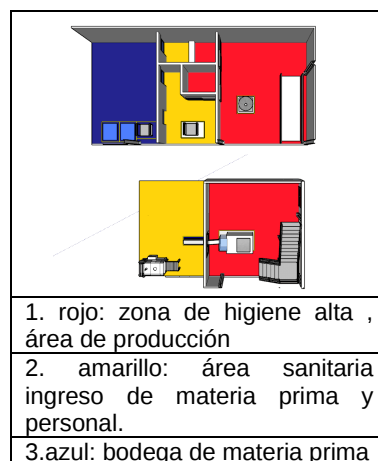
Organizador para utensilios de limpieza 	Barrido en piso, zócalos, paredes 
--	--

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Clasificación de zonas

Se le conoce como zonificación en donde se establece el nivel de higiene dependiendo del proceso que se lleve a cabo en cierto lugar. Las tolerancias son distintas y las especificaciones de diseño como se mencionó en el capítulo anterior también lo son. Al establecer las zonas se proyectan los flujos del proceso y por ende las barreras que deben tenerse para pasar de una zona a otra.

Tabla LXVIII. Clasificación de zonas de higiene en línea de leche

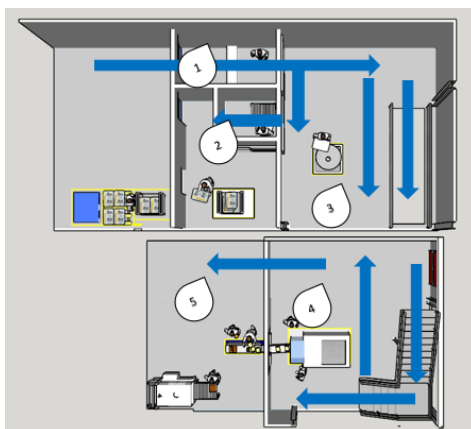


Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

4.2.3.1. Flujo de personas

Especifica el movimiento de las personas en el área de producción durante el proceso productivo, cambio de turno, mantenimiento, etc. Se debe diseñar para reducir los traslados innecesarios o repetidos y también el ingreso y egreso constante en áreas de higiene media o alta.

Figura 73. Flujo de personas en línea de leche



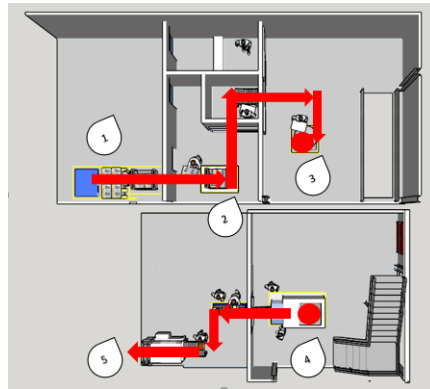
1.	Área de aduana de Ingreso (todos los operarios deben pasar por aduana)
2.	Ingreso al área de abastecimiento de sacos
3.	Ingreso a Tolva de llenado
4.	Ingreso a Línea de producción área de higiene alta
5.	Salida a Planta , zona de higiene media

Fuente: elaboración propia utilizando SketchUp 2016.

4.2.3.2. Flujo de productos

Establece el recorrido de la materia prima previo a convertirse en un producto hasta su embalaje. La manipulación humana debe ser mínima; debe tener contacto con la menor cantidad de quipos de transporte y cambio de ambiente

Figura 74. **Flujo de productos en línea de leche**



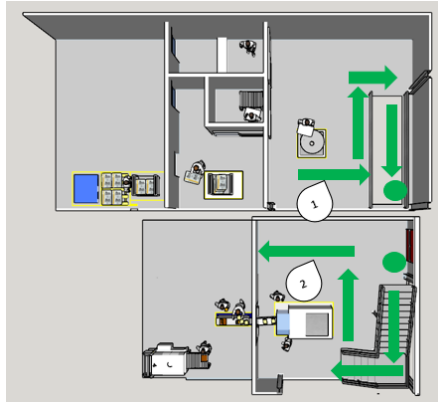
1.	Abastecimiento de Materia prima
2.	Se abren los sacos para tolva de alimentación
3.	Se ingresa el producto a la tolva
4.	El equipo dosifica y empaca el producto
5.	Embalaje, el producto se dirige a bodega de producto terminado

Fuente: elaboración propia utilizando SketchUp 2016.

4.2.3.3. **Flujo de residuo**

En todos los procesos de producción existen sobrantes o desperdicio de material el cual no debe permanecer en la planta y debe desecharse, reutilizarse o tratarse continuamente y de la manera adecuada.

Figura 75. **Flujo de residuos en línea de leche**



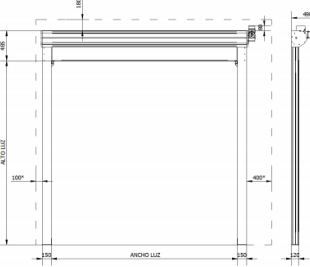
1.	Los residuos o desperdicios de la tolva se aspiran (aspiradora 1)
2.	Los residuos del equipo se aspiran (aspiradora 2)
3.	Ambos desperdicios se llevan al resto de la planta para su clasificación

Fuente: elaboración propia utilizando SketchUp 2016.

4.2.3.4. **Barrera**

Existen barreras físicas que dividen las zonas de higiene como las ventanas, puertas o paredes que deben funcionar herméticamente para no transmitir el flujo de otras zonas de diferente higiene a zonas de alta higiene. Tienen que ser inspeccionadas siempre y ser traspasadas solo si es estrictamente necesario.

Tabla LXIX. **Puerta rápida para abastecimiento de sacos**

	Puerta rápida enrollable 104 SF
	Acceso rápido y seguro para zonas refrigeradas
	Área: 4000 (mm) Altura: 4000 (mm)
	Velocidad de apertura: turbo hasta 2m/s
	Velocidad de cierre: hasta 0,6m/s
	Tambor de enrollado de aluminio
	PVC: Ignifugo Tipo M2, ESPESOR 1,5 mm (1600gr/m2)
	Motorización: directa a eje
	Sistema de seguridad: sistema anticaída, cortina de seguridad
	Cuadro eléctrico con convertidor y autómatas: medidas 300x400x200(mm); protección IP65.
	Perfilería de acero inoxidable
	**Medidas requeridas para operaciones de instalación y mantenimiento.
	Tensión de alimentación, frecuencia y potencia: 220-240 V a.c., 50-60 Hz 0,55-0,75 kW
	*Atenuación del ruido aéreo.
	*Resistencia térmica.
	*Permeabilidad al aire.

Fuente: elaboración propia.

4.3. **Diseño higiénico como factor de ahorro**

El diseño en general representa una forma de inversión que de cualquier forma se traduce en ahorro porque se establecen parámetros bajo los cuales trabajar y se puede visualizar el resultado y corregirlo sin tener que gastar nada en esas modificaciones virtuales por ejemplificarlo de alguna manera. Representa una ventaja porque nos adelantamos a los problemas que puedan darse y les damos solución previa a que se presenten.

Lo mismo sucede con la higiene en la planta de manera que se diseña para poder visualizar puntos problemáticos y corregirlos previo a una instalación lo cual representaría un costo más alto con un equipo que ya está en marcha. Se pueden reducir considerablemente los mecanismos de control de higiene al prevenir la contaminación, es decir, es más fácil diseñar algo para que no sea fuente de contaminación a tener que limpiarlo repetidamente.

Si un equipo es fácil de limpiar y se hace constantemente el mantenimiento se reduce y los materiales de limpieza pueden no ser tan nocivos y reducirse en cantidad ya que no es lo mismo limpiar una superficie previamente aspirada a limpiar incrustaciones de mucho tiempo atrás.

La imagen de la empresa también tiene valor y nunca se debe arriesgar la reputación de la misma por incidentes de inocuidad. Estos estándares de higiene muestran una empresa confiable y responsable hacia el cliente. Los retiros de lotes o productos por fallas en la calidad disminuyen y de esa manera una empresa puede cubrirse frente a situaciones donde se involucre la imagen del producto y descartar su compromiso evaluando a proveedores o distribuidores para evaluar causas de algún incidente.

4.4. Contaminación

El objetivo del diseño higiénico es prevenir los problemas de inocuidad en los alimentos y reducir el riesgo de contaminación por factores en los que la empresa tenga responsabilidad.

La contaminación como se ha definido desde varias perspectivas tiene diferentes fuentes que deben ser evaluadas individualmente porque la

construcción, los operarios, los procesos, procedimientos tienen influencia en la higiene del proceso.

Tabla LXX. **Tipos de contaminación y puntos de control en línea de leche**

Contaminantes físicos Vidrio, madera, plástico, restos orgánicos...  Contaminantes químicos Herbicidas, pesticidas, productos de limpieza, lubricantes...  Contaminantes biológicos Microorganismos, parásitos, insectos, roedores... 		
Físicas	Químicas	Biológicas
Abastecimiento de sacos	Actividades de mantenimiento	Cuarto de lavado de uniformes y botas
Ingreso a la Tolva de alimentación	Actividades de desinfección y limpieza	Ingreso a aduana
Llenado de empaque		Hermeticidad de planta

Fuente: elaboración propia.

4.5. **Mantenimiento**

Las operaciones de mantenimiento representan un riesgo de contaminación del proceso por lo que se debe tener un control previo, durante y luego del mantenimiento donde se realicen actividades de limpieza y desinfección.

La filosofía TPM mencionada anteriormente debe poder ser aplicada para que el equipo nunca tenga riesgo de fallar o que alguna falla afecte la higiene

de la producción. Implementar un mantenimiento basado en condiciones puede tardar muchos años ya que se tienen que conocer las curvas de fallas de cada componente de los equipos, sin embargo, se debe comenzar a partir de mantenimientos generales y sobre ellos evaluar cada componente y notificar su estado periódicamente para comenzar a obtener datos de repuestos que serán comúnmente utilizados. En las siguientes tablas se establecen las actividades generales de mantenimiento de los sistemas principales de la línea.

Tabla LXXI. **Mantenimiento al sistema de aire acondicionado**

Actividades de mantenimiento	Periodicidad
Limpieza de filtros	Trimestral
Lubricación de cojinetes y rodamientos	
Inspección y limpieza de conductos de refrigeración.	Trimestral
Inspección de compresores y motores eléctricos, control de amperaje y aislamiento de bobinas	semestral
Control de presiones de gas refrigerante	Trimestral
Revisión de termostatos	semestral
Limpieza y ajuste de interruptores termomagnéticos y/o llaves seccionadoras fusibles	Trimestral
Limpieza química de condensadores y evaporadores	Trimestral
Medición de temperaturas	Diario
Flujo de Aire	Diario
Revisión y Limpieza de drenajes	Trimestral

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. **Mantenimiento red de distribución de aire comprimido**

Actividades de control	Periodicidad
Controlar atascamiento prefiltro antipolvo	mensual
Controlar el nivel de aceite	mensual
Controlar las conexiones eléctricas y ajustarlas si es necesario	semestral
Engrase de los cojinetes del motor	trimestral
Limpieza radiador aire/aceite	semestral
Control de la válvula de seguridad	trimestral
Control juntas oleodinámicas	trimestral
Revisión de la válvula de aspiración	trimestral

Continuación de la tabla LXXII.

