

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Alimentos Pro-salud S.A.

“Evaluación y Rediseño de la Red de Aire Comprimido de la Empresa Alimentos Pro-salud S.A.”

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el título de Ingeniero en
Mantenimiento Industrial con el grado académico de Licenciatura**

Fabián José Fallas Juárez

Cartago Noviembre, 2018



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 14 de noviembre del 2018

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Fabián José Fallas Juárez
carné No. 201251500, si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado
de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial
, presentado en la fecha 14/11/2018, con el título Evaluación y
Rediseño de la Red de Aire Comprimido de la empresa Alimentos Prosalud SA

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:  _____ .

Correo electrónico: fabianfallasjuarez@gmail.com _____ .

Cédula No.: 604190655 _____ .

Información del Estudiante

Nombre: Fabián José Fallas Juárez

Cédula: 6 0419 0655

Carné ITCR: 201251500

Dirección de residencia en época lectiva: 1Km al oeste de la fábrica de Cemento HOLCIM, Lourdes, Agua Caliente, Cartago

Dirección de su residencia en época no lectiva: 50 metros Sur de la Cartonera, barrio las Huacas, Miramar, Montes de Oro, Puntarenas

Teléfono en época lectiva: 86142295

Teléfono época no lectiva: 86142295

Email: fabianfallasjuarez@gmail.com

Información del Proyecto:

Nombre del Proyecto: Evaluación y Rediseño de la Red de aire comprimido de la Empresa Alimentos Prosalud S.A.

Profesor Asesor: Ing. Francisco Bonilla Guido

Horario de trabajo del estudiante: lunes y jueves de 8am a 5:30pm, viernes de 8am a 3:00pm, martes de 8am a 12md y miércoles de 12md a 5:30pm

Información de la Empresa:

Nombre: Alimentos Prosalud S.A.

Zona: El Roble, Puntarenas, Puntarenas

Dirección: Sobre la carretera Costanera, 1 km al oeste de la Intersección a Guanacaste, Barranca, Puntarenas

Teléfono: (506) 2663 5000

Fax: (506) 2204 7700

Actividad Principal: Producción de Conservas de atún y sardina

Dedicatoria

A mis padres Albán y Urania, gracias por todo el apoyo brindado, consejos y el amor. Son gran parte de mi motivación para esforzarme cada día.

A mis abuelos Benito y Luz, por apoyarme en cada etapa y ayudarme cada vez que lo necesité.

A mis hermanos (as) Anthony, Fabiana y Yuriana, por todas las alegrías y dolores de cabeza dados, ellos forman parte de mí motivación para mejorar cada día.

Agradecimiento

A la empresa Alimentos Pro-salud, por abrirme las puertas para realizar mi práctica de especialidad en sus instalaciones.

A todo el personal de la empresa por el apoyo y realmente vincularme con una persona más de APS, en especial al Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, a los Ingenieros Jonathan Quesada, Hugo Oviedo, Jeffry Jiménez, Steven Gonzáles, Roy Quesada, Raúl Gonzáles, a los Supervisores Heyner Vargas y Alexander Sequeira, al Sr Carlos Mahecha y todos los técnicos del Departamento, Calderistas, Refrigeración, Mecánicos y Eléctricos, por toda la ayuda brindada, ideas, críticas y enseñanzas durante mi estancia en la empresa.

Y a todas las personas que de una forma u otra estuvieron durante toda mi formación universitaria, amigos y profesores, que me ayudaron a formarme a nivel profesional y como persona. A mí profesor Asesor Francisco Bonilla Guido, por siempre ayudarme con las dudas que me surgieran durante la elaboración del Proyecto.

Índice

Resumen	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Objetivos	5
Descripción del Problema	6
Limitaciones del Proyecto.....	7
Metodología de Trabajo	8
Capítulo 1	9
1.1. Misión.....	9
1.2. Visión	9
1.3. Historia	9
1.4. Proceso Productivo	11
Capítulo 2.....	14
2.1. Determinación del diámetro interno de la Tubería	22
2.2. Cálculo del depósito de aire comprimido.....	24
2.3. Estimación de Fugas.....	25
2.4. Factor de ampliación	26

Capítulo 3.....	27
3.1 Características del sistema de aire comprimido.....	27
3.2 Levantamiento de la Red.....	33
3.3 Costo Energético del Aire Comprimido.....	34
3.4 Consumo.....	41
3.5 Análisis de los diámetros de las tuberías actuales.....	48
3.6 Caídas de Presiones.....	54
3.7 Factor de Ampliación.....	54
3.8 Porcentaje y Flujo de Fugas.....	54
Capítulo 4.....	64
4.1. Cálculo del diámetro de la tubería del compresor con variador de frecuencia.....	64
4.2. Cálculo del Volumen del Tanque Pulmón.....	65
4.3. Nuevo factor de ampliación.....	65
4.4. Consideraciones de la Red Actual.....	66
Capítulo 5.....	67
Propuesta 1. Instalación de Reguladores de Presión en la línea de alimentación de aire comprimido en las Autoclaves de la 1 a la 6.....	67
5.2.1. Objetivo.....	67

5.2.2. Situación Actual	68
5.2.3. Situación Propuesta.....	74
5.2.4. Inversión	78
5.2.5. Viabilidad Económica del Proyecto.....	79
5.2.6. Conclusiones	80
Propuesta 2. Instalación de Reguladores de Presión las diferentes líneas de soplado	
	81
5.2.1. Objetivo	81
5.2.2. Situación Actual	82
5.2.3. Situación Propuesta.....	88
5.2.4. Inversión	89
5.2.5. Viabilidad Económica del Proyecto.....	90
5.2.6. Conclusiones	93
Propuesta 3. Reparación de las Fugas en los diferentes sectores de la empresa	
	94
1. Objetivo.....	94
5.3.1. Situación Actual	95
5.3.2. Situación Propuesta.....	99
5.3.3. Inversión	99

5.3.4. Viabilidad económica.....	100
5.3.5. Conclusiones	102
Capítulo 6.....	103
Capítulo 7.....	105
Conclusiones.....	107
Recomendaciones.....	108
Anexos	109
1. Cotizaciones.....	109
Apéndices.....	121
1. Planos	121
Bibliografía	131

Índice de Figuras

Figura 1 Organigrama del Departamento de Dirección de Manufactura	10
Figura 2 Organigrama del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento	11
Figura 3 Diagrama del Proceso Productivo de la empresa Alimentos Pro-salud S.A.	11
Figura 4 Composición del aire atmosférico	14
Figura 5 Sistema Neumático Básico	15
Figura 6 Diferentes tipos de compresores.....	18
Figura 7 Diferentes refrigeradores posteriores y separadores de agua	19
Figura 8 Filtro de Partículas	21
Figura 9 Compresor de aire de capacidad variable	27
Figura 10 Compresor de aire de carga y descarga	28
Figura 11 Torre de enfriamiento evapco	29
Figura 12 Secador Refrigerativo Sullair.....	30
Figura 13 Tanque de Almacenamiento de aire comprimido	31
Figura 14 Regulador de Flujo y Presión Sullair	32
Figura 15 Compresor de aire con variador de frecuencia	33
Figura 16 Medidor de Consumo Energético Fluke 1735	34
Figura 17 Consumo de energía en el compresor de capacidad variable	35
Figura 18 Consumo de energía del compresor capacidad fija	36
Figura 19 Comportamiento del Flujo detectado por el Flujómetro Principal	41
Figura 20 Flujómetro Portatil DS300 y Sensor VA400	42

Figura 21 Flujo de aire comprimido en el área de Harinera y Sardina	43
Figura 22 Flujo de aire comprimido en Harinera	44
Figura 23 Flujo de aire comprimido en el área de líquidos de gobierno	45
Figura 24 Flujo de aire comprimido en el área de auto-claves.....	46
Figura 25 Flujo de aire comprimido en el Centro de Distribución y Etiquetado ...	47
Figura 26 Estimación del Flujo de Fugas de la red de aire comprimido	55
Figura 27 Estimación del Flujo de Fugas antes del Tanque de almacenamiento	56
Figura 28 Método de Medición de la caída de Presión en el Centro de Distribución y Etiquetado.....	57
Figura 29 Estimación del Flujo de Fugas del Centro de Distribución y etiquetado	57
Figura 30 Método de Medición de la caída de Presión en la línea de líquidos de Gobierno y Conservas.....	58
Figura 31 Estimación del Flujo de Fugas la línea de líquidos de Gobierno y Conservas	59
Figura 32 Estimación del Flujo de Fugas en la línea de Sardina y Harinera	60
Figura 33 Método de Medición de la caída de Presión en la línea de Sardina y Harinera	61
Figura 34 Detector de fugas ultrasónico Leakshooter LKS1000 V3	62
Figura 35 Fuga de aire comprimido en acople de manguera	62
Figura 36 Fuga de Aire comprimido en accesorio roscado	63
Figura 37 Flujo de la Autoclave 6	69

Figura 38 Flujo Modificado de la Autoclave 6.....	70
Figura 39 Flujo de aire comprimido en la línea de autoclaves.....	71
Figura 40 Flujo de aire comprimido modificado en la línea de autoclaves	72
Figura 41 Modelo A Propuesto.....	74
Figura 42 Modelo B Propuesto.....	76
Figura 43 Regulador de Presión defectuoso	82
Figura 44 Reguladores de Flujo de aire	83
Figura 45 Modelo elaborado para estimar el consumo de aire comprimido	84
Figura 46 Regulador y boquilla emplea en la estimación del flujo.....	85
Figura 47 Mini regulador de Presión Camozzi.....	88
Figura 48 Área de Cerradoras.....	95
Figura 49 Mala práctica a la hora de eliminar una manguera de aire comprimido	95
Figura 50 Bloque de Electroválvulas sin anclar.....	96
Figura 51 Fugas en accesorios en el cuarto de compresores.....	97
Figura 52 Fuga de aire comprimido en la pasarela de descongelado de atún	97
Figura 53 Fuga en las mangueras de aire comprimido para cocinadores en la pasarela	98
Figura 54 Fuga en manómetro ubicado en el cuarto de calderas	98
Figura 55 Variación del Flujo de la nave industrial.....	106
Figura 56 Cotización de Tuberías para reducir el uso de mangueras para trasegar aire comprimido.....	109

Figura 57 Cotización de accesorios para elaborar la modificación de autoclaves	110
Figura 58 Cotización de accesorios para elaborar la modificación de autoclaves	111
Figura 59 Cotización para la modificación en el área de autoclaves y comparación de precios en dos tipos de mangueras	112
Figura 60 Cotización de accesorios para elaborar la modificación de autoclaves	113
Figura 61 Cotización de los elementos filtrantes de los filtros principales de la Red.....	114
Figura 62 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.	115
Figura 63 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.	116
Figura 64 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.	117
Figura 65 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.	118
Figura 66 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.	119
Figura 67 Cotización del trabajo de soldadura requerido en el área de autoclaves	120
Figura 68 Tabla de Simbología empleada.....	121
Figura 69 Plano Aire Comprimido Sección 1.....	122
Figura 70 Plano Aire Comprimido Sección 2.....	123
Figura 71 Plano Aire Comprimido Sección 3.....	124
Figura 72 Plano Aire Comprimido Sección 4.....	125

Figura 73 Plano Aire Comprimido Sección 5.....	126
Figura 74 Plano Aire Comprimido Sección 6.....	127
Figura 75 Plano Aire Comprimido Sección 7.....	128
Figura 76 Plano Aire Comprimido Sección 8.....	129
Figura 77 Plano Aire Comprimido Sección 9.....	130

Índice de Tablas

Tabla 1 Pérdida de presión en los accesorios de tubería, expresada en metros equivalentes de tubería recta.....	23
Tabla 2. Características del compresor de aire principal	28
Tabla 3 Características del compresor de aire secundario.....	29
Tabla 4 Características del Secador Refrigerativo.....	30
Tabla 5 Características del compresor de aire con variador de frecuencia	33
Tabla 6 Costos Multi-tarifa ICE.....	37
Tabla 7 Consumo de energía de los equipos necesarios para generar aire comprimido.	38
Tabla 8 Consumo de Demanda de los equipos necesarios para la generación de aire comprimido.....	39
Tabla 9 Costo económico de la generación del aire comprimido en las diferentes zonas horarias eléctricas.....	40
Tabla 10 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería principal.....	49
Tabla 11 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería del Centro de Distribución y Etiquetado.	49
Tabla 12 Cálculo del Flujo máximo de aire comprimido de la tubería actual del área de Cerradoras.	50
Tabla 13 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de Sardina y Harinera.....	50

Tabla 14 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de Sardina.	51
Tabla 15 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de Harinera.	51
Tabla 16 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de líquidos de gobierno y conservas.	52
Tabla 17 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual en la tubería de limpieza de atún.	52
Tabla 18 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual en la tubería de cocinadores.	53
Tabla 19 Datos y Resultado Obtenido con respecto al volumen del tanque pulmón	65
Tabla 20 Costo del Modelo A	75
Tabla 21. Costo del Modelo B	77
Tabla 22. Costo inicial de la modificación.	78
Tabla 23. Ahorro económico de la modificación.	79
Tabla 24. Proyección del Retorno de la Inversión.	79
Tabla 25. Datos Obtenidos de Flujo de aire comprimido mediante el ensayo	86
Tabla 26. Estimación de Horas Efectivas en el proceso de soplado con aire comprimido	87
Tabla 27. Costo inicial de la modificación por unidad y total de la obra	89
Tabla 28. Costo de aire comprimido por unidad de soplado y área.	90

Tabla 29. Ahorro estimado por áreas.....	91
Tabla 30. Proyección del Retorno de la Inversión.....	91
Tabla 31. Costo de la Fuga del cuarto de compresores en las diferentes zonas horarias.....	100
Tabla 32. Costo de la fuga en un período de tiempo.....	101
Tabla 33. Estudio de Viabilidad del Proyecto.....	101
Tabla 34. Viabilidad Económica de todos los proyectos presentados a la empresa	104

Resumen

La empresa Alimentos Pro-salud S.A., tiene como objetivo reducir los costos de su producción y como el aire comprimido es un insumo importante para la empresa, en el siguiente proyecto se audita la red actual de aire comprimido de la empresa con el fin de detectar deficiencias en el sistema, las cuales se pueden corregir y aumenten la eficiencia de este.

Primeramente, se estimaron los costos eléctricos de la producción de aire comprimido de la empresa y se determina que representan alrededor de un 5% de la facturación eléctrica de la compañía, además se realizó un levantamiento de la red para observar las características del trasiego del fluido. Debido al tamaño de la nave industrial, se determinaron los consumos por áreas y en las que se consideraron más críticas. Por otro lado, se determinó que las fugas presentes a la red corresponden a un 20% y equivalente a un flujo de 94,28 cfm, las cuales se deben reducir a un valor menor del 5%.

Posteriormente, se determina el consumo máximo actual de la empresa, el cual corresponde a 1150 cfm y se determina un factor de ampliación de 0% y los flujos máximos por trabajo para calcular el porcentaje de ampliación por zona.

En la sección de rediseño se calculó el diámetro de tubería para la conexión del nuevo compresor adquirido de la empresa, además del tanque de almacenamiento requerido por la empresa, para disminuir el tiempo de trabajo de los compresores. Luego se analizaron los costos y los ahorros generados por los proyectos de conservación de la energía propuestos a la empresa, con el fin de obtener la factibilidad de estos y si estaban acorde a la política de proyectos de la empresa para proceder con su ejecución.

Palabras claves: Aire comprimido, Alimentos Prosalud, Industria Alimenticia, Calidad, Consumo, Ahorro energético.

Abstract

The company Alimentos Pro-salud S.A., aims to reduce the costs of its production and as compressed air is an important input for the company, in the next project the company's current compressed air network is audited in order to detect deficiencies in the system, which can be corrected and increase the efficiency of this.

Firstly, the electric costs of the compressed air production of the company were estimated and it is determined that they represent around 5% of the company's electric bill, in addition, a survey of the network was carried out to observe the characteristics of the fluid transfer. Due to the size of the industrial warehouse, the consumption was determined by areas and those considered most critical. On the other hand, it was determined that the leaks present in the network correspond to 20% and equivalent to a flow of 94.28 cfm, which must be reduced to a value of less than 5%.

Subsequently, the current maximum consumption of the company is determined, which corresponds to 1150 cfm and an expansion factor of 0% is determined, as well as the maximum flows per work to calculate the percentage of expansion by area.

In the redesign section, the pipe diameter was calculated for the connection of the new compressor purchased by the company, in addition to the storage tank required by the company, to reduce the working time of the compressors. Then the costs and savings generated by the energy conservation projects proposed to the company were analyzed, in order to obtain the feasibility of these and if they were in accordance with the company's project policy to proceed with its execution.

Keywords: Compressed air, Alimentos Prosalud, Food industry, Quality, Consumption, Energy saving.

Introducción

Hoy, la eficiencia energética tiene mayor énfasis en todas las actividades industriales y en la neumática no es una excepción, está siendo utilizado como fuente de energía desde hace ya varios años, esto debido a su facilidad de realizar diversos movimientos de forma fácil y económica, si se tienen buenas prácticas del sistema.

El siguiente proyecto consiste en la realización de una auditoría energética para el sistema de aire comprimido de la empresa y un rediseño de esta, con el fin de obtener posibles puntos de mejoras en el sistema neumático de la compañía. Este se presenta como anteproyecto de práctica industrial para obtener la aprobación del proyecto descrito a continuación.

Como primera etapa del proyecto se realizará un análisis de la red neumática; se revisan los planos iniciales de la red de aire comprimido y se unifican con los planos de las modificaciones que se han ido realizando para determinar todos los equipos que consumen aire comprimido de la red y su distancia con respecto al cuarto de generación de aire comprimido, además, de medidas indirectas para obtener un aproximado de las pérdidas por fugas actuales en la empresa.

Como segunda etapa del proyecto se elaboró un listado de las características de los equipos que forman parte del sistema neumático, es decir, los equipos tanto de la parte de consumo como los equipos de la parte de suministro, las capacidades y las condiciones en las que éstos se encuentran en su máximo rendimiento. Para la parte de los equipos de demanda se deberá tomar en cuenta un factor de simultaneidad basado en los ciclos de trabajo de los equipos. Una vez se cuenten con estos cálculos se obtendrá una visión de la eficiencia del sistema neumático actual y se procederá a elaborar el rediseño de la red de aire comprimido, siempre

buscando los posibles puntos de mejorar para la red, en busca de un ahorro energético en esta.

Como finalización del proyecto se procede a un estudio de viabilidad del proyecto, en el cual, se interpreten los beneficios tanto técnicos como económicos si se realizarán las correcciones al sistema de aire comprimido.

Objetivos

Objetivo General:

- Evaluar el sistema de aire comprimido de la empresa Alimentos Pro-salud S.A. con el fin de optimizar el mismo tanto operativa como económicamente.

Objetivos Específicos:

- Auditar la red de aire comprimido de la empresa.
- Elaborar un rediseño de la red de aire comprimido que satisfaga los requerimientos del proceso, como presión, calidad y consumo.
- Determinar los posibles puntos de mejora para generar un ahorro energético en el sistema de aire comprimido de la compañía.
- Evaluar la factibilidad económica del proyecto.

Descripción del Problema

Alimentos Pro-salud S.A. se encuentra ubicada en el Robledal de Puntarenas, está presenta una red de aire comprimido en tubos de acero inoxidable, los cuales fueron instalados en el año 2002. Actualmente, por expansión de la empresa, se han realizado modificaciones a la red de aire comprimido sin respaldo de un estudio ingenieril para su elaboración, por lo tanto, no se cuenta con los planos actualizados de la planta, además, no se tiene conocimiento de si las tuberías soportan los consumos actuales y las caídas de presión de la planta se encuentran entre el rango admisible, según la literatura, también no se sabe si el porcentaje actual de fugas de la empresa es el admisible.

Otros de los problemas presentes, es que el tanque pulmón de la empresa se cree que es pequeño con respecto a los requerimientos actuales del proceso de producción, además, de que a todos los equipos les llega la misma presión de trabajo por igual y la misma calidad de aire, siendo este un factor importante a considerar a la hora de la elaboración de una red de aire comprimido.