Controlar y, si es necesario, cambiar los tubos flexibles	semestral
Ciclos de funcionamiento del compresor (no mayor a 3 min)	Diario
Actividades de mantenimiento	
Deberán vaciarse los filtros de purga manual.	Diario
Comprobar si existen fugas en la zona más cercana al puesto de trabajo	semanal
Verificar las juntas entre herramientas y conectores, acoplamientos, mangueras y unidades de preparación de aire.	
Llenar lubricadores con aceite.	
Comprobar que el sistema de aire completo	bimensual
Escuchar si hay fugas después del horario de trabajo, comprobando con la mano en las zonas sospechosas	
realizar prueba hidrostática con una solución de agua y jabón para detectar el punto exacto del escape (burbujas)	
Tome las medidas necesarias para verificar presión suministrada	semestral
Limpiar con aire comprimido la válvula de seguridad del protector contra escapes	
Limpiar los elementos de filtro con una pistola de soplado, para evitar una mayor caída de presión	

Fuente: elaboración propia.

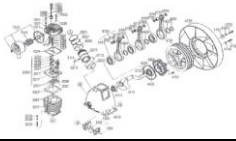
La seguridad en las operaciones de mantenimiento es importante por lo que los técnicos deben de conocer las distintas figuras que representan indicaciones o riesgos durante su trabajo.

Figura 76. Pictogramas en área de mantenimiento de compresores

				
Obligatorio: utilizar una protección contra el ruido	Obligatorio: leer las instrucciones para el operario	Prohibición: retirar la rejilla protectora y los dispositivos de seguridad.	Advertencia: riesgo de electrocución	Advertencia: descarga de gases calientes o peligrosos.
				
Advertencia: NO tocar las superficies calientes (riesgo de quemaduras).	Advertencia: riesgo de temperatura baja	Advertencia: trabajos de mantenimiento en curso.	Advertencia: piezas o circuitos de tubería a 100 psi de presión.	Advertencia: la unidad está controlada a distancia y puede ponerse en marcha.

Fuente: Manual de aire comprimido en grado Médico. Arigmed. p. 35.

Tabla LXXIII. Proceso para implementar mantenimiento basado en condiciones

FLOC		Crear códigos para cada línea de producción con sus equipos.
		Ejemplo: Malher-dulces-línea35-empacadora -embalaje -banda
A	Equipos Críticos y sus componentes son esenciales para el mantenimiento de los equipos	Clasificación ABC de equipos
B	Equipos Semi- Críticos y sus componentes son esenciales para el mantenimiento	
C	Equipos No Críticos o cualquier componente no esencial para el mantenimiento de los equipos con criticidad A o B	
		De cada equipo del que se compone la línea crear un listado de repuestos
ABCZ		Clasificación ABCZ de repuestos según su importancia, disponibilidad, costo de adquirirlo y costo de mantenerlo en bodega.

Continuación de la tabla LXXIII.

Inspección	Evaluar frecuentemente cada repuesto y su tiempo de vida antes de la falla.	
Mantenimiento	Determinar las actividades de mantenimiento y frecuencia	
5S	Implementar 5S en áreas técnicas	
Indicadores	Establecer indicadores	
	Nivel de servicio de bodega técnica	75%
	% de trabajo planeado	40%
	Adherencia al plan de mantenimiento preventivo	90%
	Precisión de inventario	92%
	Puntaje 5s	50%

Fuente: Mantenimiento Planeado, estándar Nestlé.

Tabla LXXIV. **Componentes de máquina empacadora**

1. Platina central del formador 2. Platina plegable del formador 3. Platina base del formador 4. Rueda de presión de la bolsa 5. Porta resistencia de cobre sellado vertical 6. Impresora de fecha de vencimiento 7. Tubo de llenado central 8. Transportador de bolsa 9. Resistencia de sellado horizontal. 10. Tornillo regulador de presión 11. Tobogán 12. Panel de instrumentos 13. Tubo de suministro 14. Válvula de tres vías 15. Válvula cheque superior 16. Válvula cheque inferior	17. Varilla amortiguadora 18. Platina de embobinado de material 19. Contador de ciclo 20. Tablero de accesorios eléctricos 21. Guía deslizante de movimiento de la bolsa 22. Reductor 23. Motor 24. Acople del cilindro dosificador 25. Torniquete de ajuste de la varilla del cilindro dosificador 26. Cilindro dosificador 27. Lámpara bactericida 28. Tubo de alimentación de película 29. Eje de posicionamiento de bobina 30. Leva de sellado vertical 31. Palanca para movimiento de bolsa 32. Leva de avance de la bolsa 33. Manguito deslizante de avance de la bolsa 34. Correa de transmisión 35. Leva de sellado horizontal 36. Excéntrica del cilindro dosificador

Fuente: Manual de empacadora CPB1.

El mantenimiento de la máquina empacadora comprende la lubricación de piezas móviles como engranes y cojinetes, cambio o tensión de correas en transmisión, afilamiento de cuchillas de corte, engrase del sistema de tornillo dosificador, cambio de cojinetes del sistema de bobina, cambio de tornillos de

sujeción y limpieza general del equipo. Los mantenimientos mayores serán tercerizados.

4.6. Limpieza y desinfección

Las actividades de mantenimiento deben ir seguidas de procedimientos de limpieza y desinfección. A partir de la diferenciación de estos conceptos, se debe establecer un plan para la aplicación de los mismos estableciendo la metodología (5W+1H) que consta de 6 preguntas básicas para un estándar. Esta metodología es una manera práctica de elaborar un estándar de actividades junto con todos los requerimientos ya sea de personal, herramientas, seguridad, frecuencia, forma de hacerlo, etc.

Con base en un estándar se establece una forma de control y evaluación de la práctica que usualmente lo elabora el departamento de calidad bajo muestreo de las superficies y análisis microbiológicos. La compatibilidad de limpiadores y desinfectantes, riesgos para la salud del operario, tipos de materiales según suciedad y superficies son aspectos a tomar en cuenta en el plan.

Figura 77. Formato de estándar para limpieza

ORDEN DE TRABAJO DE LIMPIEZA			
¿Qué?/wat	Código formato FLOC: #fábrica/área/#línea/equipo/componente Ejemplo:508-dulces-35-codificador-mesa indexable		
¿Dónde?/Where	Planta de producción de leche		
¿Cuándo?/when	Cada semana		
¿Quién?/Who	Rosario Escobar		
¿Por qué?/Why	Cumplimiento de estándar de inocuidad		
¿Cómo?/How	Equipo seguridad	Material	Procedimiento
Herramienta			
pañó microfibra	• Guantes • Mascarilla • botas industriales • cofia	Germosan Nor S75 	Agregar una medida de detergente y limpiar con movimientos giratorios del centro de la mesa hacia afuera.
Mantenimiento	Al terminar la tarea, lavar las cerdas con abundante agua caliente (60-70°C) eliminando todo resto de producto. Sumergir los cepillos en una solución limpiadora al 0,5%-1% durante 5-10 minutos Enjuagar con abundante agua (30-60 seg.) Dejar secar los cepillos en sus racks asignados		
5s	Los cepillos deben permanecer colgados en su rack siempre que no sean usados		

Fuente: elaboración propia.

5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

5.1. Diseño del entorno

El entorno comprende todos los aspectos del ambiente y del área de trabajo complementarios a los equipos principales pero que son de importancia en la producción porque crean el clima adecuado para el producto y los trabajadores.

Figura 78. Factores principales del entorno



Fuente: *Manual de diseño ICARO*. <https://goo.gl/msxcXs>. Consulta: febrero de 2018.

El diseño debe ser integral y procurar la higiene del entorno. Se evalúan estos cuatro aspectos que forman parte de la propuesta final de diseño y que si bien algunos no son tangibles en una imagen o plano mecánico son imprescindibles en la propuesta.

5.1.1. Iluminación

Los factores a tomar en cuenta para iluminar un área son: altura y área de la planta, equipos u objetos a iluminar, color del entorno, trabajo a realizar.

La altura y área se determinan para calcular la cantidad de lámparas necesarias para iluminar la planta así también la potencia que deben tener. Los objetos y equipos se dimensionan para dirigir a los mismos el flujo de luz.

El color del espacio influye en cuánto reflejan la luz por lo que si se utilizan colores más claros el espacio se verá mejor iluminado y dependiendo del tipo de trabajo a realizar se debe establecer un nivel mayor de luz que no cree sombras que puedan afectar el criterio de la persona. Por ejemplo, si el trabajo es muy especializado como costura se requiere de una iluminación más directa y brillante.

Para la línea de empaque de leche es necesario tener una iluminación que permita visualizar defectos en impresión de códigos, sellado, llenado o suciedad en el ambiente.

Tabla LXXV. **Propuesta para iluminación de línea de leche**

Número de Unidades	Luminaria	Especificaciones de luminarias	Curva Fotométrica/ especificaciones de espacio total
12	505 Cuarto Limpio Luminarias de alta especificación.	Grado de eficacia de funcionamiento: 69.76%	
	IP66, Luminaria para cuartos limpios	Flujo luminoso de lámparas: 6300 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4395 lm	
	UL 505 CLIMP LED SMD-S2	Potencia: 54,0 W Rendimiento lumínico: 8,4 lm/W	
	Q 1600 c/u + instalación		Flujo luminoso total de lámparas: 113 400 lm Flujo luminoso total de luminarias: 79 110 lm Potencia total: 972,0 W Rendimiento lumínico: 81,4 lm/W

Fuente: elaboración propia utilizando el catálogo Fluorescent Fixtures, Sylvania 2015.

Las especificaciones de higiene que brinda la luminaria junto con su instalación incluyen una brida de protección para entrada de polvo y líquidos, uniones selladas con soldadura en grado alimenticio y empaque entre el marco difusor y cuerpo de la luminaria de elastómero.

El grado IP66 brinda una protección total al ingreso de polvo y soporta grandes presiones de flujo de agua en cualquier dirección.

Figura 79. **Layout de iluminación en 3D empaque y aduana**



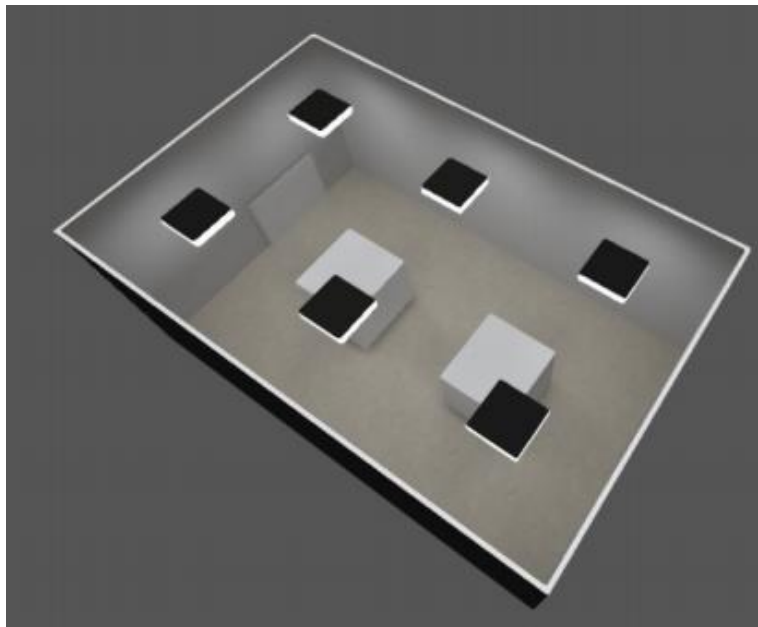
Fuente: elaboración propia utilizando Ligthing Layout, Flash Indoor, Sylvania.