Por estas razones, la empresa se ha propuesto elaborar una auditoría de la red actual, esto, con el fin de establecer un estado actual y verificar ciertos factores que pueden desarrollar oportunidades de conservación de la energía para optimizar su proceso y reducir costos debido a la generación de la red de aire comprimido.

Limitaciones del Proyecto

En todos los proyectos existen limitaciones que son importantes tomar en cuenta, ya que pueden variar el resultado final. Para este proyecto surgieron las siguientes limitaciones.

Medición del consumo de los equipos

Debido a la magnitud de la nave industrial de la empresa y su proceso productivo, no se pudieron obtener datos puntuales por equipo, por lo tanto, se procedieron a analizar los consumos a nivel de área. Además, en ciertas áreas no se contaban con medidas de conexión del equipo medidor empleado, y debido al proceso productivo de esta, se dificultaba la evacuación de la tubería para agregar un mecanismo que permita la conexión, por lo tanto, no se realizó el proceso de medición en todas las zonas, sino se determinaron por criticidad del área.

Calidad de aire

Como no se tiene una documentación de los equipos, además la planta cuenta con equipos antiguos o con modificaciones realizadas para la mejora de su proceso, no se pudo establecer un parámetro de la calidad de aire comprimido necesaria, pero como el aire nunca está en contacto con el proceso, se procedió a realizar una entrevista con expertos en el tema, para verificar si los filtros actuales brindan una calidad estándar de aire comprimido basados en la normativa ISO 8573 – 1.

Metodología de Trabajo

Para la elaboración del proyecto se requiere elaborar una auditoría del sistema actual de la planta, tanto para conocer las necesidades requeridas por el proceso de la empresa, como para conocer el estado actual del mismo, y posibles puntos de mejora que se podrían elaborar en la red. Posteriormente, realizar un rediseño de la red de aire comprimido en la cual se encuentren implementados los puntos de mejora y comparar la factibilidad que trae consigo este rediseño de la red. Para esto se presenta una serie de pasos:

1. Auditoría de la red de aire comprimido: en este apartado se caracterizó toda la red actual, se tabularon los equipos tanto del lado de suministro como del lado de demanda, esto para obtener las características actuales del sistema, además se procedió a elaborar el levantamiento de planos para tener la caracterización completa de la planta. Luego se procedió a elaborar un análisis de toda la red de tuberías con respecto a flujos y presiones en los equipos más críticos de la planta para determinar si ciertas condiciones cumplen o no con la admisible, porcentaje de fugas, caídas de presión, diámetros internos de tubería mínimos requeridos.
2. Rediseño de la red de aire comprimido: en esta etapa del proceso se proponen las correcciones de los defectos que se encontraran en la red de aire comprimido, ya que con respecto a presión, diámetros y porcentaje de fugas.
3. Elaboración de oportunidades de mejora: en esta sección se presentan proyectos para la planta, donde contribuyen a disminuir los costos, evitar el uso innecesario de aire comprimido en algunas zonas y mejorar la eficiencia del proceso actual.
4. Estudio de Viabilidad: en este paso se realiza un estudio económico de todos los proyectos presentados y las mejoras requeridas en la planta, esto para determinar la factibilidad de las propuestas y que todas se encuentren acorde con los parámetros financieros de la empresa.

Capítulo 1

Descripción de la empresa

1.1. Misión

“Satisfacer y deleitar a nuestros consumidores y clientes, de manera innovadora, con soluciones alimenticias saludables”.

1.2. Visión

“Ser una empresa de alto valor percibido en los mercados y segmentos donde opere”.

1.3. Historia

La empresa SARDIMAR S.A. fue fundada en el año 1973 en Puntarenas, Costa Rica. En sus inicios, su objetivo principal era el procesamiento y comercialización de sardinas para el mercado costarricense.

La compañía instaló su primera planta de procesamiento en los años 1973 y 1974, cuando también se creó la división PESCAMAR de Centroamérica S.A.

Con el crecimiento de la compañía, SARDIMAR, ingresó en el mercado de atún, para esto, se asoció con la empresa ZAPATA CORPORATION, de origen estadounidense, pero a partir de 1983, esta empresa, vendió sus acciones de SARDIMAR y PESCAMAR a un grupo de inversionistas costarricenses. Desde aquel entonces SARDIMAR ha sido una empresa 100% costarricense.

En el año 2002, SARDIMAR inauguró una nueva planta capaz de dar soporte al crecimiento y diversificación definido por la empresa, que contempló la inclusión en su portafolio de productos de nuevas proteínas como los mariscos y el salmón, así como de nuevos sabores y presentaciones para sus marcas de sardinas y atún.

La empresa también cuenta con una fábrica de harina de pescado cuyo producto se destina a la fabricación de concentrado de animales. Actualmente, con el objetivo de expandir la visión de negocio más allá de los productos del mar como parte de

su nueva estrategia corporativa, SARDIMAR cambió su razón social y ahora es legalmente Alimentos Pro-salud S.A.

Adicionalmente, la compañía decidió trascender las fronteras nacionales para tocar mercados tan competitivos como los de Estados Unidos y Europa, en donde se comercializa la marca gourmet TONNINO, una versión de atún en envase de vidrio.

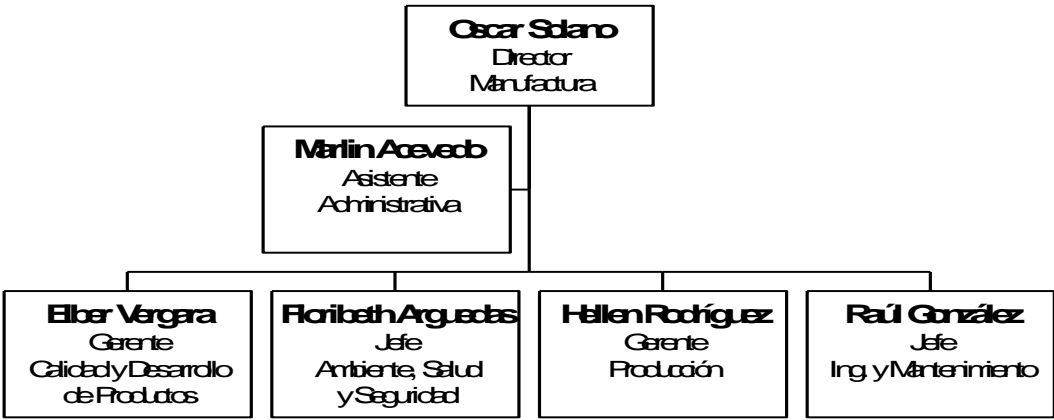


Figura 1 Organigrama del Departamento de Dirección de Manufactura

Fuente: (Alimentos Pro-salud S.A., 2018).

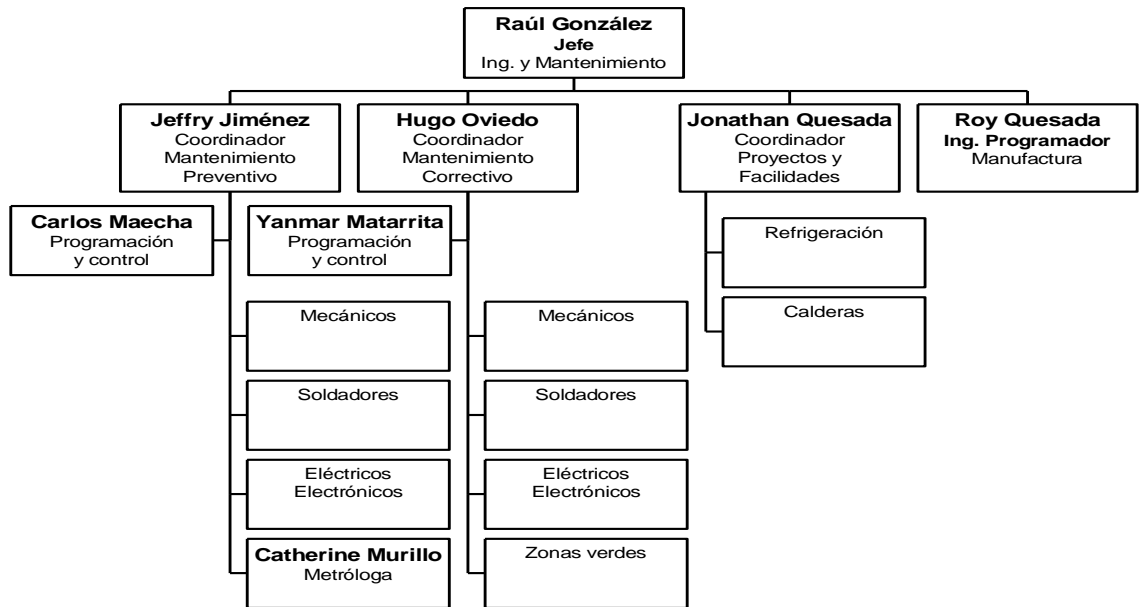


Figura 2 Organigrama del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento

Fuente: (Alimentos Pro-salud S.A., 2018).

1.4. Proceso Productivo

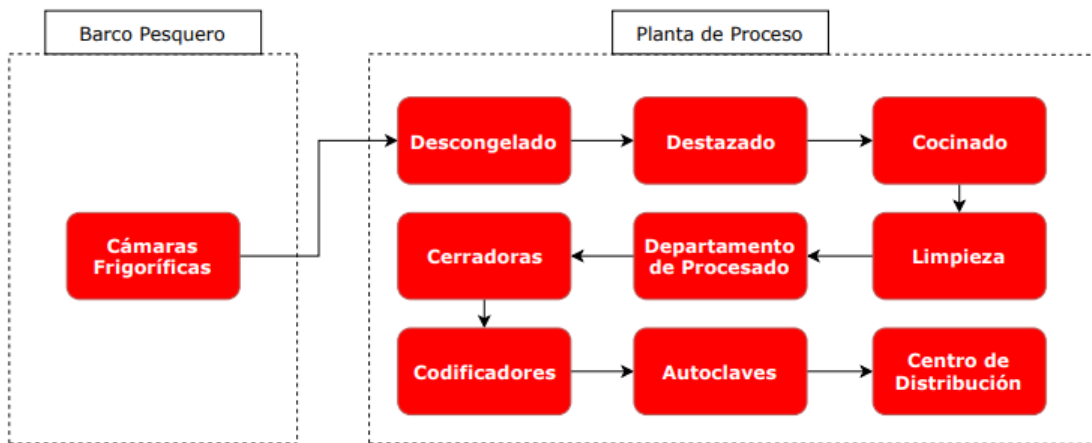


Figura 3 Diagrama del Proceso Productivo de la empresa Alimentos Pro-salud S.A.

Fuente: (Elaboración Propia, 2018).

El proceso de atún se inicia en el puerto de Caldera en Puntarenas, cuando se hace la recepción del producto que se ha comprado a los barcos atuneros de flotillas internacionales, que son proveedores de la compañía seleccionados rigurosamente, de manera que cumplan con las normativas internacionales para proteger el recurso y no afectar otras especies marinas.

Estos barcos son acompañados por “observadores” en sus travesías, de manera que haya una garantía sobre sus métodos de pesca y el respeto por las vedas internacionales.

En las cámaras frigoríficas se realizan las siguientes funciones:

- Selección del pescado de acuerdo con el tamaño, especie y calidad.
- Control de calidad de la materia prima recibida.
- Almacenamiento de la materia prima de tal forma que permita el seguimiento hasta el producto final.

El atún es enviado a la planta de Proceso. Una vez en la planta, se realiza el descongelado, luego se destaza (cortándolo según las especificaciones de calidad preestablecidas) y se coloca en bandejas que permiten darle continuidad al proceso de trazabilidad.

El siguiente paso es el cocinado, donde las variables de presión y temperatura se encuentran controladas por un sistema automatizado, lo cual garantiza una cocción homogénea de cada uno de los lotes de producción.

Posteriormente, personal altamente capacitado para garantizar la calidad del producto procede a realizar la limpieza; etapa en la cual al atún cocido se le quitan la piel y los huesos.

Durante el proceso, cada bandeja con lomos es pasada a través de un detector de metales, con lo cual garantizamos la no presencia de materiales metálicos extraños en el producto final. Así como este control, contamos con otros en puntos críticos del proceso para garantizar la calidad e inocuidad del producto.

Una vez limpio el atún, pasa a otro departamento, donde según la presentación que se esté procesando, se agregan los ingredientes de acuerdo a su receta. Seguidamente, el producto se envía a las cerradoras y se codifica para establecer el lote de producción y su fecha de vencimiento.

Luego, se pasa a las autoclaves, donde se esteriliza, lo que permite alargar la vida del producto sin tener necesidad de agregar preservantes.

Finalmente, las latas se colocan en tarimas que se envían al centro de distribución, desde donde se etiqueta y se despacha según la solicitud de los clientes.

Capítulo 2

Marco Teórico

El aire atmosférico consta principalmente, de oxígeno y nitrógeno, con un determinado contenido de humedad, dependiendo de la temperatura y del posicionamiento terrestre. El aire comprimido es aire atmosférico común que se comprime a una presión más alta que la presión atmosférica.

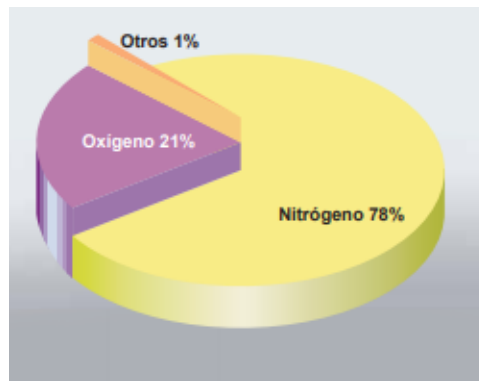


Figura 4 Composición del aire atmosférico

Fuente: (Atlas Copco, 2011).

El aire comprimido se cuantifica por su flujo volumétrico, consiste en un determinado volumen de partículas por unidad de tiempo (m^3/min ó m^3/hr)

$$V = A * s * n * c$$

Ecuación 2-1
Determinación del
Flujo requerido para
pistones

V = Flujo Volumétrico Requerido [l/min]

A = Área del cilindro [dm^2]

s = carrera [dm]

n = número de carreras [1/min]

c = número de cilindros trabajando

El aire comprimido es un instrumento que puede almacenar grandes cantidades de energía y es muy utilizado en la industria, actualmente casi el 90% de todas las empresas fabricantes utilizan aire comprimido en sus procesos, esto gracias a las diferentes ventajas que posee como un medio energético.

- Es seguro y fiable
- Es fácil de almacenar y transportar
- Gran variedad de aplicaciones industriales, como: propulsión de herramientas neumáticas, limpiar, desplazar y enfriar materiales

Como el aire comprimido se produce en el lugar de uso, es responsabilidad del usuario cumplir con los requisitos de calidad y reducir el coste producción en la medida de lo posible:

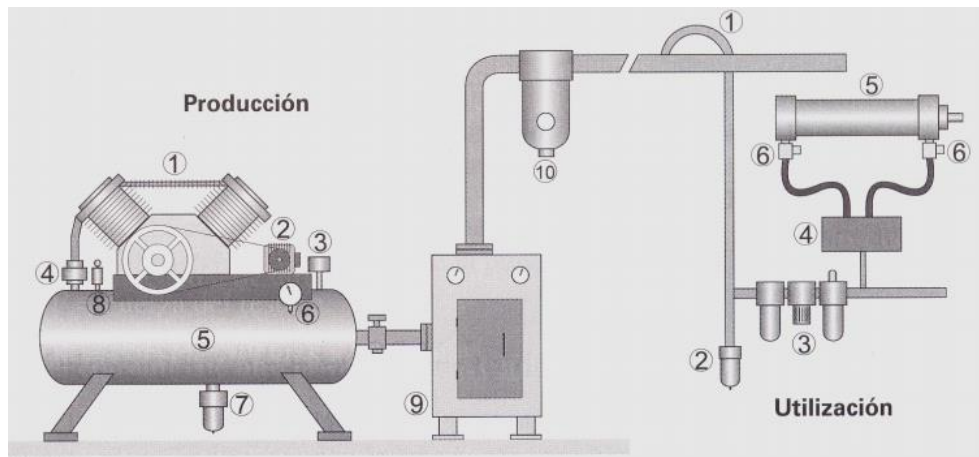


Figura 5 Sistema Neumático Básico

Fuente: (Monge, 2017).

Compresores

El compresor es un elemento de vital importancia en la red de aire comprimido, este es el que se encarga de aspirar el aire de la atmósfera y comprimirlo en un volumen más pequeño, aumentando su presión y posteriormente almacenarlo en un depósito.

Estos se clasifican en función de la forma de compresión:

1. Desplazamiento Positivo:

Su funcionamiento se basa en la disminución del volumen del aire en la cámara de compresión donde se encuentra confinado, lo que genera un aumento de la presión interna hasta llegar al valor previsto, para luego, el aire ser liberado al sistema. Estos compresores se dividen en:

a. Alternativos o Reciprocantes

i. Émbolo

Este tipo de compresor también es conocido como compresor de pistón, en el cual, el aire es aspirado por la acción de un pistón accionado por una biela y un cigüeñal, el mismo pistón, al realizar el movimiento comprime el aire en el interior, liberándolo al sistema o a la siguiente etapa, según la presión requerida, existen compresores de pistón de una o dos etapas.

ii. Diafragma

También conocido como compresor de membrana, tiene un principio similar al compresor de pistón, solo que, en este compresor, se emplea un cigüeñal y una barra para doblar una membrana que comprima el aire debido al fenómeno de dislocación.

b. Rotativos

i. De Paletas:

Este usa un rotor de paletas, este al estar ubicado en una posición excéntrica al eje central de la carcasa, las cámaras van creciendo en la zona de aspiración, llegando a producir una disminución de la presión lo cual provoca la entrada de aire. Según se desplazan con el giro del rotor, las cámaras se van reduciendo hacia la zona de salida, comprimiendo el aire en el interior.

ii. De Tornillo

Se basan en el desplazamiento del aire, a través de las cámaras que se crean con el giro simultáneo y en sentido contrario de dos tornillos, uno macho y otro hembra. El aire llena el espacio situado entre los dos tornillos, aumentando la presión según se va reduciendo el volumen en la cámara.

2. Desplazamiento Cinemático o dinámicos:

Su funcionamiento se basa en la aceleración molecular. El aire es aspirado a la entrada y acelerado a gran velocidad, después es descargado directamente a unos difusores, donde toda la energía cinética del aire se transforma en presión estática. Luego el aire es liberado al sistema. Estos se dividen en:

a. Centrífugos

En estos compresores el aire entra directamente en la zona central del rotor, guiado por la campana de aspiración. El rotor que gira a gran velocidad hace que el aire impacte a gran velocidad un difusor situado en la espalda del compresor y luego se dirige al cuerpo de salida.

b. Axiales:

Estos se diferencian a los centrífugos debido a que el aire circula paralelo al eje. Están formados por discos llamados rotores, entre los cuales se encuentra un disco llamado estator, donde el aire acelerado por el rotor incrementa su presión antes de entrar al siguiente disco.