Figura 80. **Layout de iluminación en 3D planta baja**



Fuente: elaboración propia utilizando Ligthing Layout, Flash Indoor, Sylvania.

Figura 81. **Layout de iluminación en mezzanine tamizador**



Fuente: elaboración propia utilizando Ligthing Layout, Flash Indoor, Sylvania.

5.1.2. Ventilación

La ventilación se comprende como el proceso por el cual se renueva el aire de una habitación con el fin que se mantenga una temperatura estable, limpieza y calidad del mismo. En áreas de producción la temperatura puede elevarse por el funcionamiento de los equipos y alterar el ambiente. La limpieza del aire depende del ambiente exterior, por lo tanto, se recomienda un prefiltro para mantener los parámetros de higiene.

Se propone un sistema de ventilación artificial con ayuda de equipos de refrigeración y complementados por filtros de aire.

Se debe considerar una eficiencia de filtración que proporcione un ambiente totalmente libre de microorganismos y suciedad por lo que se propone un filtro tipo (HEPA) con el cual se obtiene una eficiencia del 99.97% que significa la cantidad de purga de contaminantes como polvo, moho, polen, etc.

HEPA del inglés (High efficiency particulate air), es un filtro de Aire de Alta Eficiencia para Partículas, puede retener partículas de diámetro igual o mayor a 3 μm y un flujo de 1,5 m/s. Su vida útil depende de su utilización, pero es recomendable cambiarlo una o dos veces al año.

5.1.3. Temperatura y humedad

Estos dos factores son de suma importancia en el control del ambiente y calidad del aire ya que a partir del filtrado se purga la mayor cantidad de contaminantes que por el efecto de cambios en temperatura y humedad pueden desarrollarse los microorganismos o alterar la higiene del área siendo más difícil su limpieza.

La climatización como anteriormente se mencionó, es la mejor opción para manejar el ambiente del proceso productivo. Los factores a controlar son la temperatura del aire, humedad, pureza o limpieza del aire y flujo del mismo.

La propuesta para el sistema de climatización de la línea de leche es la siguiente:

Tabla LXXVI. **Sistema de aire acondicionado para planta**

Componente	Descripción	
Temperatura	Mínima 10°C	Máximo 25 °C
Humedad	Mínima 55%RH	Máxima 65%RH
capacidad de enfriamiento BTUH	60 000	
Tipo	Split con unidad manejadora. Horizontal	
Capacidad	2000 pies cúbicos de aire por minuto	
Motor Booster	1HP, 1 075RPM	
serpentín	Tubería interior de cobre unida con serpentín de aluminio.	
Características eléctricas	208-230V/60hz/1fase	
Termostato	Honeywell electrónico	
Pantalla	LCD con programación	
Unidad condensadora	Unidad Condensadora para uso en el exterior, con compresor Scroll COPELAND SEER 13, Refrigerante 410a. Posee sistemas de seguridad para proteger el compresor para alta temperatura y voltaje. Amperaje mínimo de funcionamiento: 28 amperios. Flipon recomendado de 2 x 60 amperios.	
Distribución AC	La distribución de AC se realiza por medio de ductería rígida de lámina galvanizada con forro exterior de fibra de vidrio 1 ½" de espesor, de aluminio y rejillas del tipo perforadas de 24"x 24" color blanco. Se considera el acople a la unidad manejadora para ductería de suministro. 60% de aire fresco y 40% de recirculación.	
Recirculación	La recirculación del refrigerante se realiza por medio de 15 metros de tubería nueva de cobre tipo L especial para aire acondicionado, contando con sus líneas de vapor y líquido, así como todos los accesorios de instalación (filtro deshumidificador, presostatos)	
Drenaje	El sistema de drenaje de la unidad manejadora se realiza por medio de tubería de P.V.C. DE ¾" con sus respectivos accesorios.	

Continuación de la tabla LXXVI.

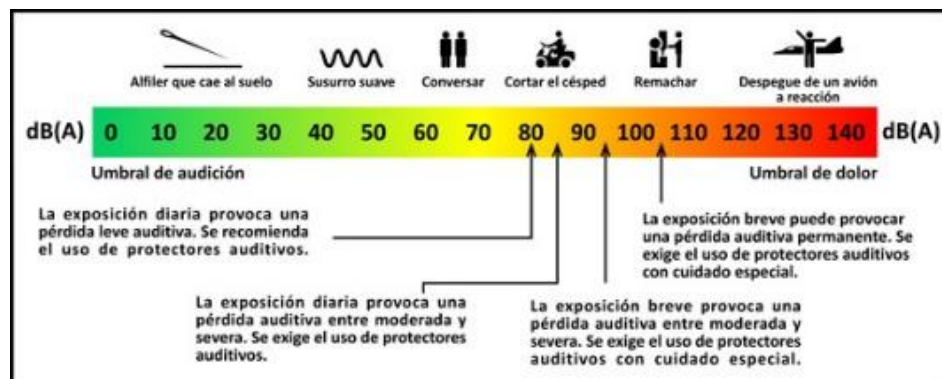
Otras	Equipo de Aire Acondicionado para el Área indicada para debe obtener presión positiva con relación al exterior, Eficiencia de Filtrado: 99,97 % tipo HEPA, con Temperatura de Confort de 21 a 23 C° .
Total de equipo e instalación	<u>Q 75 563,00</u>

Fuente: elaboración propia.

5.1.4. Ruido

Se conoce como ruido al sonido que sobrepasa los 65 decibeles que es una medida de intensidad del sonido. Más allá de ese nivel puede dañar el aparato auditivo de las personas ya sea por exposición prolongada o una única exposición de un nivel muy fuerte. En el caso de la línea de empaque de leche se espera que supera los 90db por lo que se deben tener medidas para mitigar el ruido.

Figura 82. Fuentes de sonido



Fuente: Manual de diseño ICARO, Ruido. p. 26.

Tabla LXXVII. **Medidas de prevención**

Acciones valores de exposición <90db	Detalles
Evaluación higiénica	Anual
Capacitación de operarios	si
Vigilancia de la salud/control auditivo	Anual
Equipos de protección individual	Entrega y uso obligatorio
Señalización	Obligatoria

Fuente: elaboración propia.

5.1.5. Seguridad

La producción sin riesgos es la meta del departamento de Seguridad e Higiene en una planta. Anteriormente se ha mencionado información acerca de dispositivos de seguridad, equipo de seguridad que si bien es importante parte de la seguridad son las advertencias. Las señales de seguridad o advertencias son complementarias y de igual importancia en el diseño.

Figura 83. **Códigos de color para señales de seguridad**

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
ROJO Cod. FF0000	Paro	Detener la marcha en algún lugar
	Prohibición	Señalamientos para prohibir acciones específicas.
	Material, equipo y sistemas para combate de incendios	Ubicación y localización de los materiales y equipos para el combate de incendios.
AMARILLO Cod. FFFF33	Advertencia de peligro	Atención, precaución, verificación e identificación situaciones peligrosas.
	Delimitación de áreas	Limites de áreas restringidas o de usos específicos.
	Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes	Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo.
Verde Cod. 009900	Condición segura	Identificación y señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavajros, entre otros.
AZUL Cod. 000099	Obligación, información	Señalamientos para realizar acciones específicas. Brindar información para las personas

Fuente: Guía de señalización de ambientes, CONRED.

Los operarios deben reconocer y obedecer este tipo de señales para evitar cualquier confusión o accidente. Estas señales sirven también para indicar a externos como manejarse en el área donde se encuentran por lo que se debe procurar capacitar a los operarios, contratistas y externos sobre las normas a seguir dentro de la empresa.

Figura 84. **Formas generales de señalización**

Objetivo	Forma Geométrica	Señal
Proporcionar Información sobre algún objeto, identificación de materiales, o realizar una acción indicada en la figura.		Información
Advertir un Peligro		Prevención
Prohibir una acción susceptible de provocar un riesgo		Prohibición
Exigir una acción determinada		Obligación
Identificar la presencia de Materiales Peligrosos en transporte		Materiales Peligrosos en transporte

Fuente: Guía de señalización de ambientes, CONRED.

5.2. Especificaciones técnicas

Determinan si el equipo es adecuado para las necesidades de producción o brindan una idea del funcionamiento de los equipos complementarios.

5.2.1. Maquinaria

La maquinaria debe poder empacar el tamaño de bolsa requerido y poseer especificaciones eléctricas que le permitan ser utilizada en Guatemala. Además, se requiere que detalle la capacidad para los suministros o complementos y tener como mínimo 5 años de vida útil para poder ser

seleccionada. La garantía de los productos y la accesibilidad de repuestos deben preverse por lo que se debe especificar en el requerimiento.

Tabla LXXVIII. Especificaciones de la máquina CP1-6848

Tamaño de bolsa	(100-480) * (180-320) Largo*ancho
Máximo ancho de rollo de empaque	680mm
velocidad de empaque	5-50 bolsas/minuto
Exactitud de llenado	± 1%
Consumo de aire	0.65 Mpa
Voltaje	220 VAC/60Hz
Potencia	5KW
Dimensiones	1780 mm largo *1350 mm ancho *1 950 mm alto
Peso neto de la máquina	900 kg
Vida útil	6 años
Control de PLC	Pantalla táctil
Sistema de llenado	Sevo motores
Autocentrado de papel de empaque	Diseño de fácil limpieza y acceso a limpieza
Interlock de estructura y contraseña	

Fuente: elaboración propia.

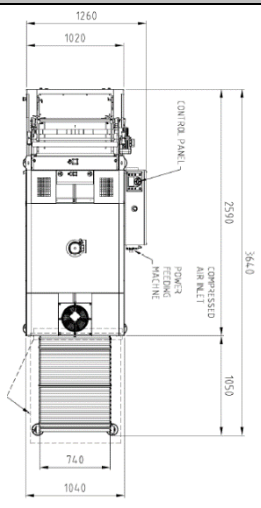
Tabla LXXIX. Especificaciones de los componentes recomendados

Componente	Tipo/marca
PLC	Allen Bradley (Packline)/ OMRON (auger)
Conductores	Allen Bradley / Yaskawa (auger)
Motor - AC	SEW / Leroy Sommer
Motor - DC	sin motor DC
Caja de engranes	Bonfiglioli / Leroy Sommer
Rodamientos	SKF
Fotocelda	Sick
Detectores de Proximidad	Sick / Festo
Interruptores	Sick / Festo
Sistema Neumático	Festo
Panel eléctrico	RITTAL

Fuente: elaboración propia.

La enfajadora sella las cajas de producto que será enviado a bodega de producto terminado.

Tabla LXXX. **Especificaciones de máquina enfajadora con banda**

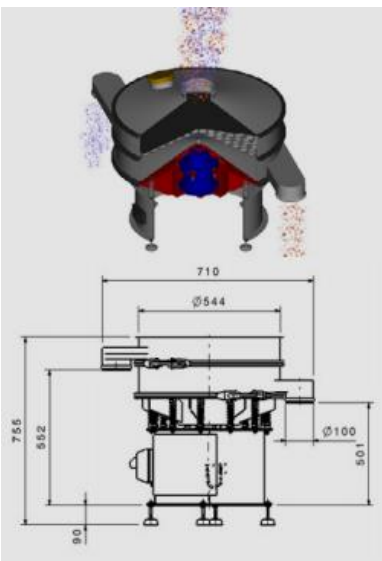
Especificaciones Técnicas		
Suministro eléctrico	220-240V, 50/60Hz	
Potencia eléctrica	17 000 W	
Presión del aire	6 Bar	
Aire requerido	21nl/paquete	
Producción máxima	Hasta 10 ppm	
Barra soldadora	760 mm	
Dimensiones máx. de bobina film	750x ø350mm	
altura del plano de trabajo	940-1,100 mm	
Dimensiones de la máquina	2590 x 1260mm x 2095-2255 mm	
Componentes	Marca	
Motores	Bonfiglioli	Otras
Reductores	Bonfiglioli	Calidad Aconsejada de Film: Polietileno LDPE Espesor de 20 a 100 micrómetros
Neumática	Festo	
Teleruptores	Lovato	
Relé térmico	Lovato	
Terminales	Phoenix	
Fotocélulas	Sick	
Sensores magnéticos de seguridad	Sick	

Fuente: elaboración propia.

El tamizador permite realizar separaciones granulométricas (tamaño de grano) de producto entre sólidos o líquidos. Por la consistencia de la leche en

polvo se pueden formar granos de producto y afectar su homogeneidad. Funciona con una maya y un equipo que agita constantemente el producto.

Tabla LXXXI. **Especificaciones de tamizador**

Especificaciones Técnicas FTI-0550		
Suministro eléctrico	220-230V 380-400V	
HERTZ	50-60	
RPM	1 500	
Amperaje	159/092 A	
Potencia	0,525 kW	
4 niveles de tamizado		
Conexión: Interruptor/paro/marcha/emergencia		
Bajo consumo eléctrico		
Luz de malla	400µm	
Capacidad	350Kg/h	
Vida útil: 10 años		

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Equipos auxiliares

Uno de los equipos auxiliares es el nitrógeno. El uso de este elemento en el proceso de empaque de un producto se le conoce como empaque bajo atmósferas controladas. El uso de nitrógeno permite reducir el desarrollo de microorganismos y descomposición del producto; protege su integridad por mayor tiempo. Se debe tener una cantidad regulada para el producto y para la seguridad del operario. Según la tecnología se distinguen 3 tipos de control:

Tabla LXXXII. **Envasado bajo atmósferas controladas**

Tecnología de envasado	Descripción	Gases	Envases
Vacío	Evacuación del aire		Propiedades barrera elevadas
Atmósfera controlada	Evacuación del aire Inyección de gas/gases Control constante tras el cierre del recinto	N_2 , O_2 , CO_2 Otros gases (solos o combinados)	Recintos con condiciones controladas
Atmósfera modificada	Evacuación del aire Inyección de gas/gases Sin control tras el cierre del envase	N_2 , O_2 , CO_2 Otros gases (solos o combinados)	Propiedades barrera variables según las necesidades del producto

Fuente: *Informe de Vigilancia Tecnológica*. www.madrimasd.org, pago 12. Consulta: febrero de 2018.

El diseño de flujo de suministro de nitrógeno en la línea para empacar bajo una atmósfera modificada comprende las siguientes partes principales:

Tabla LXXXIII. **Especificaciones de suministro de nitrógeno**

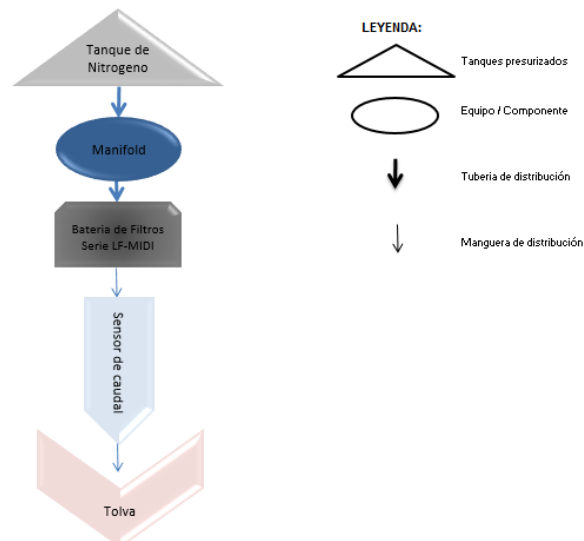
Equipos		Especificaciones	Características																																																																																							
Tanque de Nitrógeno	Tanque presurizado 2000 HP *** Certificación FSSC 22 000	MEZCLAS PARA ALIMENTOS  Grande-Cyl	<table><tr><th colspan="2">TIPO</th><th>PRESIÓN DE OPERACIÓN</th><th colspan="2">CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO*</th><th>DIÁMETRO</th><th>ALTURA</th><th colspan="2">PESO (INCLUYE BASE)</th></tr><tr><td>GRANDE-CYL 2000 HP</td><td>300 Psig (20.7 Bar)</td><td></td><td></td><td>1.219 cm</td><td>2.970 m</td><td colspan="2">1.179 kg</td></tr><tr><td>GRANDE-CYL 2000 VHP</td><td>450 Psig (31 Bar)</td><td>1,553 m³ -</td><td></td><td>1.219 cm</td><td>2.970 m</td><td colspan="2">1.338 kg</td></tr><tr><td>GRANDE-CYL 3000 HP</td><td>300 Psig (20.7 Bar)</td><td>2,600 m³</td><td></td><td>1.499 cm</td><td>3.099 m</td><td colspan="2">1.497 kg</td></tr><tr><td>GRANDE-CYL 3000 VHP</td><td>450 Psig (31 Bar)</td><td></td><td></td><td>1.499 cm</td><td>3.112 m</td><td colspan="2">1.928 kg</td></tr></table>																TIPO		PRESIÓN DE OPERACIÓN	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO*		DIÁMETRO	ALTURA	PESO (INCLUYE BASE)		GRANDE-CYL 2000 HP	300 Psig (20.7 Bar)			1.219 cm	2.970 m	1.179 kg		GRANDE-CYL 2000 VHP	450 Psig (31 Bar)	1,553 m³ -		1.219 cm	2.970 m	1.338 kg		GRANDE-CYL 3000 HP	300 Psig (20.7 Bar)	2,600 m³		1.499 cm	3.099 m	1.497 kg		GRANDE-CYL 3000 VHP	450 Psig (31 Bar)			1.499 cm	3.112 m	1.928 kg																																
			TIPO		PRESIÓN DE OPERACIÓN	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO*		DIÁMETRO	ALTURA	PESO (INCLUYE BASE)																																																																																
GRANDE-CYL 2000 HP	300 Psig (20.7 Bar)			1.219 cm	2.970 m	1.179 kg																																																																																				
GRANDE-CYL 2000 VHP	450 Psig (31 Bar)	1,553 m³ -		1.219 cm	2.970 m	1.338 kg																																																																																				
GRANDE-CYL 3000 HP	300 Psig (20.7 Bar)	2,600 m³		1.499 cm	3.099 m	1.497 kg																																																																																				
GRANDE-CYL 3000 VHP	450 Psig (31 Bar)			1.499 cm	3.112 m	1.928 kg																																																																																				
Manifold	Automático																																																																																									
Batería de filtros	LF-MIDI		<table><tr><th rowspan="3">Tipo</th><th rowspan="3">Tamaño</th><th colspan="10">Conexión neumática</th><th colspan="3">Margen de regulación de la presión</th><th colspan="4">Grado de filtración</th></tr><tr><th colspan="10"></th><th colspan="3">[bar]</th><th colspan="4">[µm]</th></tr><tr><th>M5</th><th>M7</th><th>G½</th><th>G¾</th><th>G¾</th><th>G½</th><th>G¾</th><th>G1</th><th>Q54</th><th>Q56</th><th>0,5 — 7</th><th>0,5 — 12</th><th>2,5 — 12</th><th>0,01</th><th>1</th><th>5</th><th>40</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																Tipo	Tamaño	Conexión neumática										Margen de regulación de la presión			Grado de filtración														[bar]			[µm]				M5	M7	G½	G¾	G¾	G½	G¾	G1	Q54	Q56	0,5 — 7	0,5 — 12	2,5 — 12	0,01	1	5	40																			
			Tipo	Tamaño	Conexión neumática										Margen de regulación de la presión			Grado de filtración																																																																								
										[bar]			[µm]																																																																													
M5	M7	G½			G¾	G¾	G½	G¾	G1	Q54	Q56	0,5 — 7	0,5 — 12	2,5 — 12	0,01	1	5	40																																																																								
Filtros LF			<table><tr><td>Micro</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>-</td></tr><tr><td>Mini</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td></tr><tr><td>Midi</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td></tr><tr><td>Maxi</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>■</td><td>■</td></tr></table>																Micro	■	■	■	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	-	■	-	Mini	-	-	■	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	Midi	-	-	-	■	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	Maxi	-	-	-	-	-	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	■	■
Micro	■	■	■	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	-	■	-																																																																									
Mini	-	-	■	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■																																																																									
Midi	-	-	-	■	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■																																																																									
Maxi	-	-	-	-	-	■	■	■	-	-	-	-	-	-	-	■	■																																																																									

Continuación tabla LXXXIII.

Sensor de caudal	Código:SFAB-200U HQ8-2SAM12 **FESTO	SFAB - 600 U - H Q8 - P2 - M12 <table><tr><td colspan="2">Type</td></tr><tr><td>SFAB</td><td>Flow sensor</td></tr><tr><td colspan="2">Flow measuring range [l/min]</td></tr><tr><td>10</td><td>Max. 10</td></tr><tr><td>50</td><td>Max. 50</td></tr><tr><td>200</td><td>Max. 200</td></tr><tr><td>600</td><td>Max. 600</td></tr><tr><td>1000</td><td>Max. 1,000</td></tr><tr><td colspan="2">Flow input</td></tr><tr><td>U</td><td>Unidirectional</td></tr><tr><td colspan="2">Type of mounting</td></tr><tr><td>H</td><td>Via H-rail</td></tr><tr><td>W</td><td>Via wall bracket</td></tr><tr><td colspan="2">Pneumatic connection</td></tr><tr><td>Q6</td><td>Push-in connector 6 mm</td></tr><tr><td>Q8</td><td>Push-in connector 8 mm</td></tr><tr><td>Q10</td><td>Push-in connector 10 mm</td></tr><tr><td colspan="2">Electrical output</td></tr><tr><td>2SA</td><td>2x PNP or NPN, 1 analogue output 4 ... 20 mA</td></tr><tr><td>2SV</td><td>2x PNP or NPN, 1 analogue output 0 ... 10 V</td></tr><tr><td colspan="2">Electrical connection</td></tr><tr><td>M12</td><td>Straight plug, M12x1, 5-pin</td></tr></table>						Type		SFAB	Flow sensor	Flow measuring range [l/min]		10	Max. 10	50	Max. 50	200	Max. 200	600	Max. 600	1000	Max. 1,000	Flow input		U	Unidirectional	Type of mounting		H	Via H-rail	W	Via wall bracket	Pneumatic connection		Q6	Push-in connector 6 mm	Q8	Push-in connector 8 mm	Q10	Push-in connector 10 mm	Electrical output		2SA	2x PNP or NPN, 1 analogue output 4 ... 20 mA	2SV	2x PNP or NPN, 1 analogue output 0 ... 10 V	Electrical connection		M12	Straight plug, M12x1, 5-pin
		Type																																																	
SFAB	Flow sensor																																																		
Flow measuring range [l/min]																																																			
10	Max. 10																																																		
50	Max. 50																																																		
200	Max. 200																																																		
600	Max. 600																																																		
1000	Max. 1,000																																																		
Flow input																																																			
U	Unidirectional																																																		
Type of mounting																																																			
H	Via H-rail																																																		
W	Via wall bracket																																																		
Pneumatic connection																																																			
Q6	Push-in connector 6 mm																																																		
Q8	Push-in connector 8 mm																																																		
Q10	Push-in connector 10 mm																																																		
Electrical output																																																			
2SA	2x PNP or NPN, 1 analogue output 4 ... 20 mA																																																		
2SV	2x PNP or NPN, 1 analogue output 0 ... 10 V																																																		
Electrical connection																																																			
M12	Straight plug, M12x1, 5-pin																																																		
Tubería de distribución		Tubería de cobre tipo K sin costura rígida (NFPA 99 5.1.10.1.4).																																																	

Fuente: Manual FESTO, *Flow sensors* SFAB 2015.