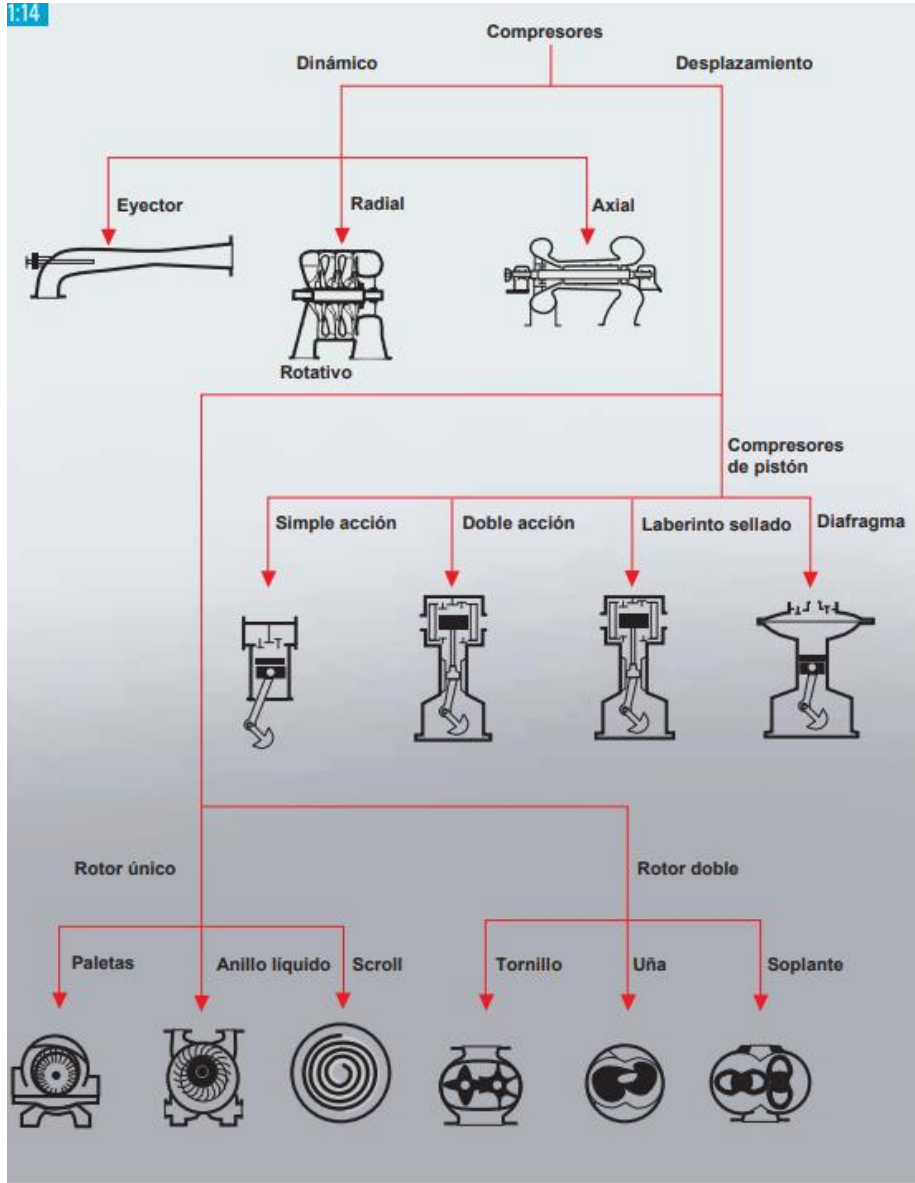


Figura 6 Diferentes tipos de compresores

Fuente: (Atlas Copco, 2011).

Secado del aire

Como se mencionó anteriormente, el aire atmosférico contiene vapor de agua, por lo tanto, cuando el aire se comprime, esto aumenta la concentración de agua. Por lo tanto, es necesario el secado del aire para evitar problemas y perturbaciones debido a la precipitación del agua en las tuberías y en los equipos conectados.

“Un compresor con una presión de trabajo de 7 bar y una capacidad de 200 l/s que comprime aire a 20 °C con una humedad relativa del 80% liberará 10 litros de agua por hora en la línea de aire comprimido” (Atlas Copco, 2011).

Esta operación se realiza con un refrigerador posterior y un secador de aire.

Refrigerador posterior

Es un intercambiador de calor, el cual, enfría el aire comprimido caliente para precipitar el agua, este cuenta con separador de humedad con purgador automático y se debe colocar junto al compresor.

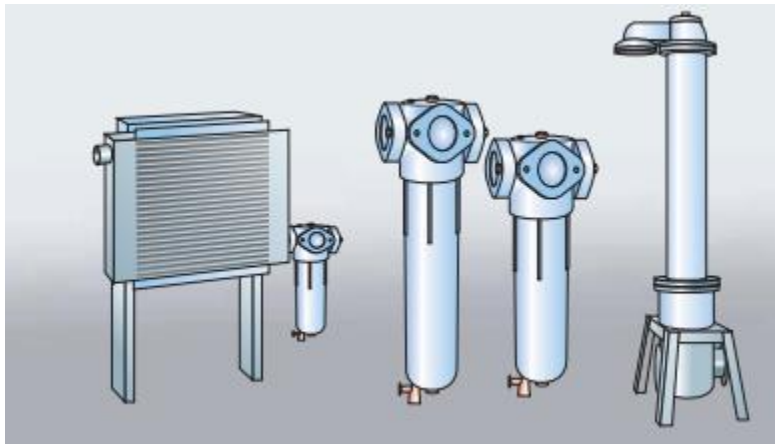


Figura 7 Diferentes refrigeradores posteriores y separadores de agua

Fuente: (Atlas Copco, 2011).

Secador frigorífico

Con este método, el aire comprimido se enfría, lo cual genera la condensación de una gran cantidad de agua, que se puede separar. Posteriormente, se vuelve a

calentar hasta casi la temperatura ambiente para que no se genere condensando en el exterior de la tubería.

Secado por absorción

“Es un proceso químico que permite que el vapor de agua se fije al material absorbente. El material absorbente puede ser sólido o líquido” (Atlas Copco, 2011).

Secado por adsorción

Su principio de funcionamiento se basa en que el aire húmedo fluya sobre un material higroscópico y esta seca el aire.

Secadores de membrana

El secador es un cilindro que aloja una gran cantidad de diminutas fibras huecas que tienen una permeación selectiva para eliminar el vapor de agua. A medida que el aire comprimido húmedo entra al cilindro, el recubrimiento de la membrana permite que el vapor de agua penetre y se deposite en las fibras, por lo que sólo permite la continuidad del aire seco casi a la misma presión que el aire comprimido húmedo a la entrada.

Filtros

Las partículas que se encuentran suspendidas en el aire comprimido se pueden eliminar diversas formas, esto mediante los filtros, para brindar la calidad de aire necesaria, esto se da mediante los poros que se encuentran en los filtros, si las partículas en el aire son de un tamaño mayor a los poros del filtro, este no las dejará pasar.

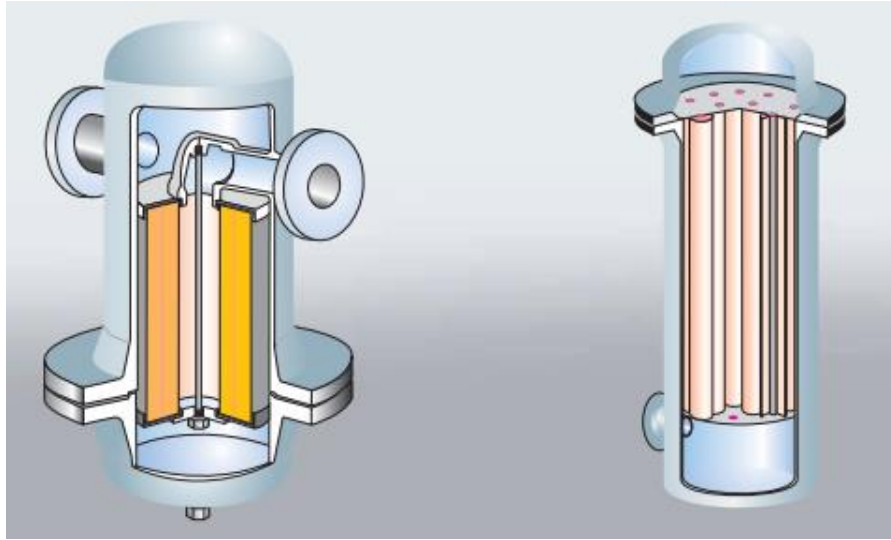


Figura 8 Filtro de Partículas

Fuente: (Atlas Copco, 2011).

Línea principal

“Se denomina tubería principal a la línea de aire que sale del depósito y canaliza la totalidad del caudal de aire. Debe tener la mayor sección posible y prever un margen de seguridad en cuanto a posteriores crecimientos de fábrica, y, como resultado, a un aumento de la central de compresores. La velocidad máxima del aire es de 8m/segundo” (Carnicer Royo, 1977).

Líneas secundarias

“Son las que toman el aire de la tubería principal, ramificándose por las zonas de trabajo, y de las cuales salen las tuberías de servicio. El caudal de aire que transporta será el correspondiente a la suma de los caudales parciales que de ella se deriven. Al mismo tiempo, es conveniente pensar en alguna futura ampliación al calcula su diámetro. La velocidad máxima del aire es de 8m/segundo” (Carnicer Royo, 1977).

Líneas de Servicio

“Son las que alimentan a las herramientas o equipos neumáticos en el punto de manipulación.

Se requiere dimensionarlas conforme al número de salidas o tomas, procurando o colocar más de dos o tres acoplamientos rápidos en cada una de ellas. Y evitar poner tuberías de servicio inferiores a ½" Ø, ya que si el aire está sucio puede cerrarlas.

La velocidad máxima del aire es de 15m/segundo.” (Carnicer Royo, 1977)

2.1. Determinación del diámetro interno de la Tubería

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 10^3 \times V^{1,85} \times L}{10^{10} \times \Delta p \times p_{max}}}$$

Ecuación 2-2
Determinación del
diámetro interno de la
tubería.

Dónde

d_i = diámetro interno de la tubería [m]

V = Volumen total de flujo [m³/s]

L = Longitud equivalente de tubería [m]

Δp = Caída de presión permisible [bar]

p_{max} = Presión máxima de compresor [bar_{abs}]

Para determinar la longitud equivalente de la tubería se utiliza la Ecuación 2-3 y la

$$L_{\text{equivalente}} = L_{\text{tubería}} + L_{\text{accesorios}}$$

Ecuación 2-3
Cálculo de la
Longitud
Equivalente

Dónde

$L_{\text{tubería}}$ = Longitud de la tubería [m]

$L_{\text{accesorios}}$ = Longitud equivalente de los accesorios [m]

Tabla 1 Pérdida de presión en los accesorios de tubería, expresada en metros equivalentes de tubería recta

Accesorios para Tuberías	Longitud equivalente en metros						
	Diámetro interior de la tubería						
	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	5"	6"
Válvula de diafragma	1,5	2	3	4,5	6	8	10
Válvula de Compuerta	0,2	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5
Curvas de 90	0,3	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5
Curvas de 45	0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1	1,5
Codos redondos	1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Codos con enlace	1	2	2,5	4	6	7,5	10
Tes	2	3	4	7	10	15	20
Manguitos de reducción	0,5	0,7	1	2	2,5	3,5	4

Fuente: (Carnicer Royo, 1977).

2.2. Cálculo del depósito de aire comprimido

Un buen dimensionamiento del Tanque Pulmón de la Red genera un beneficio energético debido a que le ayuda a los compresores a llevar los flujos máximos de la red, además de que, al tener una cierta cantidad de aire comprimido, los compresores no están en funcionamiento continuamente, por lo tanto, el desgaste de los componentes como el consumo eléctrico generado por los compresores se disminuye, lo que se representa en una reducción del costo del equipo y un aumento en la eficiencia. El fabricante Kaeser sugiere que se considere entre tres y cinco galones por cada cfm del compresor a plena carga, pero para efectos ingenieriles se emplea la Ecuación 2-4 obtenida del Departamento de Energía de Estados Unidos para el cálculo de este.

$$V = \frac{T * C * P_a}{P_1 - P_2}$$

Ecuación 2-4 Volumen del Tanque Pulmón.

Dónde

V = volumen del tanque pulmón [ft³]

T = Tiempo permitido para que caiga la presión [min]

C= demanda de aire [cfm]

Pa = Presión atmosférica [psi]

P1 = Presión inicial de recibidor [psig]

P2 = Presión final del recibidor [psig]

2.3. Estimación de Fugas

En la industria, uno de los principales problemas en los sistemas de aire comprimido son las fugas, estas se consideran un desperdicio de energía, ya que, el aire simplemente escapa hacia la atmósfera sin generar ningún trabajo. Estas pueden representar entre el 20% y 30% de la capacidad de los compresores instalados,

Además, cuando las fugas son demasiadas, generan una disminución de la presión en los puntos de consumo, por lo tanto, las máquinas trabajan a una menor eficiencia, entonces, para corregir este problema, normalmente se aumenta la presión de operación de los compresores lo que genera un mayor gasto energético.

Para la detección de fugas se puede realizar mediante un detector de ultrasonidos, estos equipos mediante un ajuste de frecuencia para diferentes niveles de ruido detectan los flujos turbulentos que se generan al fugarse el aire comprimido por algún orificio, una ventaja de estos equipos es que pueden dar la dirección de la fuga de forma específica sin verse afectados los resultados por el ruido de la planta.

Una auditoria de fugas consta en hacer un recorrido a través de las tuberías con el equipo de ultrasonido en busca de fugas, una vez identificadas, estas deben ser etiquetadas con un número de fuga, ubicación y severidad, las etiquetas deben permanecer en sitio hasta que estas sean separadas. Una vez reparadas se debe hacer un conteo de fugas y generar un costo estimado por desperdicio de energía.

Para estimar el porcentaje de fugas de la nave industrial, el Departamento de Energía de los Estados Unidos brinda la siguiente Fórmula

$$\% \text{ de Fuga} = \frac{T}{(T + t)} * 100$$

Ecuación 2-5 Porcentaje
de Fugas

Dónde

T = Tiempo del compresor en carga (min)

t = Tiempo del compresor en descarga (min)

Y para estimar el flujo de fugas

$$\text{Flujo de fugas (cfm)} = \frac{V * (P_1 - P_2)}{T} * 14.7 * 1.25$$

Ecuación 2-6 Flujo de Fugas

Dónde

V = Volumen (ft³)

P₁ = Presión inicial (psig)

P₂ = Presión final (psig)

T = Tiempo de la prueba (min)

2.4. Factor de ampliación

El factor de ampliación no siempre se considera, puesto que se toma en cuenta cuando se tiene certeza que, a corto plazo, en la nave industrial, se dará un incremento en el flujo máximo del sistema. “Se considera hasta un máximo de 20% – 25% por ampliaciones” (Carnicer Royo, 1977). Para estimar el factor de ampliación actual de la planta, se emplea la siguiente fórmula.

$$fa = \frac{Q_{compresores}}{Q_{demanda}}$$

Ecuación 7
Determinación del factor de ampliación

Capítulo 3

Auditoría de la red de aire comprimido de la planta.

3.1 Características del sistema de aire comprimido

Para la generación de aire comprimido se utilizan los siguientes equipos

Un compresor de aire principal



Figura 9 Compresor de aire de capacidad variable

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Tabla 2. Características del compresor de aire principal

Marca	Sullair
Modelo	VCC200-100H W
Capacidad	460 acfm
Presión	115 – 125 psig
Motor	100 HP

Fuente: Corporación Font, 2018.

Un compresor de aire secundario



Figura 10 Compresor de aire de carga y descarga

Fuente: Alimentos Pro-salud S. A . 2018.

Tabla 3 Características del compresor de aire secundario

Marca	Sullair
Modelo	LS20-100 SH W/C SULL
Capacidad	460 acfm
Presión Máxima	125 – 135psig
Motor	100 HP

Fuente: Corporación Font, 2018

Los dos compresores anteriores son enfriados por agua, por lo tanto, para el funcionamiento de estos dos, también se requiere el uso de la torre de enfriamiento que se muestra en la Figura 11.



Figura 11 Torre de enfriamiento evapco

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Un Secador Refrigerativo



Figura 12 Secador Refrigerativo Sullair

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Tabla 4 Características del Secador Refrigerativo

Marca	Sullair
Modelo	SR-100002250128-217
Capacidad	1002
Presión Máxima	174 psig
Motor	1,3 HP

Fuente: Corporación Font, 2018

Un tanque de almacenamiento con una capacidad de 1020 galones que se muestra a continuación.



Figura 13 Tanque de Almacenamiento de aire comprimido

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

También cuenta con un Regulador de Flujo y Presión mostrado en la Figura 14, que cumple la función de mantener una presión más estable en el tiempo, además de disminuir la presión del sistema sin afectar la cantidad de aire almacenado en el tanque pulmón.



Figura 14 Regulador de Flujo y Presión Sullair

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Además, se agregó a sus líneas un nuevo compresor de aire, que se muestra a continuación



Figura 15 Compresor de aire con variador de frecuencia

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Tabla 5 Características del compresor de aire con variador de frecuencia

Marca	Kaishan
Modelo	KRSP75-125-VSD
Capacidad	352 cfm
Presión Máxima	125 psig
Motor	75 HP

Fuente: Corporación Font, 2018

3.2 Levantamiento de la Red

Se actualizaron los Planos de la Red de distribución de aire comprimido de toda la planta, estos se encuentran en la sección de apéndices debido a la magnitud de la nave industrial.

Planos

3.3 Costo Energético del Aire Comprimido.

Como punto de partida, se realizó una serie de mediciones para determinar el consumo energético de los compresores para producir un pie cúbico de aire comprimido y un estudio para estimar el costo monetario de lo que cuesta producirlo. Mediante el Medidor de Consumo Trifásico Fluke 1735 que se muestra en la Figura 16, se realizó la medición energética del Compresor de Flujo Variable y el Compresor de carga y descarga, además los compresores al ser enfriados por agua de Torre de Enfriamiento, se requiere el funcionamiento de dos bombas de agua de 15hp y un motor del ventilador de 40hp, este cálculo se procedió a realizar mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Energía} = \sqrt{3} * V * I * \text{horas de trabajo}$$



Figura 16 Medidor de Consumo Energético Fluke 1735

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

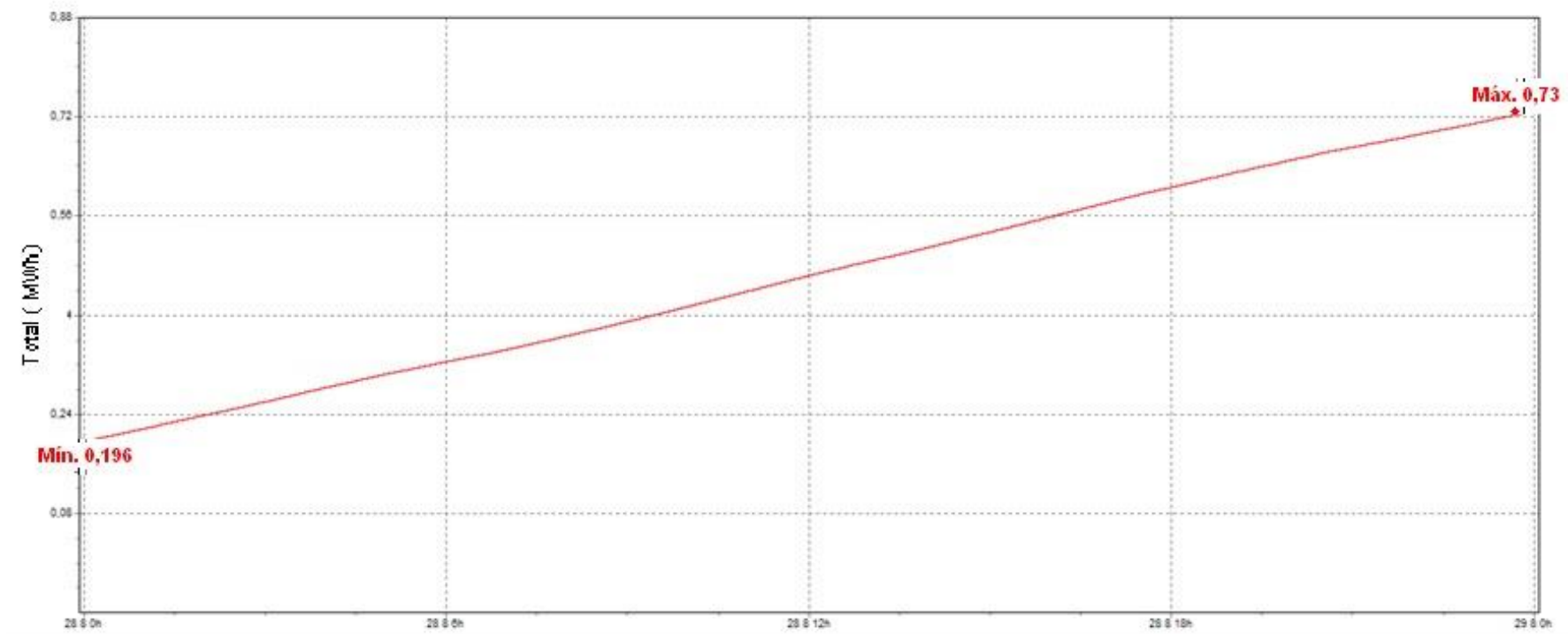


Figura 17 Consumo de energía en el compresor de capacidad variable

Fuente: (Power Log, 2018).