Figura 85. Diagrama de flujo de nitrógeno

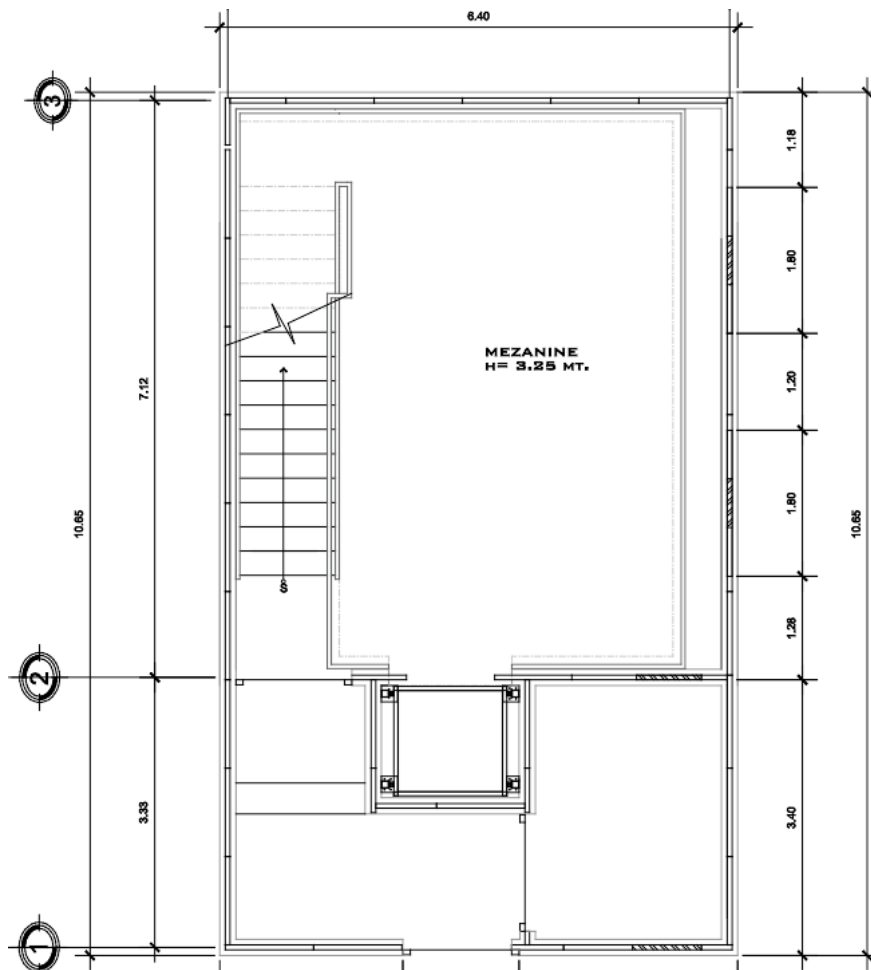


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

5.2.3. Cálculos y medidas

Se establece el espacio físico para el diseño del montaje de la línea. El cálculo del equipo de aire acondicionado, el sistema de iluminación y diagramas se realizaron bajo parámetros de espacio y volumen de la planta.

Figura 86. Planos de módulo de leche



Fuente: Malher, planos de área para diseño de módulo.

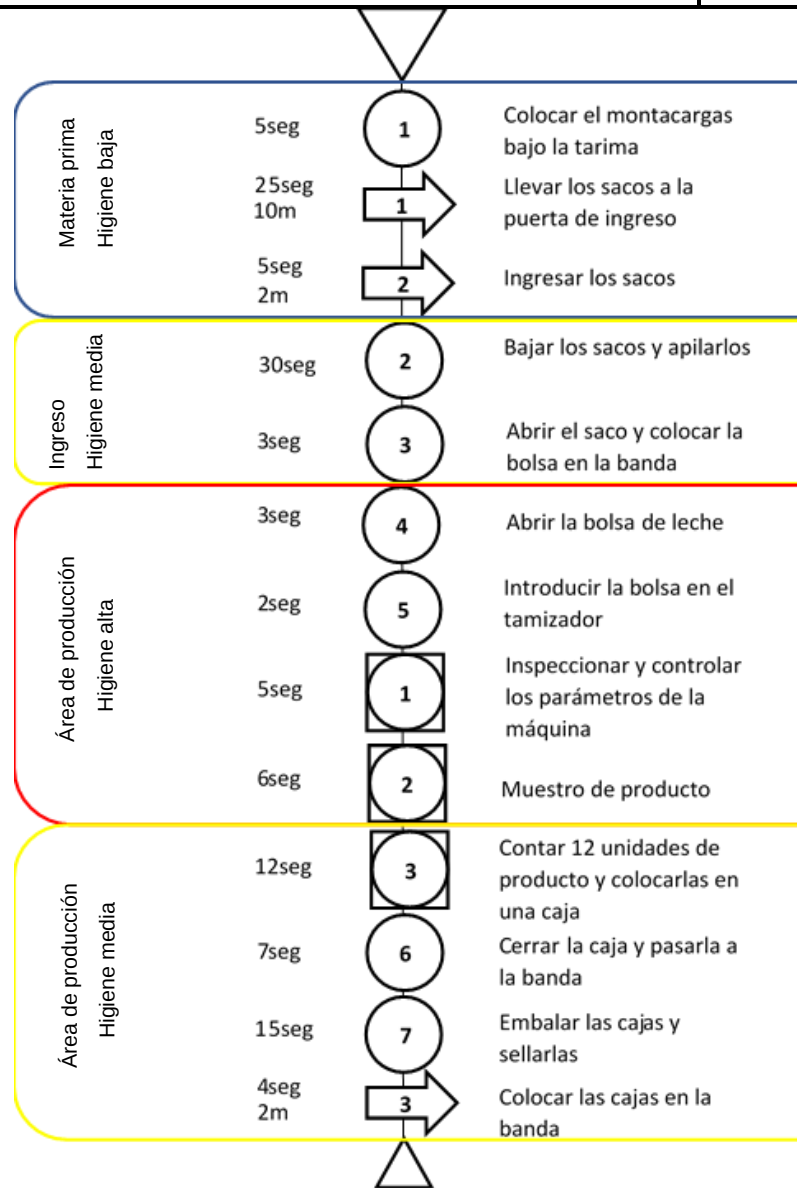
5.3. Diagrama de operaciones

Se plantea el diagrama de operaciones de la línea de leche. En el proceso se realizan las siguientes operaciones:

- Colocar el montacargas bajo la tarima para levantar los costales de materia prima.
- Llevar los sacos de materia prima a la puerta de ingreso (La puerta rápida debe poder abrirse al detectar el peso del material).
- Ingresar los sacos.
- Bajar los sacos del montacargas y apilarlos.
- Abrir el saco y colocar la bolsa de leche que hay dentro en la banda de rodos.
- Recibir la bolsa de leche, abrirla
- Introducir el contenido en el tamizador.
- Inspeccionar y controlar los parámetros de la máquina.
- Realizar muestreo para evaluar peso
- Contar 12 unidades de producto, colocarlas en una caja pasarlas a la banda transportadora
- Cerrar la caja de 12 unidades y pasarla a la banda transportadora
- Embalar 4 cajas en una caja más grande y colocarla en la banda para sellar.
- Colocar las cajas completadas en la banda transportadora para bodega.

Figura 87. Diagrama de operaciones según áreas

Diagrama de proceso de operaciones			
Departamento	Producción	Fecha de análisis	5 de febrero de 2018
Proceso analizado	Empaque de leche	Etapas del proceso	Planificación y diseño
Nombre del encargado	Ing. Samuel Ordoñez	Nombre del analista	Jakelin Rosario Escobar
			Página 1 de 1



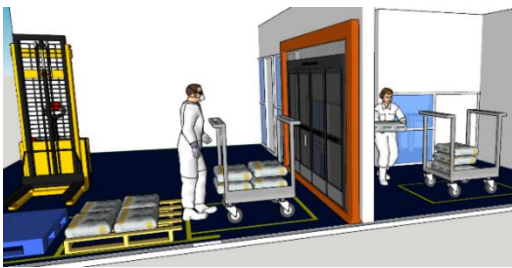
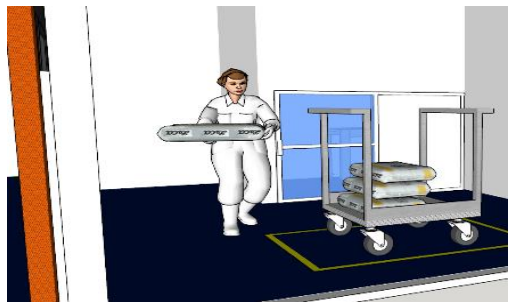
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Visio 2016.