$$(0,73 - 0,196)MWh = 0,534MWh * \frac{1000KWh}{1MWh} = 534KWh$$

Este presenta un consumo de 534 KWh diarias. El compresor de apoyo presenta el siguiente consumo

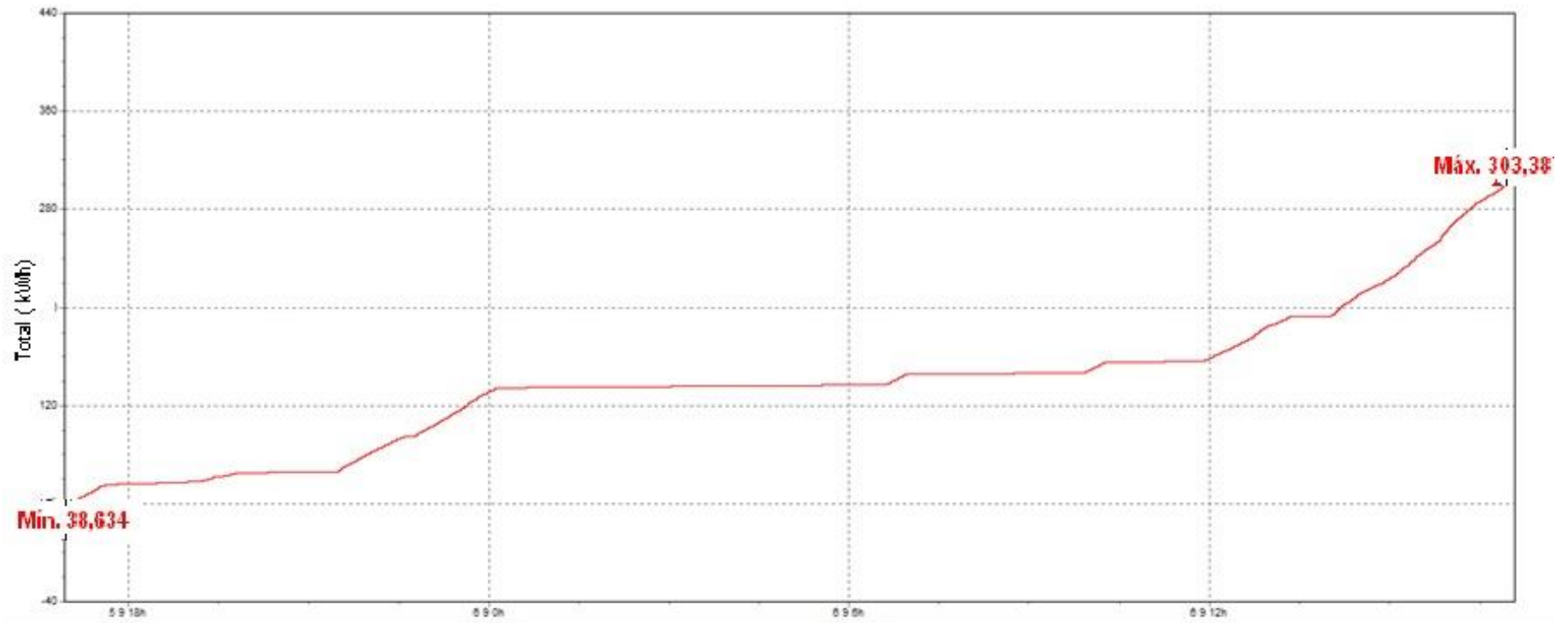


Figura 18 Consumo de energía del compresor capacidad fija

Fuente: (Power Log, 2018).

$$(303,387 - 38,634)KWh = 264,8 KWh$$

Por lo tanto, por bomba se consume

$$\sqrt{3} * 480V * 9A * 24h = 179,6 KWh$$

$$\sqrt{3} * 480V * 10,7A * 24h = 213,5 KWh$$

Y por el motor del Ventilador se consume

$$\sqrt{3} * 480V * 25,8A * 24h = 514,8 KWh$$

La empresa se le cobra mediante la multi-tarifa, la cual presenta el siguiente costo

Tabla 6 Costos Multi-tarifa ICE

Zona	Precio de la Energía (Kwh)
Pico	¢66,65
Valle	¢24,76
Nocturno	¢15,23
Generador	¢104,71

Zona	Precio de la demanda (Kw)
Pico	¢10 816,00
Valle	¢7 591,54
Nocturno	¢4 832,20

Ya que en las Zonas Pico la planta es abastecida por un Generador de 2MW, el costo del Kwh, se procede a calcular con el valor monetario brindado por el Asesor Industrial, además no se cobra el precio de la demanda. Además, debido a cómo

trabaja la planta y su cobro depende por zonas horarias, se procede el realizar el costo del pie cúbico de aire por zonas

Tabla 7 Consumo de energía de los equipos necesarios para generar aire comprimido.

Horario	Consumo Compresor Variable (KWh)	Consumo Compresor Carga y Descarga (KWh)	Consumo Bomba Recirculado (Kwh)	Consumo Bomba Cocinador (Kwh)	Consumo Ventilador (Kwh)	Total (Kwh)
Nocturno 8pm a 6am	208	71	75	89	214	657
Valle 6am a 10am	89	12	30	36	86	252
Pico 10am a 12 30pm	61	21	19	22	54	177
Valle 12 30pm a 5 30pm	119	147	37	44	107	455
Pico de 5 30pm a 8pm	55	12,5	19	22	54	162

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 8 Consumo de Demanda de los equipos necesarios para la generación de aire comprimido.

Horario	Consumo Compresor Variable (Kw)	Consumo Compresor Carga y Descarga (KWh)	Consumo Bomba Recirculado (Kw)		Consumo Bomba Cocinador (Kw)	Consumo Ventilador (Kw)	Total (Kw)
Nocturno 8pm a 6am	21	7	7	9		21	66
Valle 6am a 10am	22	3	7	9		21	63
Pico 10am a 12 30pm	24	8	7	9		21	71
Valle 12 30pm a 5 30pm	24	29	7	9		21	91
Pico de 5 30pm a 8pm	22	5	7	9		21	65

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 9 Costo económico de la generación del aire comprimido en las diferentes zonas horarias eléctricas.

Zona	Costo Kw Mes	Costo Kw Diario	Costo Kwh diario	Costo Energía Total (Diario)	Consumo Aire (Diario)	Costo por Pie Cúbico	Costo Kwh/pie cúbico
Nocturno 8pm a 6am	₪317 610,79	₪14 436,85	₪10 010,37	₪24 447,23	139292 cf	₪0,18	0,005
Valle 6am a 10am	₪478 859,08	₪21 766,32	₪6 247,24	₪28 013,57	74436 cf	₪0,34	0,003
Pico 10am a 12 30pm	₪0,00	₪0,00	₪18 488,64	₪18 488,64	70404 cf	₪0,24	0,002
Valle 12 30pm a 5 30pm	₪691 042,62	₪31 411,03	₪11 269,27	₪42 680,29	164608 cf	₪0,27	0,003
Pico de 5 30pm a 8pm	₪0,00	₪0,00	₪2 468,33	₪2 468,33	65409 cf	₪0,29	0,003

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

3.4 Consumo

La empresa presenta consumos máximos de aproximadamente 1150 cfm, como se puede evidenciar en el siguiente gráfico. Estos flujos máximos no son mantenidos en el tiempo.

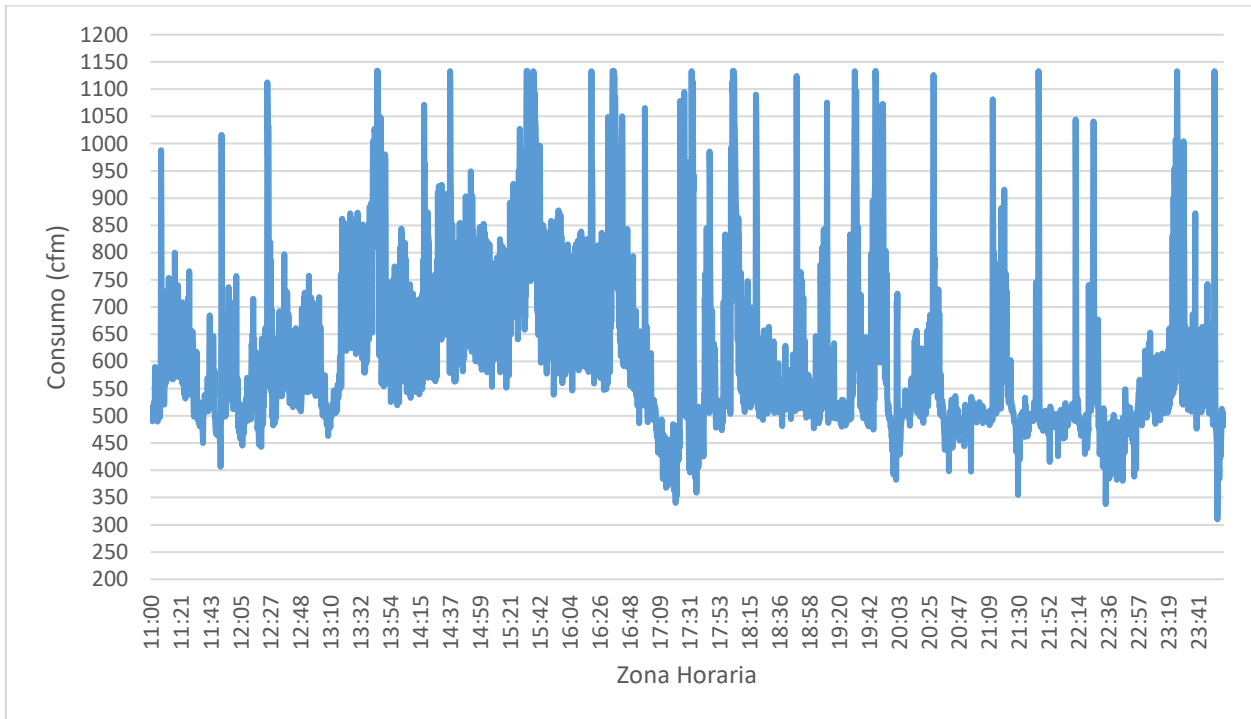


Figura 19 Comportamiento del Flujo detectado por el Flujómetro Principal

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018



Figura 20 Flujómetro Portátil DS300 y Sensor VA400

Fuente: Alimentos Pro-salud S. A . 2018

Mediante un Flujómetro Portátil DS300 y el sensor VA400 mostrados en la Figura 20, se registraron los flujos y consumo reales para ciertas áreas de la planta donde se encontraron ciertas previstas para conectar el equipo, éstas áreas se presentan a continuación.

Flujo de Aire Comprimido en la tubería de sardina y harinera.



Figura 21 Flujo de aire comprimido en el área de Harinera y Sardina

Fuente: CSM Instrument, 2018

Como se pudo apreciar en la figura anterior, en esta línea de suministro se tiene un flujo máximo de aproximadamente de 87 cfm.

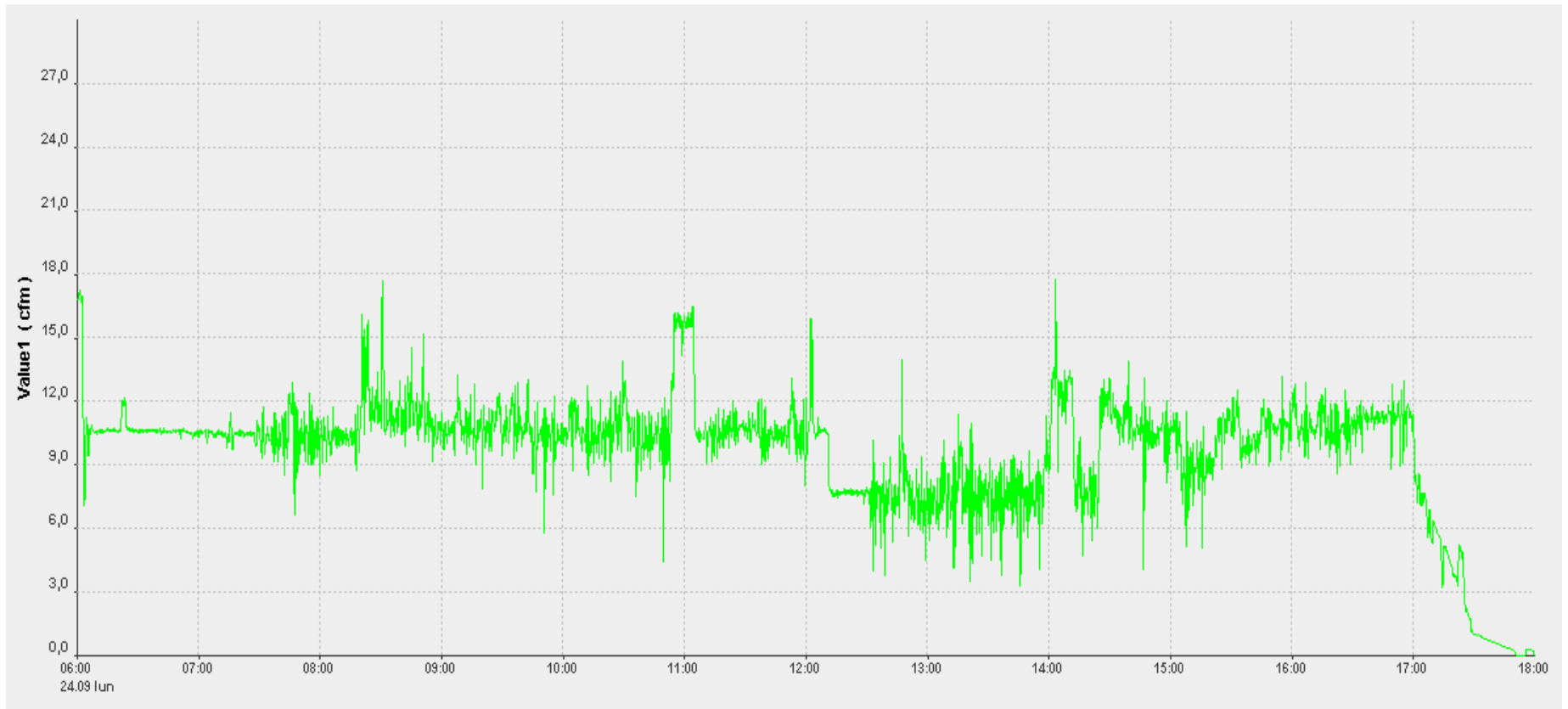


Figura 22 Flujo de aire comprimido en Harinera

Fuente: CSM Instrument, 2018

En esta línea de suministro de aire comprimido hacia el área de Harinera se presentan flujos máximos de aproximadamente 18 cfm.

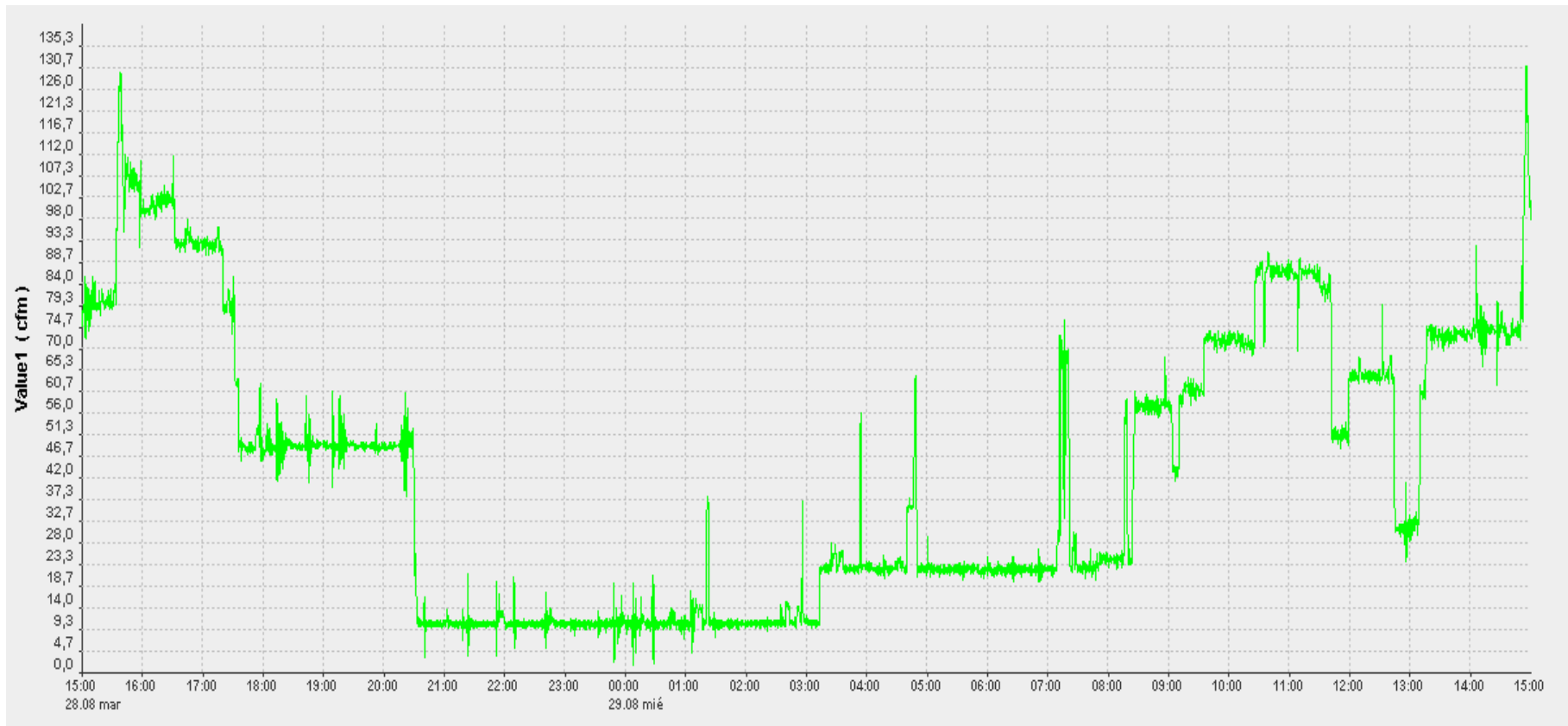


Figura 23 Flujo de aire comprimido en el área de líquidos de gobierno

Fuente: CSM Instrument, 2018

La Figura anterior corresponde a la sección de Líquidos de Gobierno y Conservas, donde se puede apreciar que el flujo máximo fue de 130 cfm.

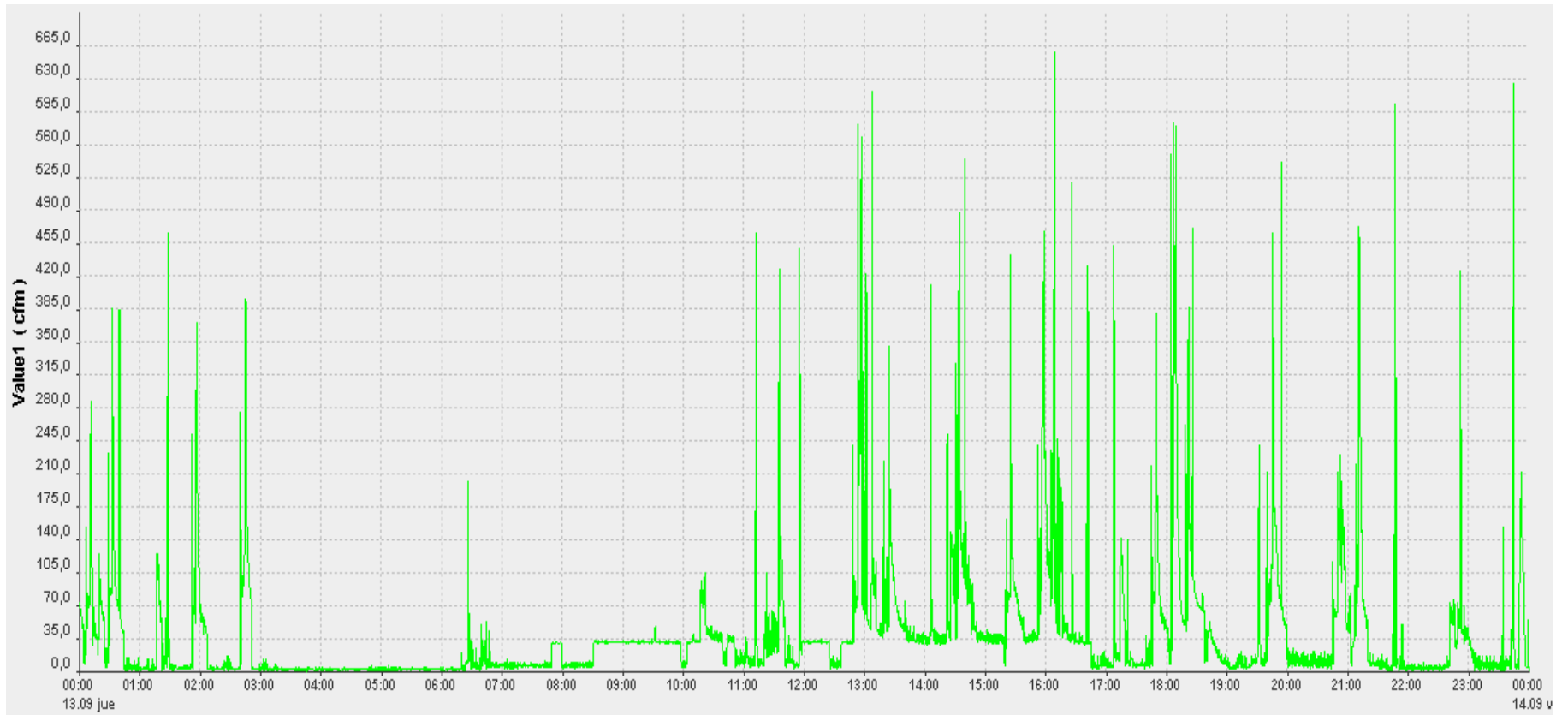


Figura 24 Flujo de aire comprimido en el área de auto-claves

Fuente: CSM Instrument, 2018

La Figura Anterior representa el Flujo máximo dado que se da en la línea de autoclaves, son los mayores consumidores de la empresa, donde se puede apreciar que existen flujos de hasta 665 cfm.

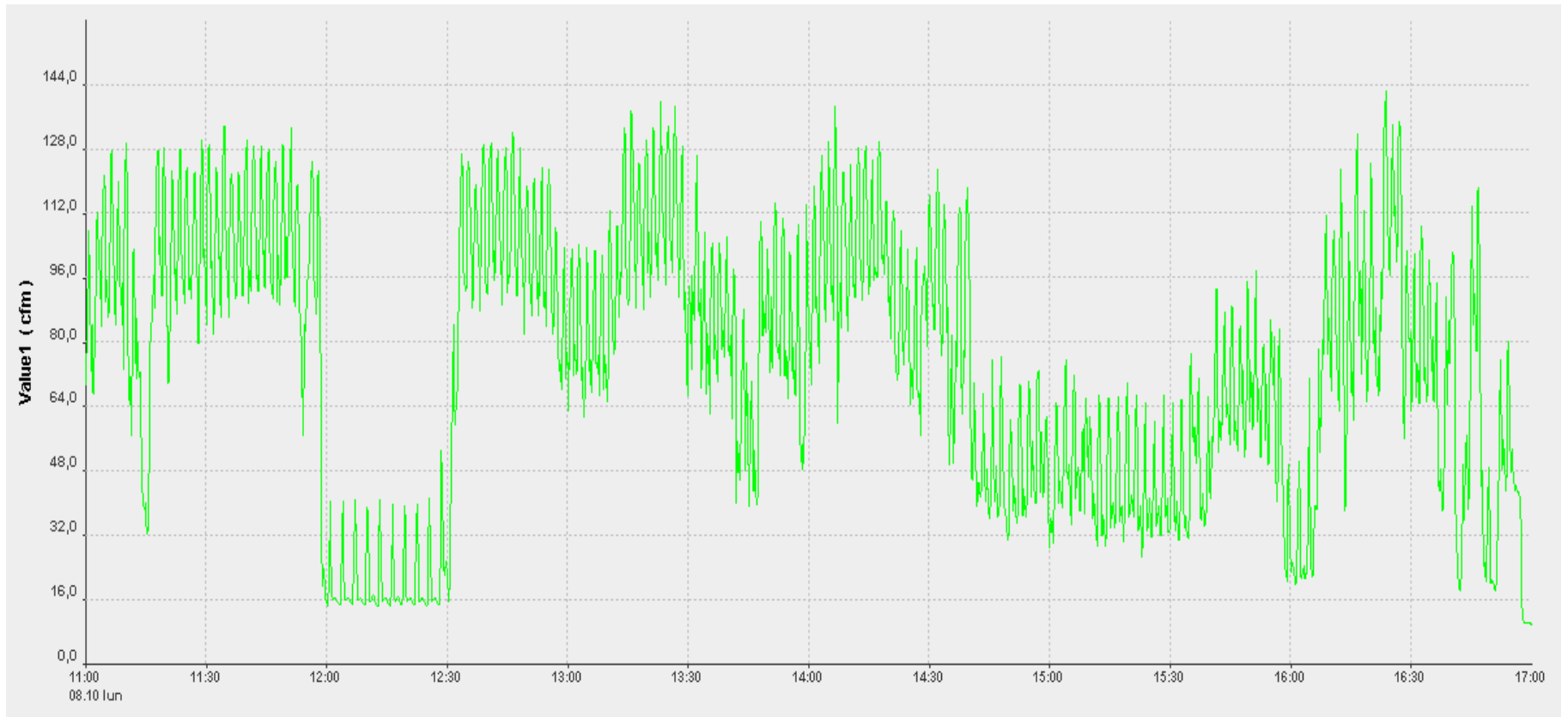


Figura 25 Flujo de aire comprimido en el Centro de Distribución y Etiquetado

Fuente: CSM Instrument, 2018

Como se pudo observar en la Figura, el flujo máximo que se tiene en el centro de distribución es de aproximadamente 144 cfm.

3.5 Análisis de los diámetros de las tuberías actuales

Se realizó un análisis de las tuberías actuales para estimar el flujo máximo de cada tramo ramificación de la tubería principal, esto mediante la fórmula #

Y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería principal.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)	Caudal (cfm)	Caudal (l/s)
Tubería Principal	6,2	0,1	96,3	88	1050	495,5
Flujo (cfm)	1229,7					
D interno (mm)	90,83					
Porcentaje de ampliación	15%					

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 11 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería del Centro de Distribución y Etiquetado.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	Caudal (cfm)	Longitud (m)	Caudal (l/s)	D interno (mm)
CEDI	6,2	0,1	142	133	67,02	52,51
D interno (mm)	47,06					
Flujo (cfm)	191,0					
Porcentaje de ampliación	26%					

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 12 Cálculo del Flujo máximo de aire comprimido de la tubería actual del área de Cerradoras.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)
Cerradora	6,2	0,1	49,132	39,1
Flujo (cfm)	309,3			

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 13 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de Sardina y Harinera.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)	Caudal (cfm)	Caudal (l/s)
Sardina y Harinera	6,2	0,1	49,132	38,5	83	39,2
Flujo (cfm)	311,9					
D interno (mm)	30,11					
Porcentaje de ampliación	73%					

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 14 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de Sardina.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)	Caudal (cfm)	Caudal (l/s)
Sardina	6,2	0,1	39,882	106,2	66	31,1
Flujo (cfm)	102,6					
Dinterno (mm)	33,88					
Porcentaje de ampliación	36%					

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 15 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de Harinera.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)	Caudal (cfm)	Caudal (l/s)
Harinera	6,2	0,1	49,132	68,5	17	8,0
Flujo (cfm)	228,4					
D interno (mm)	18,79					
Porcentaje de ampliación	93%					

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 16 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual y porcentaje de expansión en la tubería de líquidos de gobierno y conservas.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)	Caudal (cfm)	Caudal (l/s)
Líquidos y Conservas	6,2	0,1	49,132	68,5	130	61,4
Flujo (cfm)	228,4					
D interno (mm)	39,88					
Porcentaje de ampliación	43%					

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 17 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual en la tubería de limpieza de atún.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)
Limpieza de atún	6,2	0,1	49,132	66,8
Flujo (cfm)	231,5			

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 18 Cálculo del Flujo máximo de la tubería actual en la tubería de cocinadores.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	D interno (mm)	Longitud (m)
Cocinadores	6,2	0,1	26,01	15
Flujo (cfm)	93,0			

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

3.6 Caídas de Presiones

La red de aire comprimido posee un regulador de flujo y presión Flow Logic 1000 de Sullair, esto, para disminuir la presión de trabajo de la planta a 90 psi y además de presentar una presión más constante en el tiempo, el área que requiere la mayor presión o más crítica es el Centro de distribución, con una presión requerida de 85 psi en ciertos componentes de equipos, por lo tanto, se presenta una presión en la línea principal de 89 psi, por lo tanto, el porcentaje de caída de presión se calcula a continuación.

$$\frac{90 - 89}{90} * 100 = 1,11\%$$

Se obtiene un valor de caída de presión de 1,11%, por lo tanto, se nota que la empresa no presenta pérdidas excesivas por caídas de presión.

3.7 Factor de Ampliación

Mediante la Ecuación 7 y los valores de flujo máximo de demanda que considera el porcentaje de fugas actuales y valor de flujo de los compresores, se estima el factor de ampliación que tiene el sistema actual.

$$f_a = \frac{920 \text{ cfm}}{850 \text{ cfm}} - (1) = 0,08 \cong 8\%$$

3.8 Porcentaje y Flujo de Fugas

Para obtener el porcentaje de fugas de la planta se empleó mediante la metodología de elevar la presión de tubería hasta 92 psi y dejar que está caiga por fugas hasta 72 psi en un cierto tiempo de medición. Debido a que la presión de los compresores hacia el tanque es diferente a la que está, se tiene después del tanque pulmón hacia la planta se hicieron dos pruebas:

Se desconectó el tanque pulmón y se procedió a estimar un aproximado del volumen de toda la red de tubería de la planta. Esto mediante la Ecuación 2-5 y se obtuvo un porcentaje de fuga de

$$\% \text{ de fuga} = \frac{1 \text{ min} * 100}{1 \text{ min} + 3 \text{ min}} = 20 \%$$

Y se obtiene un flujo de fuga de 73.75 cfm mediante la herramienta de Kaeser, que fue comprobada con la Ecuación 2-6

Cálculo de las Fugas

¡Por favor, use punto en lugar de coma para indicar los decimales!
Los campos de texto azul muestran resultados.

Unidades SI
 Unidades US

Calcular venteando el tanque de almacenamiento
 Calcular midiendo el periodo mínimo de conexión del compresor

Volumen del tanque de almacenamiento	800	gallon
Periodo de medición	2	min
Presión inicial del tanque de almacenamiento	92	psig
Presión final del tanque de almacenamiento	72	psig
Potencia del motor a máxima presión	0	hp
Eficiencia del motor	0	%
Caudal a máx. presión de trabajo	0	cfm
Costos de energía	0	\$/kWh
Horas de trabajo /año	0	h
Consumo energético del motor	0	kW
Costos de fugas/año	0	\$
Tasa de fugas	73.754688295	cfm
Porcentaje de fugas	0	%

Figura 26 Estimación del Flujo de Fugas de la red de aire comprimido

Fuente: Kaeser MX, 2018

En el cuarto de compresores se maneja una presión de 110 psi, por lo tanto, se realizó el mismo cálculo, en esta área, obteniendo un volumen de tubería de 28 galones, y un descenso de la presión de 110psi a 89 psi en 20 segundos, esto genera un flujo de aproximadamente 16,42 cfm

Cálculo de las Fugas

¡Por favor, use punto en lugar de coma para indicar los decimales!
Los campos de texto azul muestran resultados.

- Unidades SI
- Unidades US

- Calcular venteadando el tanque de almacenamiento
- Calcular midiendo el periodo mínimo de conexión del compresor

Volumen del tanque de almacenamiento	28	gallon
Periodo de medición	0.33	min
Presión inicial del tanque de almacenamiento	110	psig
Presión final del tanque de almacenamiento	89	psig
Potencia del motor a máxima presión	0	hp
Eficiencia del motor	0	%
Caudal a máx. presión de trabajo	0	cfm
Costos de energía	0	\$/kWh
Horas de trabajo /año	0	h
Consumo energético del motor	0	kW
Costos de fugas/año	0	\$
Tasa de fugas	16.428384484	cfm
Porcentaje de fugas	0	%

Figura 27 Estimación del Flujo de Fugas antes del Tanque de almacenamiento

Fuente: Kaeser MX, 2018

Por lo tanto, se estima que toda la planta tiene un flujo de fugas de aproximadamente 94,28 cfm. Posteriormente, se calculó el flujo de fugas en ciertas áreas donde existía la posibilidad de conectar un manómetro para documentar la caída de presión en las tuberías.

En el Centro de Distribución y Etiquetado se documentó una caída de presión de 89 a 74 psi en un período de medición de 2min, con un volumen de tuberías de 103 galones. Se obtuvo un resultado de 7.12 cfm

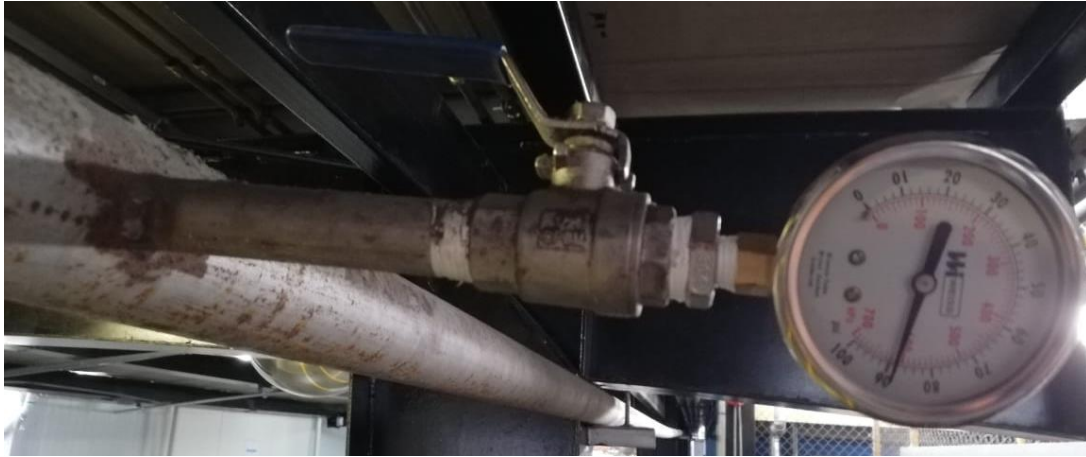


Figura 28 Método de Medición de la caída de Presión en el Centro de Distribución y Etiquetado

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Cálculo de las Fugas

¡Por favor, use punto en lugar de coma para indicar los decimales!
Los campos de texto azul muestran resultados.

Unidades SI
 Unidades US

Calcular venteando el tanque de almacenamiento
 Calcular midiendo el periodo mínimo de conexión del compresor

Volumen del tanque de almacenamiento	103	gallon
Periodo de medición	2	min
Presión inicial del tanque de almacenamiento	89	psig
Presión final del tanque de almacenamiento	74	psig
Potencia del motor a máxima presión	0	hp
Eficiencia del motor	0	%
Caudal a máx. presión de trabajo	0	cfm
Costos de energía	0	\$/kWh
Horas de trabajo /año	0	h
Consumo energético del motor	0	kW
Costos de fugas/año	0	\$
Tasa de fugas	7.122968939	cfm
Porcentaje de fugas	0	%

Figura 29 Estimación del Flujo de Fugas del Centro de Distribución y etiquetado

Fuente: Kaeser MX, 2018

En el área de Líquidos de Gobierno y Conservas se documentó una caída de presión de 90 a 75 psi en aproximadamente 1 minuto y un volumen de toda la tubería de aproximadamente 64 galones, se obtuvo el valor mostrado en la Figura 31.



Figura 30 Método de Medición de la caída de Presión en la línea de líquidos de Gobierno y Conservas.

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Cálculo de las Fugas

¡Por favor, use punto en lugar de coma para indicar los decimales!
Los campos de texto azul muestran resultados.

- Unidades SI
- Unidades US

- Calcular venteadando el tanque de almacenamiento
- Calcular midiendo el periodo mínimo de conexión del compresor

Volumen del tanque de almacenamiento	64	gallon
Periodo de medición	1	min
Presión inicial del tanque de almacenamiento	90	psig
Presión final del tanque de almacenamiento	75	psig
Potencia del motor a máxima presión	0	hp
Eficiencia del motor	0	%
Caudal a máx. presión de trabajo	0	cfm
Costos de energía	0	\$/kWh
Horas de trabajo /año	0	h
Consumo energético del motor	0	kW
Costos de fugas/año	0	\$
Tasa de fugas	8.849856302	cfm
Porcentaje de fugas	0	%

Figura 31 Estimación del Flujo de Fugas la línea de líquidos de Gobierno y Conservas

Fuente: Kaeser MX, 2018

En el área de Sardina y Harinera se documentó una caída de presión de 90 psi a 70 psi en un período de 1 minuto y 30 segundos, obteniendo un volumen de tubería de aproximadamente 81 galones se obtuvo un flujo de fugas de 9,95 cfm

Cálculo de las Fugas

¡Por favor, use punto en lugar de coma para indicar los decimales!
Los campos de texto azul muestran resultados.

- Unidades SI
- Unidades US

- Calcular venteando el tanque de almacenamiento
- Calcular midiendo el periodo mínimo de conexión del compresor

Volumen del tanque de almacenamiento	81	gallon
Periodo de medición	1.5	min
Presión inicial del tanque de almacenamiento	90	psig
Presión final del tanque de almacenamiento	70	psig
Potencia del motor a máxima presión	0	hp
Eficiencia del motor	0	%
Caudal a máx. presión de trabajo	0	cfm
Costos de energía	0	\$/kWh
Horas de trabajo /año	0	h
Consumo energético del motor	0	kW
Costos de fugas/año	0	\$
Tasa de fugas	9.955205473	cfm
Porcentaje de fugas	0	%

Figura 32 Estimación del Flujo de Fugas en la línea de Sardina y Harinera

Fuente: Kaeser MX, 2018



Figura 33 Método de Medición de la caída de Presión en la línea de Sardina y Harinera

Fuente: Alimentos Pro-salud S. A . 2018

El Flujo restante de la planta, a consideración en un recorrido de todo el proceso, el área de despaletizado, descongelado de atún, cerradoras son las áreas donde se aporta un mayor flujo de fugas.

Mediante el Detector de fugas ultrasónico que posee la compañía, mostrado en la Figura 34, se realizó un recorrido y se determinó que la mayor cantidad de fugas ocurren en las mangueras utilizadas para trasegar aire comprimido, en sus acoples o en secciones de tubería que se emplearon accesorios roscados como se muestra en la Figura 35 y en la Figura 36.