Tabla LXXXIV. **Resumen de diagrama de operaciones**

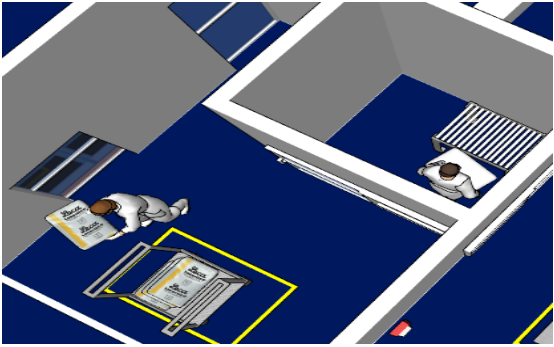
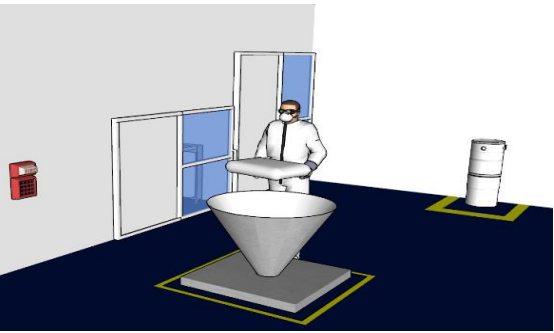
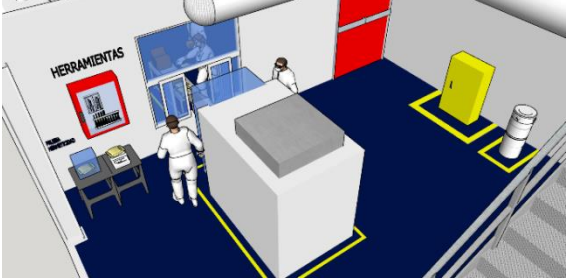
Símbolo	Descripción	Tiempo(seg)
	Operación	65
	Operación/inspección simultánea	23
	Inspección	0
	Transporte	34
Total		122

Fuente: elaboración propia.

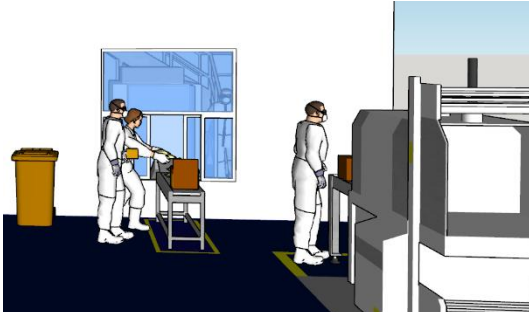
Tabla LXXXV. **Visualización layout del proceso**

Proceso	Escenarios	Soluciones
	*Caída de saco con puerta abierta *Peso mínimo de sacos *Abertura de un saco (riesgo de contaminación) *Contaminación cruzada por operarios	*Botón de emergencia *Sensor de proximidad *Aspiración de producto *Aduana general de limpieza
	*Salida de emergencia *Falla eléctrica	*Salida por puerta rápida *Iluminación de emergencia

Continuación tabla LXXXV.

	*Bolsa abierta dentro del saco *Salida de emergencia	*Aspiración y remoción de la materia prima *Salida por puerta rápida
	*Salida de emergencia *Riesgo de contaminación por ropa, zapatos. *Caída de trozo de bolsa al tamizador	*Salida por aduana de ingreso *Aduana de ingreso con lavabo, cambio de ropa, cofia, y mascarilla *Compuerta de tamizador, aviso a operarios de máquina
	*Salida de emergencia *Error en calidad *Fallo en Aire acondicionado *Fuga de nitrógeno *Incendio *Bajas temperaturas	* Salida a un lado de las gradas *Pesa y pruebas de impermeabilidad *Cierre de ventanas para evitar flujo contrario contaminado *Control de nivel de oxígeno del cuarto *Salida de emergencia,extintor. *Traje especial para operarios

Continuación tabla LXXXV.

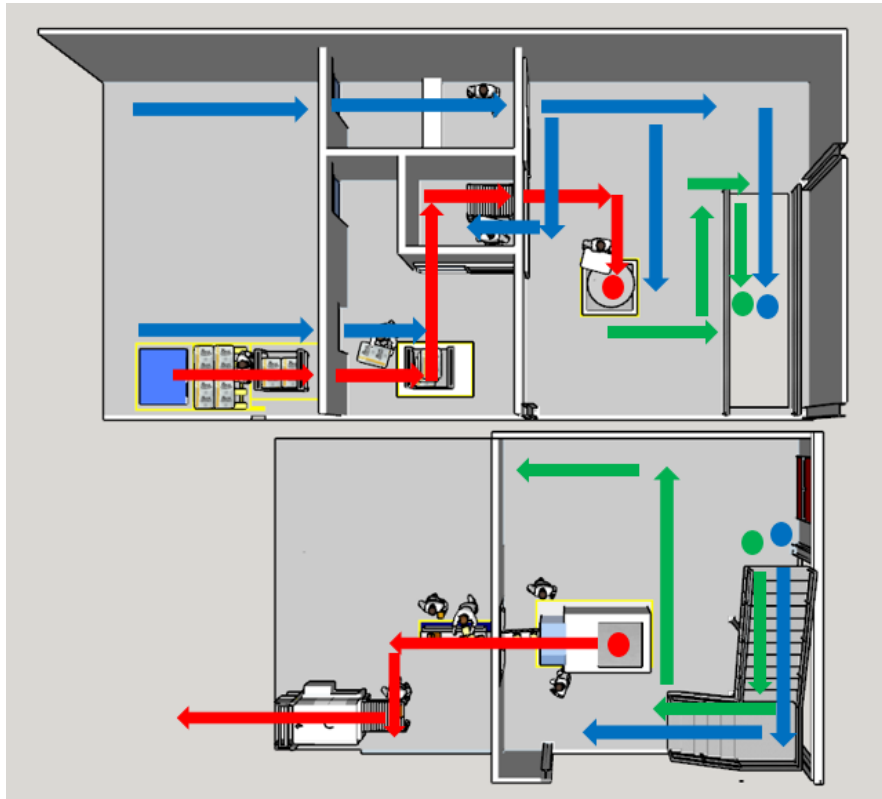
	*Flujo de aire hacia adentro *Salida de emergencia *Caída del producto *Limpieza general	*Ventanilla hermética en paso de banda *Salida general de emergencia *Aspiración y colocación de basurero *Panel de equipo de limpieza
		

Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

5.3.1. Diagrama de flujo

Los diagramas indican el recorrido de tres componentes del proceso que son: las personas, los materiales y los residuos. El flujo de personas se indica con el color azul, la materia prima en rojo y los residuos en verde. Este diagrama sirve para visualizar los movimientos que se dan en el proceso y ayudan comúnmente a trazar la procedencia de contaminación cruzada y evitarla.

Figura 88. **Diagrama de flujos en producción**

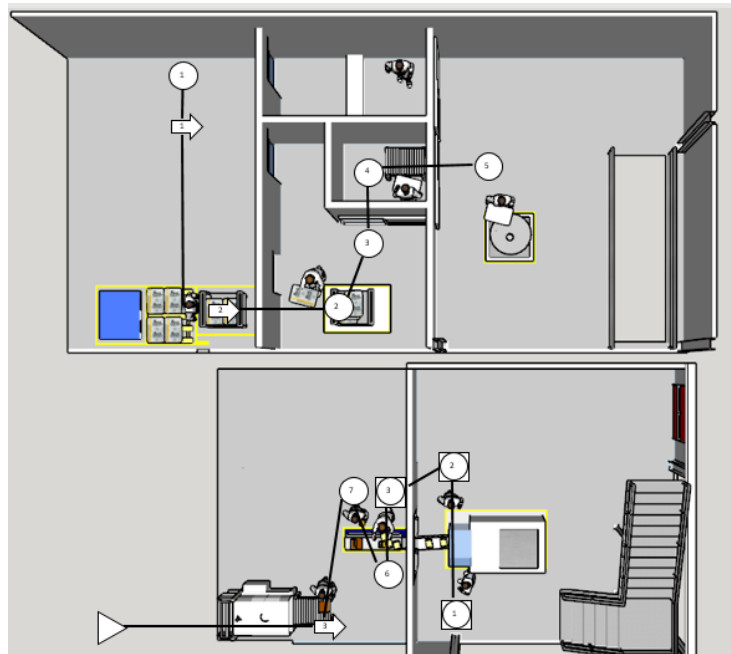


Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

5.3.2. **Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido representa el proceso de empaque de leche en la línea de producción:

Figura 89. **Diagrama de recorrido**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

Tabla LXXXVI. **Resumen de diagrama de recorrido**

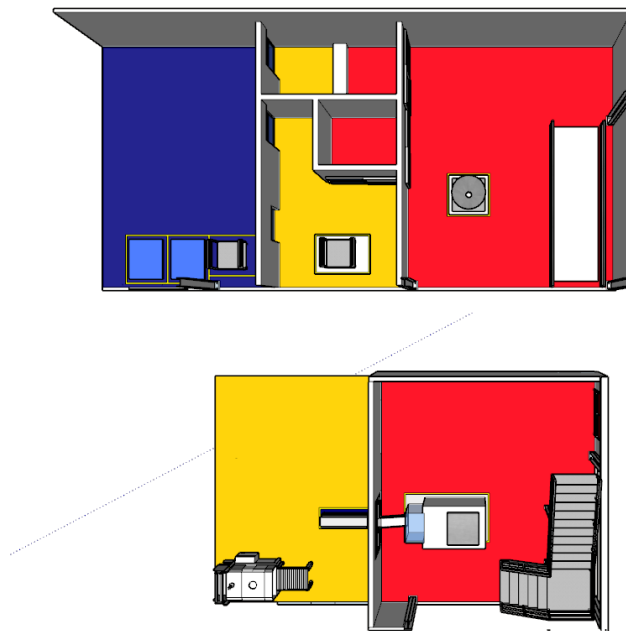
Símbolo	Descripción	Tiempo(seg)
	Operación	65
	Operación/inspección simultánea	23
	Inspección	0
	Transporte	34
Total		122

Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Distribución de la planta

La distribución de niveles de higiene y su apropiada distinción es de suma importancia en el diseño, esto brinda parámetros bajo los cuales se deben especificar los requerimientos de cada área durante el montaje e instalación descritos en el tema de zonificación de este trabajo.

Figura 90. **Distribución de planta alta según nivel de higiene**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

5.4. Costos

Para la construcción de las 3 áreas principales de la línea se contemplan los siguientes costos con estimación de entrega en 1 mes:

Tabla LXXXVII. Costo de obra gris

Cant	Descripción de Renglon de Trabajo	Costo Total	
1	Cimientos de concreto y hierro, columnas, soleras, losa del area*	6 857.46	Módulo de Higiene Media Abastecimiento de Sacos 3.27x2.18x2.975 metros
1	Pared frontal de soporte para termopanel	2 123.82	
2	Paredes laterales de soporte para termopanel	5 540.4	
1	Instalacion de pared frontal	5491.8	
2	Instalacion de paredes laterales de termopanel	10 983.6	
1	Instalacion de techo de termopanel	6 427.35	
1	Instalacion de curvas sanitaria en piso, paredes y techo, con 3" de radio**	4 082.4	
1	Instalacion de piso epoxico	3 827.25	
1	Instalacion de dinteles y puerta de ingreso/egreso	12 690	
2	Instalacion de dinteles y puerta corrediza vertical, selladas hermeticamente**	19 440	
	COMPLETO	77 464.08	
1	Desinstalacion general de tuberias, servicios, ductos, maquinaria y equipos	3 888	Módulo de Higiene Alta Llenado y Empaque 5.45x5.45x5.95 metros
1	Cimientos de concreto y hierro, columnas, soleras, losa del area*	19 245.6	
2	Paredes frontales de soporte para termopanel	11 080.8	
2	Paredes laterales de soporte para termopanel	9 234	
2	Instalación de pared frontal de termopanel	43 934.4	
2	Instalación de pared lateral de termopanel	36 612	
1	Instalación de techo de termopanel	27 459	
1	Instalacion de curvas sanitaria en piso, paredes y techo, con 3" de radio**	7 873.2	
1	Instalacion de piso epoxico	13 248.36	
1	Instalacion de dinteles y puerta de ingreso/egreso, con guardapolvos y empujador de ambos lados	12 690	
1	Instalacion de dinteles y puerta corrediza vertical, selladas hermeticamente**	9 720	
1	MO de soldador certificado para soldar acero inoxidable, para fabricacion completa de mezanine de acero inoxidable, incluye fabricacion de 19 gradas, baranda alta, baranda media y rodapie	24 300	
1	Instalacion de ducteria y adecuacion de distribucion e instalaciones del A/C actual*.-**	1 1664	
	COMPLETO	230 949.36	
1	Cimientos de concreto y hierro, columnas, soleras, losa del area*	8 675.1	Módulo de Aduana y Minibodega 3.27x3.27x2.975 metros
1	Pared frontal de soporte para termopanel	2 954.88	
1	Pared lateral de soporte para termopanel	2 770.2	
1	Pared frontal de soporte para termopanel	1 846.8	
1	Pared lateral de soporte para termopanel	1 385.1	
1	Instalacion de pared frontal de termopanel	9 315	
1	Instalacion de pared lateral de termopanel	4 657.5	
1	Instalacion de pared frontal de termopanel	3 493.13	
1	Instalacion de pared lateral de termopanel	6 986.25	
1	Instalacion de techo de termopanel	11 178	
1	Fabricacion de banca de concreto,	6 099.3	
1	Instalacion de curvas sanitaria en piso, paredes y techo, con 3" de radio**	4374	
1	Instalacion de piso epoxico	6 013.44	
2	Instalacion de dinteles y puerta de ingreso/egreso	24 948	
	COMPLETO	94 696.7	
	PROYECTO COMPLETO(quetzales)	Q 403 110.14	

Fuente: elaboración propia, utilizando Excel 2013.

5.4.1. Montaje e instalación

Estas etapas del proceso requieren de equipo calificado que interprete los planos mecánicos, eléctricos u otros sistemas de suministros. Además, que se rija a los reglamentos de seguridad y calidad como la limpieza y el uso de quipo adecuado. La instalación debe realizarse comprobando que todos los elementos funcionen correctamente previo a la puesta en marcha para luego calibrar y corregirlos según sea el caso. Los costos asociados a esta etapa del proyecto son los siguientes:

Tabla LXXXVIII. **Costos asociados a montaje e instalación**

Renglón	Detalles	Cantidad (Q)
Equipo de elevación, montacargas para montaje de Equipos	**renta por hora	1 800,00
Instalación		
• Sistema neumático		4 875,00
• Red nitrógeno		5 890,00
• Sistema de aire acondicionado	***Costo del equipo e instalación	75 563,00
• Sistema Eléctrico	**Alimentación de maquinaria, equipos auxiliares e iluminación	17 370,00
• Ajustes, calibración de sistemas de seguridad y calidad		2 000,00
• Pruebas		8 000,00
Documentación y planeación		350,00
Supervisión		8 000,00
Gastos Administrativos		4 500,00
Entrenamiento		500,00
		Q122 958,00

Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Diseño de planta

La inversión asociada al proyecto según el diseño de la planta se desglosa a continuación:

Tabla LXXXIX. **Inversión estimada del proyecto.**

Renglón de trabajo	Cantidad [Q]	Tiempo Estimado
Iluminación	38 800,00	
Ventilación	75 563,00	
Ruido	300,00	1 día
Seguridad	500,00	1 día
Obra gris	403 110,14	30 días
Montaje e Instalación	47 395,00	9 días
Automatización	27 840,00	24 días
<u>Total</u>	<u>Q 593 508,14</u>	4 meses a partir de proceso de aprobación

Fuente: elaboración propia.

5.4.3. Seguridad y calidad

Se plantea una solución para evitar que el aire sin filtrar ingrese al área de envasado de leche al abastecer de sacos de materia prima a la línea de producción.

Tabla XC. **Presupuesto de automatización abastecimiento de sacos**

EQUIPOS	TOTAL
1 Cilindro DNC de 40 mm de diámetro y 400 mm de carrera.	
1 Electroválvulas 5/2 vías para 24VDC con juego de racores para manguera de 6 mm y silenciadores	
1 Sistema de bloqueo neumático para evitar la caída descontrolada de la compuerta.	
1 Unidad filtro regulador con válvula de paso eléctrica para despresurizar el sistema en caso de emergencia.	
2 Sensores ópticos Reflex Array cuya funcionalidad permite detectar los sacos y bolsas de manera robusta evitando fallos en el sistema.	
2 Cables de conexión para sensores Reflex Array con longitud de 5 metros.	
2 Interruptores de seguridad mecánicos para las guardas que deben colocarse a la entrada y la salida de la compuerta.	
1 Gabinete de control CEMAR de 400x400x200 mm el cual incluye:	
1 Relé programable NLC-055 de 8 entradas digitales y 4 salidas a relé.	
1 Interruptor principal de 6A.	
1 Fuente de 24VDC/30W.	
20 metros de manguera de 6 mm.	
TOTAL QUETZALES	27 840,00
Plazo	24 días

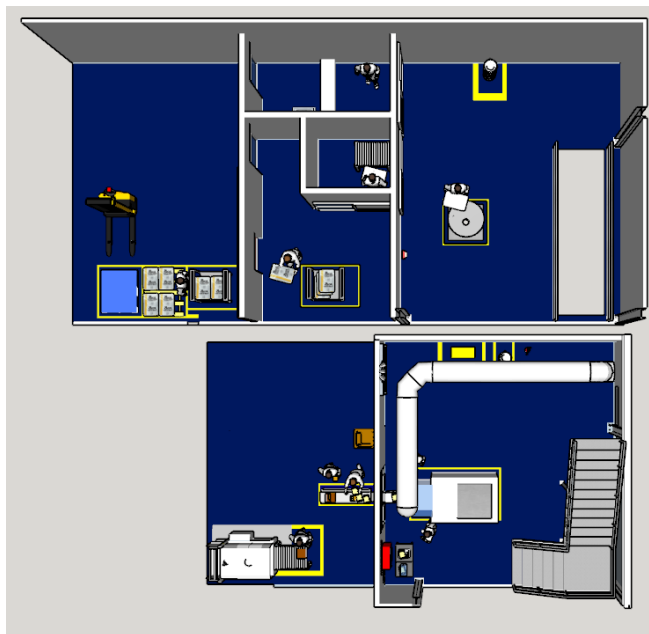
Fuente: elaboración propia.

5.5. Esquema final de la distribución de planta

Se representan las áreas principales que abarca la línea de producción junto con los elementos y accesorios representativos para visualizar espacios, formas, procesos y flujos de una mejor manera.

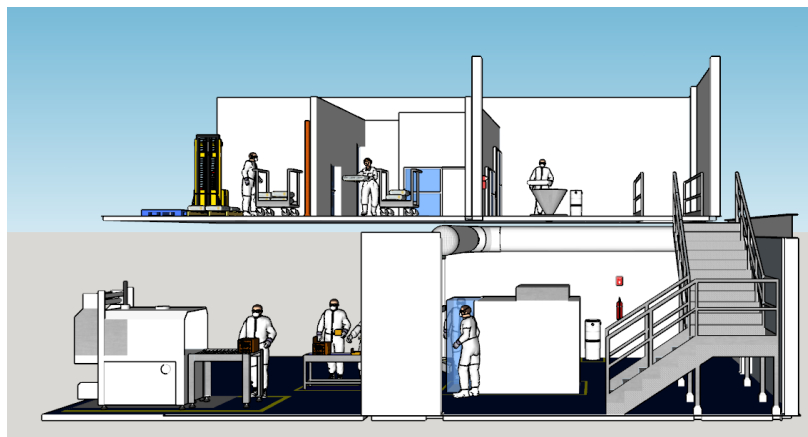
Se proponen las vistas principales de la planta así como los elementos de distribución para un mejor análisis del proceso.

Figura 91. Vista superior de planta



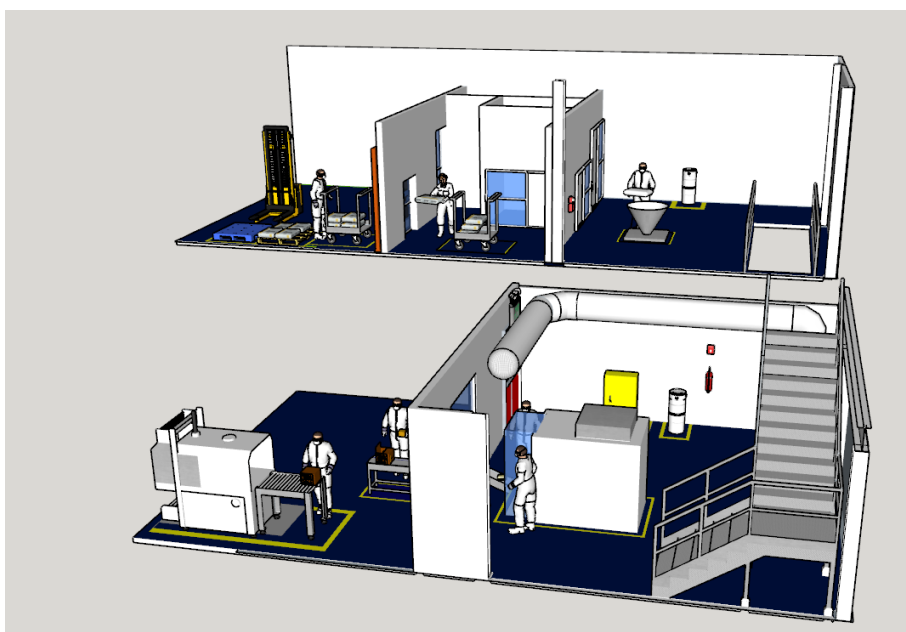
Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

Figura 92. **Vista frontal de planta**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

Figura 93. **Vista isométrica de planta**



Fuente: elaboración propia, utilizando SketchUp 2016.

6. SEGUIMIENTO Y MEJORA

6.1. Prerrequisitos para la puesta en marcha

En una planta de producción hay ciertos requerimientos necesarios para poder poner en marcha una línea. Ciertos estándares se van implementando con el tiempo por lo que es importante manejarlos para tener una visión más clara de cómo diseñar bajo estatutos que aún no se van a aplicar, pero deben poderse implementar después. En el capítulo 2 se hace referencia a ciertos estándares bajo los cuales se diseñó el área de producción junto con los equipos, estos requieren de un proceso más largo para poder implementarlos, sin embargo, existen requisitos generales y propios de la empresa que rigen el accionamiento del equipo para poder producir.

Tres son los aspectos más importantes en la puesta en marcha de una línea:

- Seguridad
- Higiene
- Calidad

Con respecto a la seguridad, todos los operarios deben tener el equipo de seguridad adecuado según los riesgos del proceso. Deben de conocer las salidas de emergencia y manejar un plan de contingencia que no se altere con respecto al resto de la planta. El conocimiento del uso de extinguidores, alarmas y dispositivos de seguridad es de suma importancia. Además, debe

asegurarse que las guardas, sensores, alarmas funcionen correctamente haciendo las pruebas respectivas.