Figura 34 Detector de fugas ultrasónico Leakshooter LKS1000 V3

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

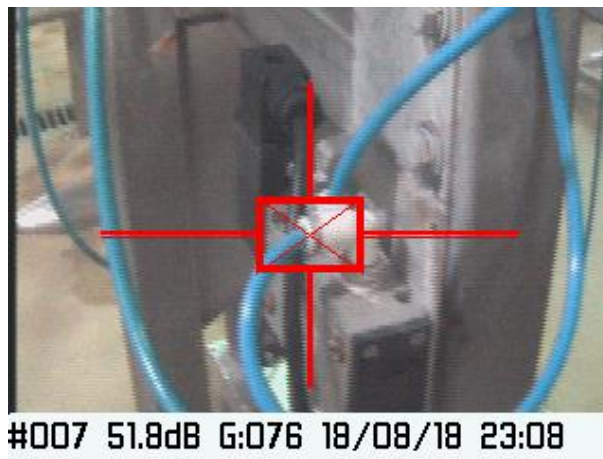


Figura 35 Fuga de aire comprimido en acople de manguera

Fuente: Leakshooter, 2018

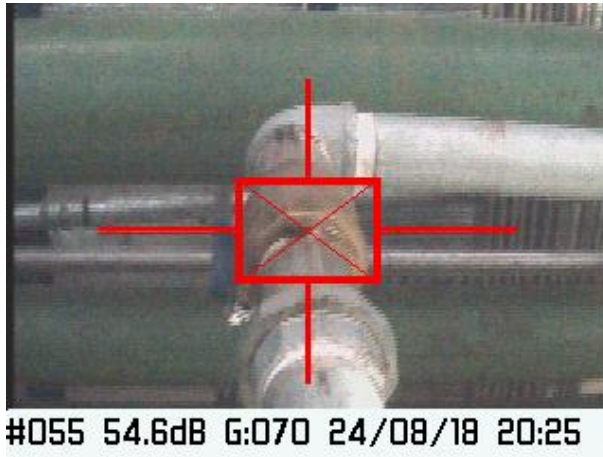


Figura 36 Fuga de Aire comprimido en accesorio roscado

Fuente: Leakshooter, 2018

Capítulo 4

Rediseño de la Red de Aire Comprimido

4.1. Cálculo del diámetro de la tubería del compresor con variador de frecuencia.

La empresa acaba de adquirir un nuevo compresor, con el fin de alimentar la demanda de aire comprimido en los momentos que la demanda se encuentra por debajo de los 300 cfm. Esto genera un menor consumo energético debido a que el nuevo compresor es enfriado por aire y no requiere el uso de la torre de enfriamiento y los compresores principales que son de un caballaje mayor descansan, además al ser con variador de frecuencia, puede regular su generación de aire comprimido y ser más eficiente. El área que presenta mayor tiempo de operación y requiere aire comprimido es el Centro de distribución y Etiquetado. Por lo tanto, se tienen los siguientes valores para el cálculo del diámetro interno de la tubería.

Zona	Presión de Trabajo (bar)	Caída de Presión Permitida (bar)	Caudal (cfm)	Longitud (m)	Caudal (l/s)
CEDI	6,2	0,1	135	228	63,7128
D interno (mm)	51,44				

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Como se evidencia en la tabla anterior, se requiere un diámetro de 2 pulgadas 40 Sch, esto debido a que presenta un diámetro interno de 52,25 milímetros

4.2. Cálculo del Volumen del Tanque Pulmón

Un buen dimensionamiento del tanque pulmón se trasmite en un ahorro energético debido a que esto se transfiere en un menor tiempo en el cual los compresores estén trabajando. Este se calculó mediante la Ecuación 2-4

Por lo tanto, se obtiene el siguiente resultado

Tabla 19 Datos y Resultado Obtenido con respecto al volumen del tanque pulmón

Tiempo en descargar	1	minutos
Demanda	650	cfm
Presión atmosférica	14,7	psig
Presión inicial	110	psi
Presión Final	95	psi
Volumen Tanque	637	ft ³
	4777,5	gal

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Por lo tanto, se determina que la empresa requiere un tanque de almacenamiento de 3758 gal.

4.3. Nuevo factor de ampliación

Ahora la empresa cuenta con tres compresores, por lo tanto, puede brindar un flujo máximo de 1270 cfm, y reduciendo los flujos máximos del sistema, con las propuestas de conservación de la energía elaboradas en el Capítulo 5 se estiman que el flujo máximo es de 750 cfm

$$fa = \frac{1270}{650} - (1) = 0,95 = 95\%$$

Se considera un factor de ampliación bastante elevado, pero sucede debido a la decisión de la empresa de la adquisición de un compresor nuevo, evaluando otros proyectos de conservación de la energía en la planta con este nuevo compresor e intentando darle un menor uso al compresor de carga y descarga.

4.4. Consideraciones de la Red Actual

Como se observó en los apartados 3.1, 0,3.5, 0 a nivel de diseño de tuberías y equipos, la red actual se encuentra sobredimensionado, por lo tanto, se toman como un porcentaje de ampliación para futuros crecimientos de la planta, y no es requerido elaborar un rediseño de toda la red de la nave industrial a nivel de tuberías, sólo la conexión del compresor de aire con variador de frecuencia, elaborado en la sección 4.1

Capítulo 5

Propuestas de Conservación de la Energía

Propuesta 1. Instalación de Reguladores de Presión en la línea de alimentación de aire comprimido en las Autoclaves de la 1 a la 6.

5.2.1. Objetivo

Objetivo General

- a) Optimizar el uso del Aire Comprimido empleado en la esterilización de los productos.

Objetivo Específico

- a) Disminuir el desperdicio de aire comprimido a través del venteo innecesario al inicio proceso de esterilizado de los productos.
- b) Reducir el flujo máximo de aire comprimido innecesario generado por las autoclaves.

5.2.2. Situación Actual

Actualmente, las autoclaves son los equipos que presentan el mayor flujo de aire comprimido de toda la planta, esto, ocasionado tanto por un tiempo de respuesta del equipo, como una sobrepresión innecesaria en la línea de alimentación de aire comprimido. Estos equipos emplean el aire comprimido para generar una contrapresión a la presión interna del producto que se está esterilizando, esta presión interna del producto aumenta progresivamente al aumentar la temperatura interna, la cual, es requerida para llegar a cabo el proceso de esterilizado del producto. Por lo tanto, la contrapresión generada por la autoclave se debe ir aumentando progresivamente a como se aumenta la temperatura del producto.

Se consultó con el encargado del área de autoclaves, Braulio Ventura y el producto que presenta la mayor contrapresión es el Doypack, con aproximadamente 35psi y actualmente se brinda aire comprimido a la autoclave a una presión de 90 psi, lo cual genera que cuando la autoclave permita el ingreso de flujo de aire, ingrese más de lo requerido y se obtenga una mayor presión a la requerida por la etapa del programa de esterilizado en ese momento, entonces, el equipo procede a liberar progresivamente aire comprimido en su interior para liberar esta sobrepresión y mantenerse en los valores de presión requeridos por etapas del programa de esterilizado

A esta liberación de aire comprimido a la atmósfera se le conoce como venteo, y se traduce en una ineficiencia energética, debido a que no cumple ningún objetivo en el proceso de esterilizado.

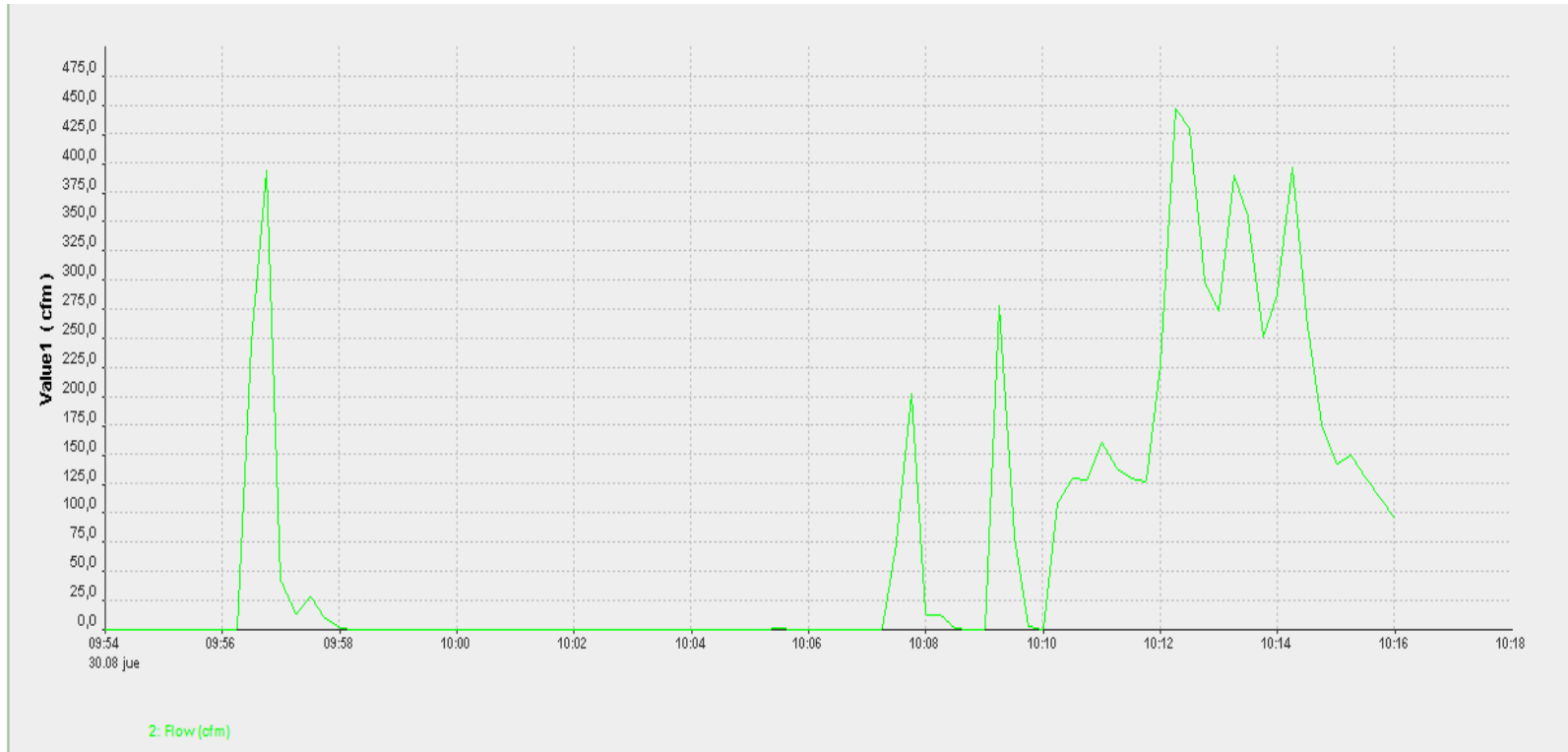


Figura 37 Flujo de la Autoclave 6

Fuente: CSM Instrument, 2018

En el Comportamiento inicial de la Autoclave 6 se obtuvieron flujos máximos de aire comprimido de aproximadamente 450 cfm. Luego se procedió a cerrar la válvula de globo en un 80% de su apertura máxima, y se obtuvieron los flujos mostrados en la Figura 38

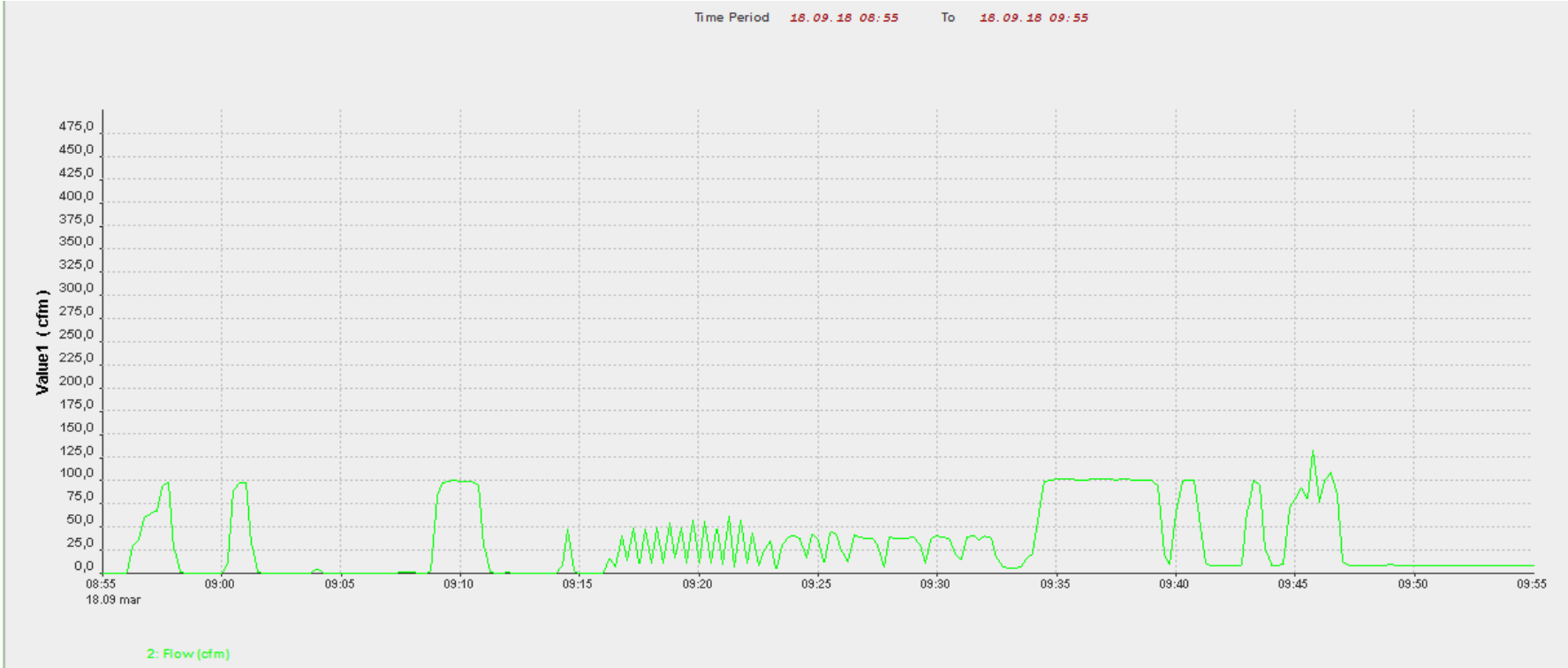


Figura 38 Flujo Modificado de la Autoclave 6

Fuente: CSM Instrument, 2018

Se presentaron flujos máximos de aire comprimido de aproximadamente 100 cfm. Paralelamente, se observó que el programa de autoclaves cumpliera los requisitos por etapas y culminará el proceso de esterilizado con éxito.

El comportamiento en la línea de autoclaves también se vio afectado debido a esta modificación

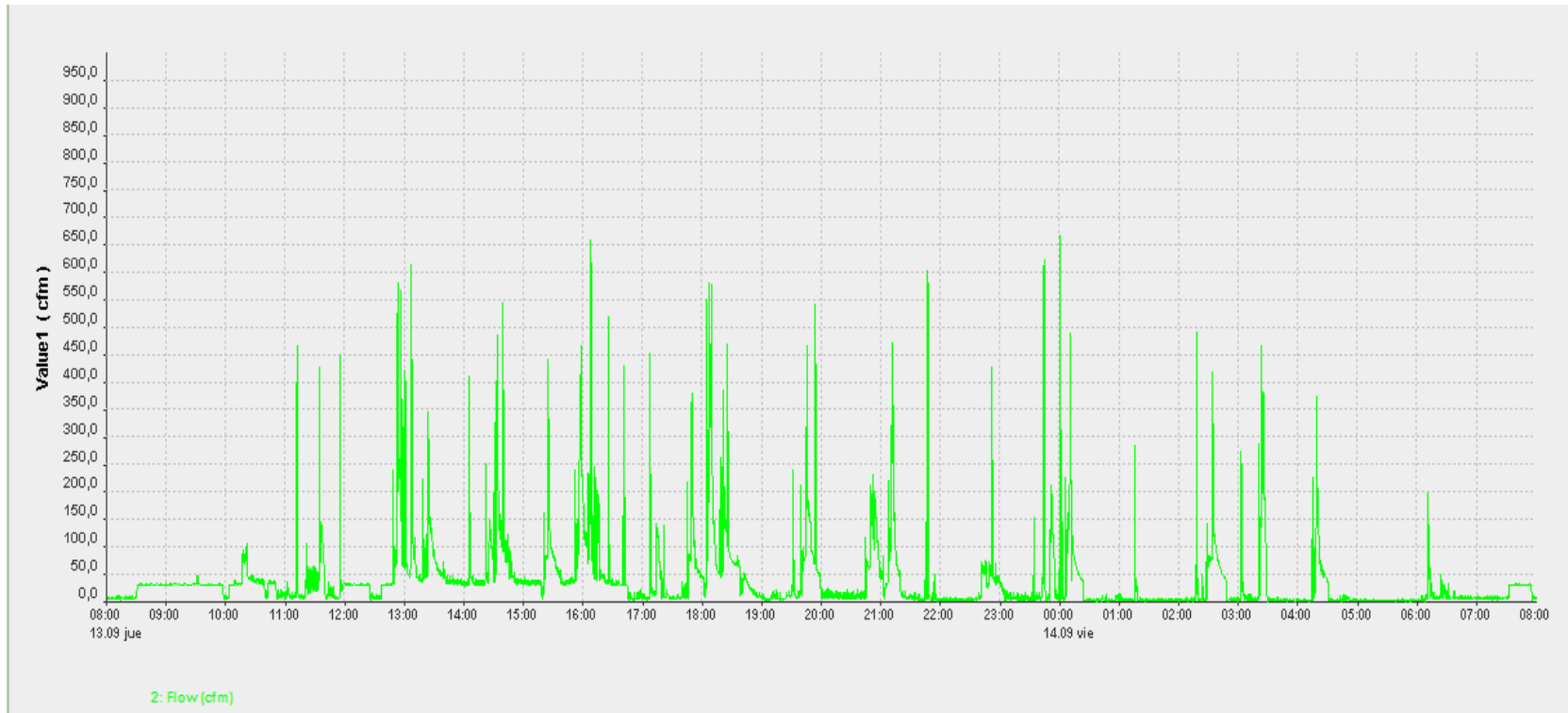


Figura 39 Flujo de aire comprimido en la línea de autoclaves

Fuente: CSM Instrument, 2018

De tener flujos máximos de aproximadamente 650 cfm evidenciados en la Figura anterior

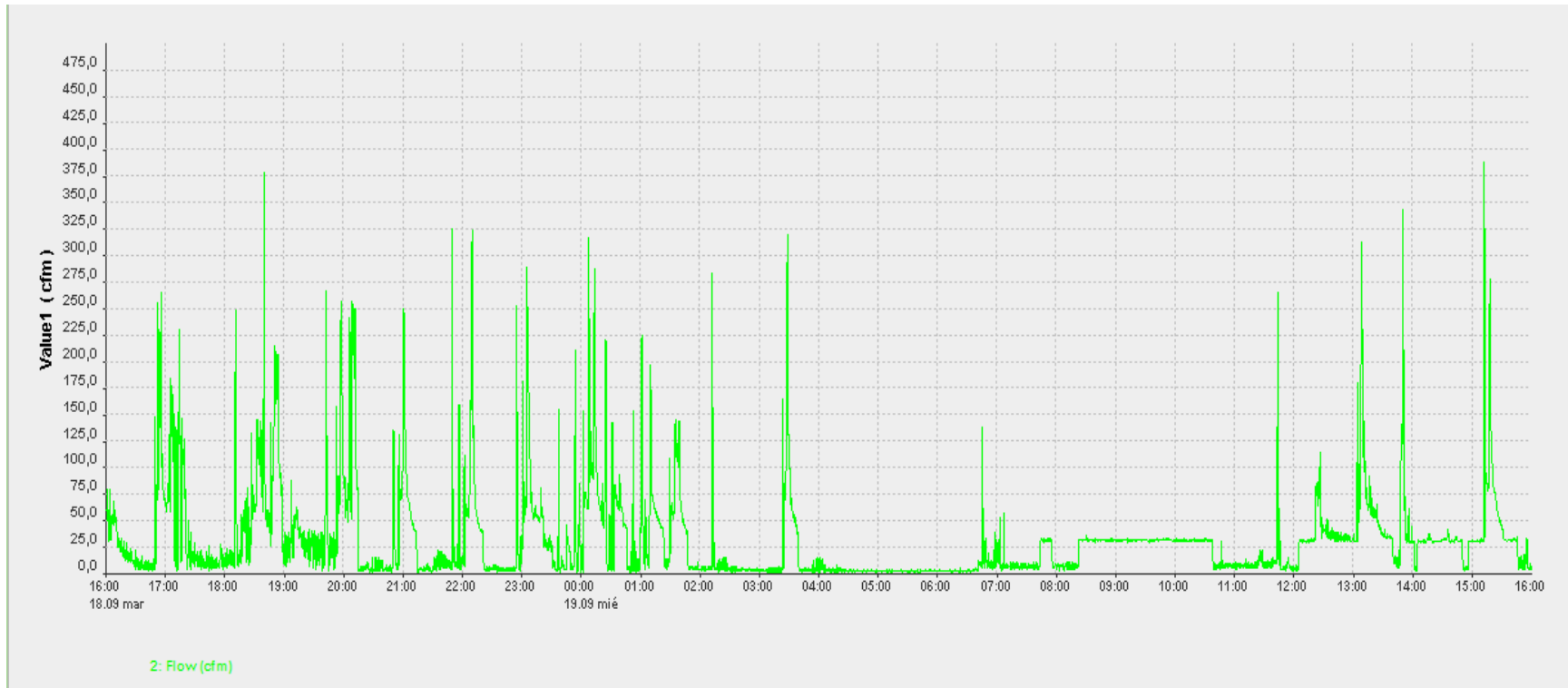


Figura 40 Flujo de aire comprimido modificado en la línea de autoclaves

Fuente: CSM Instrument, 2018

Se redujo aproximadamente 375 cfm como lo mostró la Figura 4, Lo cual generó una reducción promedio del 34% en las líneas de aire comprimido para el sector de autoclaves, esto sin afectar el proceso de esterilizado el día de su modificación, mediante la estrangulación de las válvulas de entrada de aire comprimido de las autoclaves. Este método empleado no es el más recomendable, debido a que no es un método de regulación exacto, por lo que se utilizó sólo para comprobar la sobrepresión innecesaria en el proceso de esterilizado.