La higiene se implementa con la limpieza y desinfección del área de producción y de los equipos. Los dispositivos de limpieza deben ser nuevos y no se debe compartir entre otras líneas de producción. La higiene de los operarios y de su vestuario es crítica al ingreso del área.

La calidad del producto puede medirse bajo parámetros de empaque, código, peso, aspecto del producto, etc. La calibración de la máquina es importante en este aspecto puesto que debe determinarse el punto óptimo de producción que permita estandarizar las variables a manejar de la máquina para no tener que realizarlo manualmente cada vez que se inicia el proceso. Después del equipo, el muestreo inicial del producto es necesario para establecer la calidad del producto que saldrá al mercado.

6.2. Procedimientos de evaluación de la puesta en marcha y operación

En la siguiente tabla se establecen los procedimientos posteriores a la puesta en marcha de la línea que representan la base de los estándares que se implementarán luego en el área.

Tabla XCI. **Evaluaciones de la puesta en marcha**

Procedimiento	Descripción	Herramientas	Periodicidad
Revisión de orden	Todo equipo, dispositivo, alarma u objeto debe tener un lugar asignado y marcado	5s	Semanal
Análisis de riesgo de seguridad	Evaluar los riesgos de seguridad actuales con el proceso funcionando	ATS	Mensual
Análisis de MP	Analizar los planes de mantenimiento preventivo según componentes. Establecer indicadores y metas. Aplicación de cambio rápido	TPM	Mensual
Actualizar puntos de control	Establecer los puntos de control del proceso	HACCP	Mensual
Documentación	Se debe documentar todo el proceso del planificación y diseño	ISO 9001	Procedimiento único
Estandarizar mantenimiento y producción	Se debe especificar como hacer las rutinas de mantenimiento y rutinas de calibración o limpieza	5W+1H	Procedimiento único
Verificar Seguridad	Evaluar los cumplimientos en estándares de seguridad.	ISO 18001	Mensual
Evaluar desperdicios	Analizar la cantidad de desperdicios en material, empaque y suministros y tomar decisiones para eficientarlos	ISO 14001	Trimestral
Verificar Herramientas	Revisar que los operarios tengan las herramientas necesarias y ordenadas en un panel específico	TPM	Procedimiento único
Revisar Poka Yoke	Verificar que los procedimientos o actividades no permitan la confusión o accidentes	Poka Yoke	Procedimiento único
Entrenamiento	Instruir al equipo en cuanto a manejo de seguridad, mantenimiento, calidad, limpieza bajo estándares Malher	Método de Aprendizaje Activo	Mensual hasta cumplir paso 4
Evaluación de distribución	Revisar que la distribución es correcta y no tiene flujos de materiales, personas u objetos que sean innecesarios.	Distribución de planta	Antes de puesta en marcha y luego anualmente
Operaciones	Actualizar y optimizar diagramas de operaciones reduciendo actividades y tiempo.	Ingeniería de Métodos	Anualmente
Revisar Zonas de Higiene	Revisar fuentes de contaminación en las diferentes zonas de higiene	Zoonificación	Mensual
Diseño Higiénico	Revisar diseño y evaluar mejoras	Diseño Higiénico	Anual
Verificar bloqueo y etiquetado	Realizar pruebas y entrenamiento para bloqueo y etiquetado de máquinas	LOTO	Procedimiento único

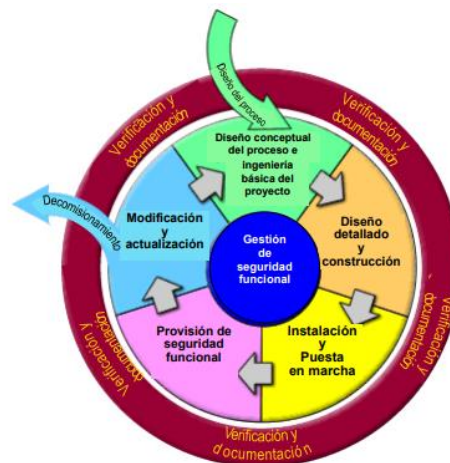
Fuente: elaboración propia.

6.3. Verificaciones finales

Un diseño es tan bueno como lo es su implementación. Más allá de estructurar y planificar el área, la puesta en marcha adecuada es precisamente la que validará que el diseño cumple su función en cada una de sus etapas.

La verificación y validación del proceso es de suma importancia porque va a guiar el diseño a la aplicación correcta. La verificación se realiza durante el proceso de diseño constantemente para evitar errores en la implementación. La validación aprueba el proceso para ponerse en marcha al final del proceso de diseño. Si el diseño no se planea correctamente y no se implementa correctamente no se cumplen los objetivos. Se pueden cumplir los objetivos de diseño sin cumplir la meta de la empresa que es al final la implementación correcta.

Figura 94. Proceso de verificación de un diseño



Fuente: SIS 203, Sistema de Verificación y validación. <https://goo.gl/mFrXyz>. Consulta: febrero de 2018.

La verificación durante el proceso se puede realizar con las siguientes actividades:

- Revisión de documentos, estándares, procesos, políticas que rijan el proyecto.
- Revisión del diseño
- Pruebas de productos ya sea maquinaria, construcción, herramienta donde se pueda comparar la aplicación del mismo en otro lugar y sus ventajas.
- Pruebas de integración para visualizar en conjunto el comportamiento del diseño que no afecte a sus alrededores y que las condiciones externas, propias del país o empresa afecten al proyecto.

La validación puede realizarse bajo los siguientes parámetros:

- Calificación de la instalación: prueba que los equipos están en condiciones para arrancar ya sea que el sistema eléctrico, neumático, suministros, sensores u otros funcionen y se hayan conformado y configurado correctamente.
- Calificación Operativa: comprueba que las partes que conforman el sistema funcionan correctamente de una manera individual.
- Calificación del funcionamiento: documenta y verifica que el sistema se desempeña correctamente de una manera integral y no separada. Esto incluye operarios, equipos, construcción y otros.

CONCLUSIONES

1. La importancia de la revisión de políticas, procedimientos, normas o estándares que rijan el proyecto radica en que un diseño debe ser integral y adecuarse a los requerimientos de la empresa.
2. El diseño debe tomar en cuenta la colocación de cada equipo y espacios adecuados para permitir el flujo libre de personas, de residuos, futuras ampliaciones y cumplir con las normas de seguridad.
3. El montaje e instalación de los suministros y de los equipos deben propiciar la inocuidad del producto, la higienización del proceso, la eficiencia y cumplir con normas de seguridad, calidad y ambientales.
4. La aplicación de software en 3 dimensiones como SketchUp, permite visualizar de una mejor manera espacios y procesos, brinda una forma más fácil de determinar errores, realizar modificaciones al entorno, evaluar alternativas y proponer escenarios para su análisis.
5. La inversión total del proyecto de la línea de empaque desde la perspectiva de higiene incluye el cumplimiento legal para poder funcionar. El cumplimiento de las normas que establecen las diferentes entidades de certificación es también prioritario en el diseño. El costo del cumplimiento asciende a quinientos noventa y tres mil quinientos ocho con catorce centavos.

6. El diseño higiénico no es más que una planificación preventiva del montaje de una línea. Pretende evitar problemas futuros de limpieza e inocuidad del producto. En el sector de manufactura de alimentos la higiene es prioritaria, por lo tanto, el proyecto debe sustentar este enfoque en el diseño, planificación, puesta en marcha y producción.

RECOMENDACIONES

1. Establecer estándares de validación para las normas, procedimientos y políticas a cumplir de cada área de la empresa involucrada y unificarlas en un formato de manera que se aprueben una única vez para no retener en cada etapa el proyecto para su aprobación de diseño y así poder agilizar su gestión.
2. Las especificaciones de diseño higiénico, el espacio e instalación de los equipos deben formar parte de los requisitos para su cotización.
3. Validar el diseño higiénico durante el montaje e instalación de la línea para cumplir para el funcionamiento de la línea de una manera higiénica.
4. La toma de datos debe ser precisa para crear la propuesta, procurando analizar la factibilidad y la manera en que se diseña. Esto para evitar proponer un diseño que en la práctica no pueda llevarse a cabo.
5. Evaluar diferentes cotizaciones que cumplan con los requerimientos para evaluar aspectos financieros y elegir la mejor opción.
6. Documentar tanto el proceso como la validación del diseño para el cumplimiento de estándares de higiene de manera que pueda utilizarse como una guía para otros proyectos de la empresa y así agilizar el proceso de aprobación.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALFARO AVILÉS, Rubén Eladio. *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo Doypack*. Trabajo de graduación de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, Facultad de Ingeniería, 2011. 171 p.
2. CANO LÓPEZ, Ariel Adriana María. *Gestión y diseño del montaje de una línea de producción de aglomerados del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 160 p.
3. COMESAÑA COSTAS, Pablo. *Montaje e instalación en planta de máquinas industriales*. España: Ideas propias editorial, 2005. ISBN: 978-84-96585-37-9. 32 p.
4. ELIAS DÍAZ, Gustavo Adolfo. *Montaje de equipo para las líneas de producción de caucho en Importadora Los Alpes*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 150 p.
5. ERNESTO CASTANEDA, Martin. *Diseño higiénico del equipo de procesado de alimentos*. [en línea].

<<https://www.analesranf.com/index.php/mono/article/.../1114/1131>>. [Consulta: 4 de enero 2018].

6. ESTRADA BERCÍAN, Juan Diego. *Diseño, montaje e instalación de equipo operativo para mejorar el rendimiento de atención en una empresa de servicios dentales*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 144 p.
7. FERNÁNDEZ NUEVO, José Luis. *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora*. Primera edición. Madrid: Dirección General de Universidades e Investigación. 2006. M-42.918-2006. 143 p.
8. FESTO. *Diseño de máquinas y especificaciones de diseño*. [en línea]. <https://www.festo.com/rep/es_es/.../FOOD_manual_design_es.pdf>. [Consulta: 12 de enero 2018].
9. GARCÍA TORRES, Edwin. *Diseño y construcción de un prototipo con sistema SCADA aplicado al control del microclima y dosificación del producto almacenado en silos*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería, 2013. 107 p.
10. *Guía de instalación de sistemas de aire comprimido*. [en línea]. <<https://goo.gl/jkZMDK>>. [Consulta: 12 de enero 2018].

11. *Manual de diseño ICARO de Calidad Ambiental en la Edificación*. [en línea].<<https://m2db.wordpress.com/2014/09/01/manuales-de-diseno-icaro/>>. [Consulta: 12 de enero 2018].
12. RONALD CASTILLO, Marité. *El Subsector de Lácteos y sus Derivados: Estudio de la Industria Agroalimentaria en Guatemala*. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2000. 104 p.
13. SOLIS PALMA, Marco Roberto. *Estudios técnico y económico para la adquisición e instalación de perforadora de vidrio en línea de producción de empresas de vidrio de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 148 p.
14. SOLO OLIVARES, Armando. *Bases de hormigón y anclaje de máquinas*. [en línea].<<https://goo.gl/JQUj6x>>. [Consulta: 4 de enero 2018].
15. *Tecnología de control de contaminación del aire*. [en línea].<[https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/fcondnss](https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/fcondnss.pdf)>.pdf [Consulta: 12 de enero 2018].