5.2.3. Situación Propuesta

Se propone la instalación de un regulador de presión en la línea de entrada de aire comprimido a la autoclave, con el fin de brindarle aire comprimido a la presión requerida a cada autoclave y esta regule su consumo de una mejor manera. Para eso, se presentan las siguientes configuraciones de los elementos.

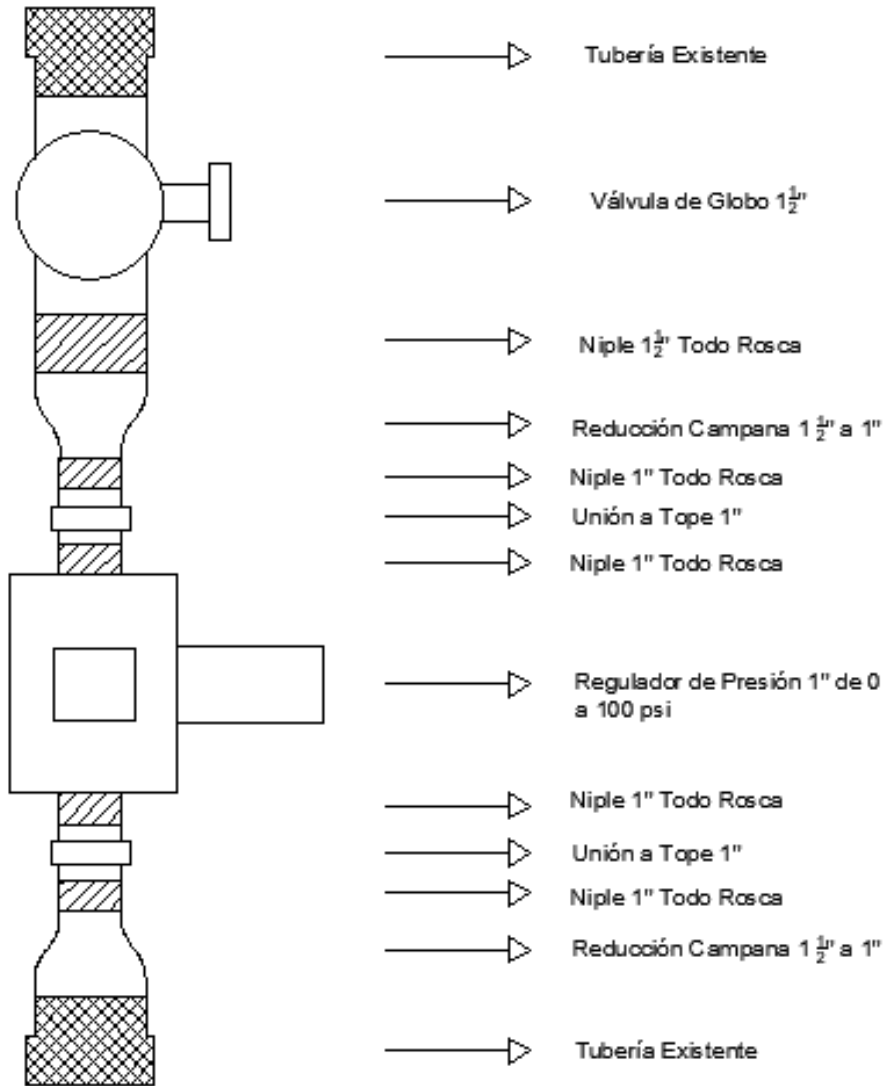


Figura 41 Modelo A Propuesto

Fuente: Elaboración Propia, AutoCAD 2018

Para este modelo se cuenta actualmente con

- a. Válvula de Globo de 1 ½”

Por lo tanto, se requiere

Tabla 20 Costo del Modelo A

Accesorio	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Reducción Campana	2	₪3 759,75	₪7 519,50
Unión a Tope 1”	2	₪3 295,00	₪6 590,00
Niple 1 ½” Todo Rosca	1	₪1 497,30	₪1 497,30
Niple 1” Todo Rosca	4	₪1 070,00	₪4 280,00
Regulador de Presión	1	₪86 500,00	₪86 500,00
Total			₪106 386,80

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

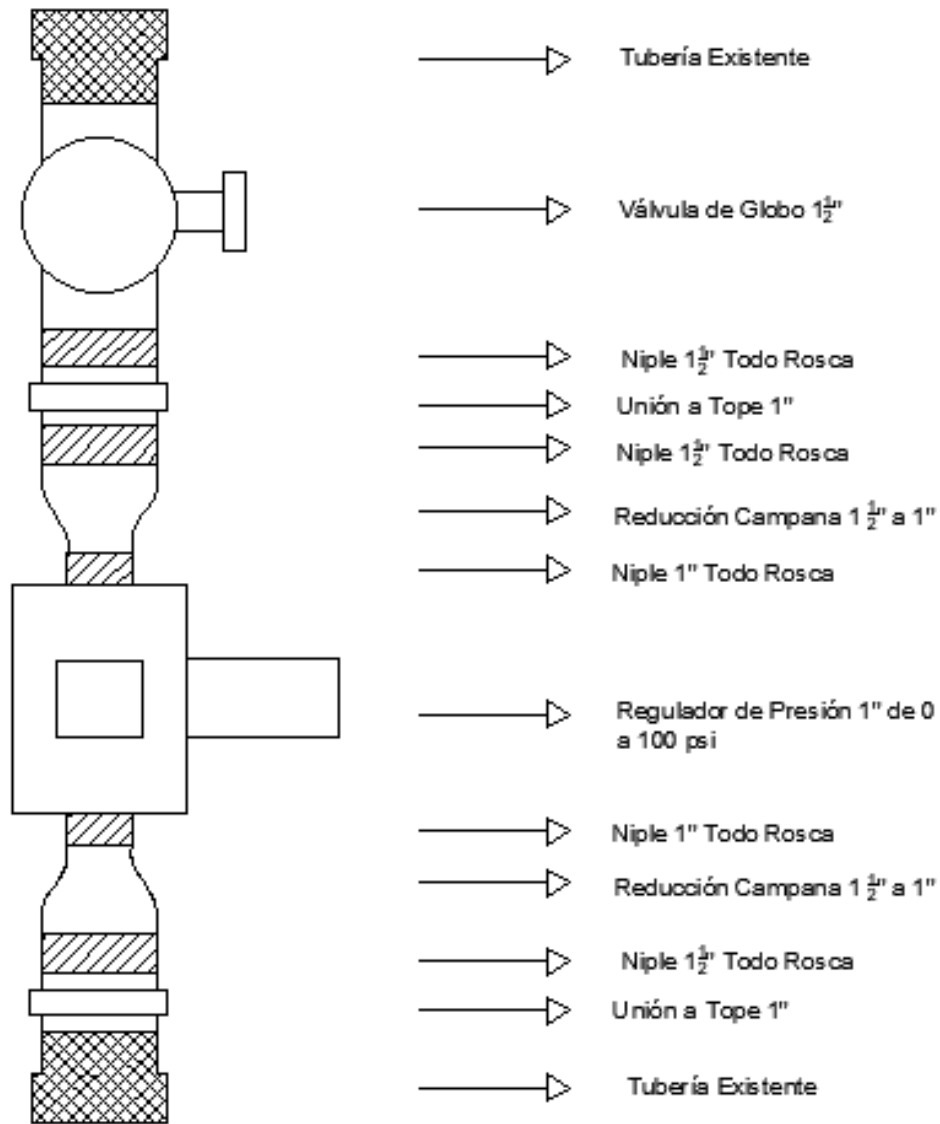


Figura 42 Modelo B Propuesto

Fuente: Elaboración Propia, AutoCAD 2018

Con respecto a este Modelo se tiene los siguientes accesorios

- a. Válvula de Globo de 1 ½"
- b. Unión a tope de 1 ½"

Por lo tanto, se requiere

Tabla 21. Costo del Modelo B

Accesorio	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Reducción Campana	2	€3 759,75	€7 519,50
Niple 1 ½" Todo Rosca	3	€1 497,30	€4 491,90
Niple 1" Todo Rosca	2	€1 070,00	€2 140,00
Regulador de Presión	1	€86 500,00	€86 500,00
Total			€100 651,40

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

El Diseño B se propone debido a que cuatro autoclaves poseen actualmente 1 unión a tope de 1 ½" y el valor por unidad es de €8 818,20, por lo cual, se pretenden aprovechar para el Modelo 2, pero debido a que se poseen 4 unidades y el diseño requiere dos por autoclave, el Diseño B solo se puede realizar en 2 autoclaves, para la restantes 4 autoclaves se pretende realizar el Diseño A, esto debido a que la unión a tope de 1" cuesta €3 295, lo cual genera una diferencia de €5 523,20 por unidad, con respecto a la unión a tope de 1 ½"

Además, se realizan una modificación por autoclave, ya que algunas sólo esterilizan ciertos productos con una presión menor a la anteriormente mencionada, por lo tanto, se puede disminuir más la presión en estas y generar un mayor ahorro.

5.2.4. Inversión

Tabla 22. Costo inicial de la modificación

	Costo unitario	Cantidad	Costo
Modelo 1	₡106 386,80	4	₡425 547,20
Modelo 2	₡100 651,40	2	₡201 302,80
Costos Variables	₡150 000,00	1	₡150 000,00
Total			₡776 850,00

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

La inversión inicial del proyecto sería de ₡776 850,00

5.2.5. Viabilidad Económica del Proyecto

Tabla 23. Ahorro económico de la modificación

Zona	Sin Mejora		Con mejora	
	Consumo (pie cúbico)	Costo	Consumo (pie cúbico)	Costo
Nocturno	16598	€2 990,15	10924	€1 968,03
Valle	4285	€1 451,56	2820	€955,38
Pico	5038	€1 219,38	3164	€765,80
Valle	20862	€5 563,60	13376	€3 567,19
Pico	9960	€2 932,46	7025	€2 068,33
Total	56743	€14 157,15	37310	€9 324,73

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Por lo tanto, se genera un ahorro de €4 832,42 diario sólo en el sector de autoclaves, por lo tanto, mensualmente se ahorran €104 622

Tabla 24. Proyección del Retorno de la Inversión

		Primer año							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Costo	€776 850,00								
Ganancia		€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96
Total	€776 850,00	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96	€104 621,96
		€672 228,04	€567 606,08	€462 984,11	€358 362,15	€253 740,19	€149 118,23	€44 496,27	€60 125,70

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Obteniendo la recuperación de la inversión inicial a partir del mes 8 de haber iniciado el proyecto de la modificación de autoclaves.

5.2.6. Conclusiones

1. Se evidenció un consumo en pies cúbicos innecesarios en el proceso de esterilizado.
2. Se reduce el venteo elaborado por las autoclaves al inicio del proceso de esterilizado.
3. Se proponen dos modelos que permiten la regulación de presión de la manera correcta y aprovechando los accesorios que ya poseen las líneas de alimentación de aire de las autoclaves.
4. Los modelos propuestos son económicamente viables según la política de la empresa.

Propuesta 2. Instalación de Reguladores de Presión las diferentes líneas de soplado

5.2.1. Objetivo

Objetivo General

- b) Reducir el uso de aire comprimido para el soplado de latas.

Objetivos Específicos

- c) Disminuir el consumo de aire comprimido en las distintas zonas donde se realiza el soplado de latas.
- d) Brindar una propuesta económicamente viable para reducir las presiones en-las-áreas-de-soplado-de-latas.

5.2.2. Situación Actual

Actualmente la empresa utiliza el aire comprimido en distintas zonas para soplar los diferentes envases de los productos y así eliminar cualquier partícula o material extraño al proceso, se usan tanto en el área de despaletizado de latas, despaletizado de frasco de vidrio y la zona de llenado. Se observó que tanto en la zona de despaletizado de latas como en la zona de despaletizado de frasco de vidrio no se emplean algún tipo de regulación de presión o flujo para evitar el consumo innecesario de aire comprimido en el proceso, mientras tanto, en la zona de llenadoras, se presentan varios elementos tanto defectuosos o sin la correcta regulación del fluido, como los que se presentan a continuación.



Figura 43 Regulador de Presión defectuoso

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018



Figura 44 Reguladores de Flujo de aire

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Para la estimación del flujo actual de aire comprimido que utilizan los sopladores se realizó una prueba en la cual se cuantificaba el flujo de aire, mientras se aumenta la presión en los reguladores empleando las boquillas que usan los sopladores de aire, mediante un ensayo elaborado dentro de la compañía. Obteniendo los datos presentados en la Tabla



Figura 45 Modelo elaborado para estimar el consumo de aire comprimido

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018



Figura 46 Regulador y boquilla emplea en la estimación del flujo

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Tabla 25. Datos Obtenidos de Flujo de aire comprimido mediante el ensayo

Presión (psi)	Flujo (cfm)	Presión (psi)	Flujo (cfm)
5	2,9	50	7,1
10	3,4	55	7,6
15	3,8	60	8,1
20	4,1	65	8,7
25	4,4	70	9,2
30	5,0	75	9,5
35	5,5	80	10,0
40	6,0	85	10,5
45	6,5	90	11,0

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

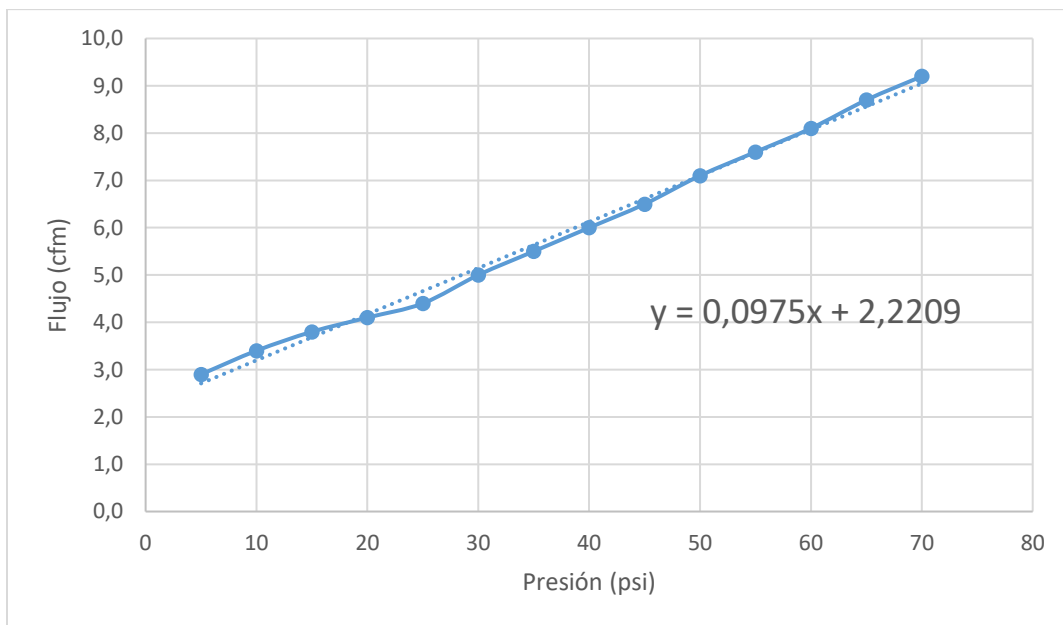


Figura 5.10 Variación del Flujo versus la Presión

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 26. Estimación de Horas Efectivas en el proceso de soplado con aire comprimido

Zona Horaria	Horas Trabajadas		
	Despaletizado (h)	Llenadora (h)	Frasco de vidrio (h)
nocturno 8pm a 6am	2	2	0
Valle 6am a 10am	2	2	3
Pico 10am a 12 30pm	1	1	2
Valle 12 30pm a 5 30pm	3	3	4
Pico 5 30pm a 8pm	1,5	1,5	0

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

La Tabla 26 nos muestra, en el área de despaletizado y llenadora se estimó un 50% del período, debido a que los sopladores son controlados por las máquinas y esto depende del nivel de la producción, con respecto al área de frasco de vidrios, se consideró un tiempo efectivo mayor, debido a que en este proceso, la máquina no tiene ningún control sobre el proceso de soplado, son los mismos operarios que controlan éste mismo, mediante el accionar de una válvula de globo.

5.2.3. Situación Propuesta

Se propone instalar mini reguladores de presión en las líneas de aire comprimido que se utilizan para soplado de envases, para así, bajar la presión de línea de 90 psi a 5 psi, esto para lograr un ahorro en el consumo de aire comprimido en las distintas áreas de soplado, como el mostrado a continuación. Se eligieron 5 psi debido a un estudio realizado para identificar la presión mínima requerida para eliminar cualquier partícula ajena al producto a una distancia entre la boquilla y la lata de 15 centímetros.



Figura 47 Mini regulador de Presión Camozzi

Fuente: Euro-técnica, 2018

En la Tabla 1 se observó una disminución en el flujo de aire en aproximadamente un 73% por unidad de soplado. Por lo tanto, se evidencia que la instalación de reguladores de presión se traduce en un ahorro energético para la empresa, más adelante se presenta el estudio de la viabilidad económica del proyecto.

5.2.4. Inversión

Tabla 27. Costo inicial de la modificación por unidad y total de la obra

Equipo	Costo
Regulador de Presión Mini	Ø20 042,74
Gasto Variables	Ø1 000,00
Total (c/u)	Ø21 042,74
Inversión inicial	Ø189 384,66

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

La inversión inicial del proyecto sería de Ø189 384,66. Esto debido a que en el área de despaletizado se necesita al menos la instalación de 4 reguladores, el área de llenado se necesita 4 reguladores y el área de despaletizado de frasco de vidrio se necesita la instalación de un regulador.

5.2.5. Viabilidad Económica del Proyecto

Tabla 28. Costo de aire comprimido por unidad de soplado y área

Zona Horaria	Sector sin regulador			Sector con regulador		
	Despaletizado	Cerradora	Frasco de Vidrio	Despaletizado	Cerradora	Frasco de Vidrio
Nocturno 8pm a 6am	¢238	¢238	¢0	¢63	¢63	¢0
Valle 6am a 10am	¢449	¢449	¢673	¢118	¢118	¢177
Pico 10am a 12 30pm	¢158	¢158	¢317	¢42	¢42	¢84
Valle 12 30pm a 5 30pm	¢534	¢534	¢713	¢141	¢141	¢188
Pico 5 30pm a 8pm	¢287	¢287	¢0	¢76	¢76	¢0
Total	¢1 666	¢1 666	¢1 702	¢439	¢439	¢449

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Por lo tanto, se genera un ahorro de

Tabla 29. Ahorro estimado por áreas

	Despaletizado	Cerradora	Frasco de Vidrio	Total
Diario	₡8 586	₡4 906	₡1 253	₡14 745
Mensual	₡184 593	₡105 481	₡26 945	₡317 019
Anual	₡2 215 111	₡1 265 778	₡323 337	₡3 804 226

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 30. Proyección del Retorno de la Inversión

	Primer año								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión Inicial	₡189 384,66								
Ahorro		₡317 019	₡317 019	₡317 019	₡317 019	₡317 019	₡317 019	₡317 019	₡317 019
Ganancia		₡127 634	₡444 653	₡761 672	₡1 078 691	₡1 395 710	₡1 712 728	₡2 029 747	₡2 346 766

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Obteniendo la recuperación de la inversión inicial antes del primer mes de haber comenzado el proyecto, teniendo en cuenta que los cálculos anteriores se hicieron a partir de una baja producción, cuando el proceso se encuentre en su época de mayor demanda, los ahorros obtenidos van a ser mayores.

5.2.6. Conclusiones

- Se evidenció un consumo en pies cúbicos innecesarios en el proceso de soplado.
- Se realiza un ahorro energético en el aire comprimido utilizado en las zonas de soplado, mediante la implementación de reguladores de presión.
- Se elaboró un proyecto económicamente viable según la política de la empresa, teniendo retorno de la inversión antes del primer mes de haberse ejecutado el proyecto.

Propuesta 3. Reparación de las Fugas en los diferentes sectores de la empresa

1. Objetivo

Objetivo General

- Reducir el porcentaje de fugas que posee la red de aire comprimido de la empresa

Objetivos Específicos

- Determinar si existen malas prácticas en los sistemas que utilizan aire comprimido.
- Reducir el porcentaje de fuga en el cuarto de compresores.
- Elaborar una solución viable para la corrección de las fugas y este acorde de la política de proyectos de la planta.

5.3.1. Situación Actual

La empresa cuenta con un porcentaje fugas de un 20%, esto, se traduce en un desperdicio relativamente grande debió a la generación de aire comprimido en la planta, esté porcentaje se traduce en un flujo de aproximadamente 94,28 cfm. Estas fugas se encuentran en muchos sectores. Debido a malas prácticas de algunos componentes como se evidencia a continuación.



Figura 48 Área de Cerradoras

Fuente: Alimentos Pro-salud S. A. 2018



Figura 49 Mala práctica a la hora de eliminar una manguera de aire comprimido

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

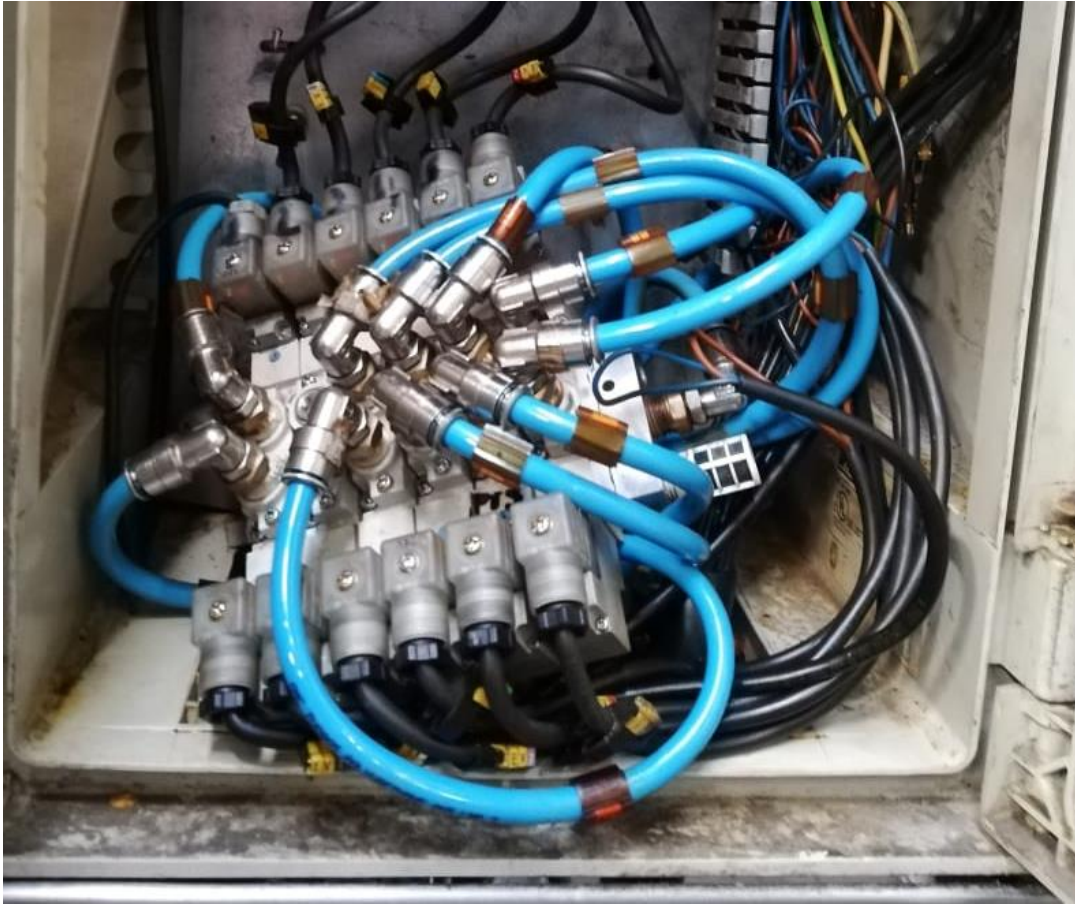


Figura 50 Bloque de Electroválvulas sin anclar

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

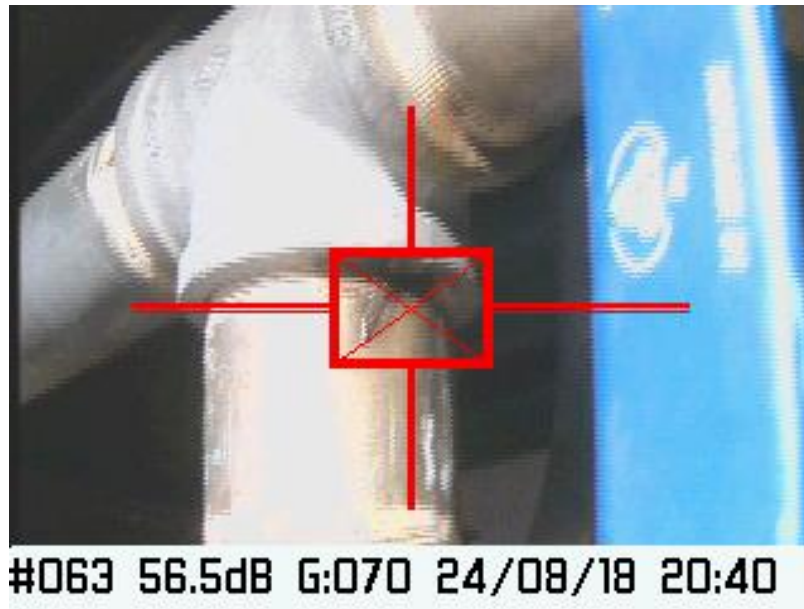


Figura 51 Fugas en accesorios en el cuarto de compresores

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

Otras ocurren por finalización de la vida útil de los componentes



Figura 52 Fuga de aire comprimido en la pasarela de descongelado de atún

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018



Figura 53 Fuga en las mangueras de aire comprimido para cocinadores en la pasarela

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018



Figura 54 Fuga en manómetro ubicado en el cuarto de calderas

Fuente: Alimentos Pro-salud S.A. 2018

5.3.2. Situación Propuesta

Reducir el uso de mangueras de aire comprimido, para así disminuir la probabilidad de fugas que ocurran en estas, además, de que en ciertas áreas donde las temperaturas son elevadas, debido al uso de vapor o sin mucha ventilación, emplear mangueras para aire comprimido de nylon, en vez de poliuretano. Todos los componentes de la red que deban ser roscados, utilizar Teflón en Pasta y Cinta de teflón, esto con el fin de sellar las roscas para que no escape fugas mediante estas.

5.3.3. Inversión

Debido a que la situación varía por área, y del requerimiento de esta puede ser menor o mayor los valores mostrados se toma como referencia el cuarto de compresores. Donde se invirtieron aproximadamente \$400 000 en reparar todas las fugas, este valor toma en cuenta mano de obra y materiales consumidos, en este caso se empleó teflón en pasta y cinta PTFE para sellar roscas. Se llevó a cabo en un período de 4 días.

5.3.4. Viabilidad económica

Se tiene un flujo de 16,43 cfm solo en el cuarto de compresores, se estimó un gasto por fugas que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 31. Costo de la Fuga del cuarto de compresores en las diferentes zonas horarias.

Zona Horaria	Cantidad de horas	Costo
Nocturno	10	Ø1 776
Valle	4	Ø1 336
Pico	2,5	Ø596
Valle	5	Ø1 314
Pico	2,5	Ø726

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Lo que se traduce a un costo mostrado en la Tabla 32

Tabla 32. Costo de la fuga en un período de tiempo

Diario	₴5 748
Mensual	₴172 449
Anual	₴2 098 132

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Tabla 33. Estudio de Viabilidad del Proyecto

Primer año									
		1	2	3	4	5	6	7	8
Costo	₴400 000								
Ganancia		₴172 449	₴172 449	₴172 449	₴172 449	₴172 449	₴172 449	₴172 449	₴172 449
	₴400 000	₴227 551	₴55 102	₴117 348	₴289 797	₴462 246	₴634 695	₴807 144	₴979 593

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Como se pudo observar en la tabla anterior, la inversión inicial se paga a partir del 3 mes de haber ejecutado las reparaciones.

5.3.5. Conclusiones

- Se determinó que en la empresa existe malas prácticas en el uso del aire comprimido.
- Se redujo el flujo de fugas en el cuarto de compresores.
- Se ejecutó una solución viable económicamente y acorde a la política de proyectos de la empresa.

Capítulo 6

Viabilidad Económica

Con respecto al proyecto de las reparaciones de fugas un costo mayor al de la inversión del área, para aplicarlo a magnitud de toda la planta, los encargados de la zona aportaron para seleccionar un aproximada de la cantidad de material necesario para realizar cada trabajo, esto por lo tanto elevo la inversión inicial del proyecto, además la siguiente viabilidad económica se realiza con la sumatoria de todos los ahorros propuestos y sus costos iniciales.

La empresa sólo trabaja con la tasa interna de retorno, por lo tanto, no se procedió a calcular el VAN, debido a que la empresa no tiene un valor de trema para la consideración del valor actual neto, está se calculó con la siguiente ecuación

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1 + i)^n} = 0$$

Ecuación 8 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno

Tabla 34. Viabilidad Económica de todos los proyectos presentados a la empresa

Proyecto Total					
	0	1	2	11	12
Costo	₤2 326 234,66				
Ahorro		₤1 411 203,11	₤1 411 203,11	₤1 411 203,11	₤1 411 203,11
Ganancia		₤915 031,55	₤496 171,57	₤13 196 999,59	₤14 608 202,70
Flujo Efectivo	₤2 326 234,66	₤1 411 203,11	₤1 411 203,11	₤1 411 203,11	₤1 411 203,11
TIR	60%				

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Capítulo 7

Análisis de Resultados

Con respecto al análisis de los diámetros de tubería se denotó que están sobredimensionadas en ciertas áreas, por lo cual, se indicó en cada una un factor de ampliación, además se detectaron caídas de presión mínimas, por lo cual no se denota algún problema de dimensionamiento en las tuberías. Con los estudios realizados se detectaron usos inapropiados del aire comprimido, como la sobrepresión dada en el sector de autoclaves, cuando la mayor presión requerida es de 36 psi y actualmente se brindan a 90psi. Otro uso inapropiado se da con los sopladores de lata, cuando la presión mínima requerida que se necesita es de 5psi, esto, por la distancia que hay entre la boquilla y el fondo de la lata, y actualmente se conectan de la red principal, lo cual se estima una presión de 90 psi. Todos los problemas anteriores se dieron propuestas viables para presentar un ahorro energético a la compañía, además se encontró un porcentaje de fuga alto para la red de aire comprimido y debido a la magnitud de la nave industrial, se da una pérdida económica bastante grande, estas fugas se denotan en varias áreas, debido tanto por el mal sellado de uniones roscadas, el uso excesivo de mangueras para trasegar aire comprimido, además el uso de mangueras inadecuadas en sectores calientes, otras fugas ocurren por el final de la vida útil de ciertos componentes, también se dan fugas momentáneas por la mala conexión de ciertos equipos a las estaciones de servicio, por lo tanto, se libera aire mientras se encuentra en uso la estación de servicio. Por lo tanto, se corrigieron en ciertas áreas donde se tenían

los recursos y se hizo la indicación de las áreas restantes a sus respectivos supervisores. Todos los cambios realizados a la red se deben de observar en el Medidor de Flujo Principal, la modificación de autoclaves debe disminuir los flujos máximos que ocurren en las diferentes horas del día, además que la instalación de los reguladores de presión y fugas, se deben ver reflejadas en comparación con el consumo anual de la empresa. Se logró incrementar el factor de ampliación de la red de aire comprimido y generar un ahorro económico importante para la empresa de aproximadamente ₡14 608 202,70

Además, se nota una variación en el flujómetro principal

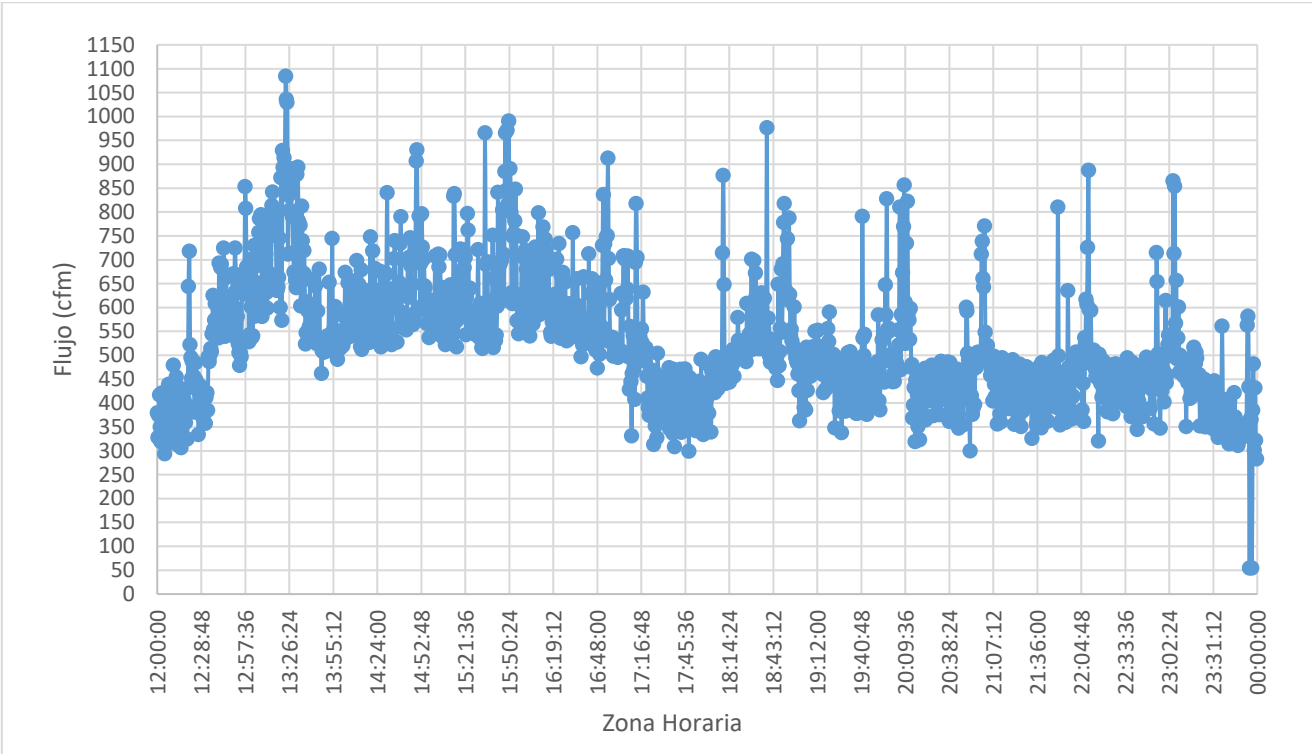


Figura 55 Variación del Flujo de la nave industrial

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2018

Conclusiones

- Se realizó con éxito una auditoría de la red de aire comprimido de la empresa, donde se determinaron los parámetros iniciales de la red, como el costo eléctrico de la generación de aire comprimido, flujos máximos de la empresa, diámetros de tuberías, consumos diarios, porcentajes de fugas y factor de ampliación.
- Se realizó el rediseño de la red en ciertos sectores para la inclusión de ciertos equipos a la red.
- Se elaboraron propuestas para la conservación de la energía en el sistema de aire comprimido
- Todas las propuestas generadas fueron viables y acorde a la política de proyectos de la empresa.

Recomendaciones

- Elaborar un programa de mantenimiento para la red de aire comprimido en donde se realicen una revisión anual de los filtros principales de la red, para verificar el estado de estos y realizar la intervención cuando sea necesario. Además, ya que la planta cuenta con un detector de ultrasonidos, implementar un recorrido trimestral o mensual, esto para detectar fugas en las diferentes áreas y corregirlas, este recorrido debería ser realizado por todos los supervisores de las distintas áreas y el área de facilidades. Se recomienda que el recorrido se realice con mayor atención en todas conexiones de mangueras, tanto a las máquinas como a las tuberías de abastecimiento y los accesorios de las mangueras.
- Cada vez que cualquier personal detecte una fuga potencial, repararla si está al alcance.
- Evitar que los puntos de conexión de mangueras queden doblados o mal acomodados, porque esto incrementa la probabilidad de aparición de la fuga.
- Realizar un estudio más profundo para obtener un costo más cercano a la realidad, esto incluyendo el costo del mantenimiento de los equipos y poder identificar cuando realmente el equipo está llegando al final de su ciclo de vida.
- Establecer parámetros de inicio una vez la planta vuelva a entrar en producción, esto para tabular los datos y detectar otras oportunidades de conservación de la energía.

Anexos

1. Cotizaciones

**ACEROS ESPECIALES
ACES S.A**

200 mts este
de Recauchadora Gigante
La Uruca
Ced. Juridica 3-101-271764



Cotización:	OFE-02450-G9F2T6	Fecha:	10/26/2018
Cliente:	Alimentos Prosalud S.A.	Atentamente:	David Mata
Tel:	26635000	Departamento:	Comercial
Email:	johnny.sancho@prosalud.com	Tel:	2520-0060
Contacto:		Fax:	2520-0211

Código	Descripción del producto	Cant.	Precio Uni.	Subtotal
AIT4-1.C2L	MTS TUBO INOX 012.70 mm SCH 40 AISI 304 (1/2") 7 tubos de 6 mts	42	3,611.92	151,700.64
			Subtotal:	151,700.64
			Impuesto:	0
			Total:	151,700.64

Forma de Pago:

Entrega:

Figura 56 Cotización de Tuberías para reducir el uso de mangueras para trasegar aire comprimido

Fuente: Aceros Especiales, 2018

Proforma N°822
Ver. 4.2
Clave Numérica

Fecha de Emisión: 02/10/2018 9:33 a.m
Fecha de Vencimiento: 09/10/2018



**SERVICIOS TECNICOS
INDUSTRIALES S.R.L.**

ST INDUSTRIAL

Cédula Jurídica: 3-102-704705

Teléfono: +(506) 2224-0778

Correo: facturacion@stindustrialtda.com

Dirección: SABANILLA DE LA ESQUINA
NOROESTE DEL PARQUE 100 OESTE Y 25
NORTE.

Receptor: ALIMENTOS PROSALUD S.A.

Cédula Jurídica: 3-101-018721

Teléfono: +(506) 2663-5000

Correo: recepcionFE@prosalud.com

Destinatario: JOHNNY SANCHO

Dirección: CARRETERA PROSPERO FERNANDEZ KM 13, CENTRO
EMPRESARIAL FORUM 1, EDIFICIO C , SEGUNDO Y TERCER PISO.

Código Interno: ST10017

Condición de Venta: Crédito

Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario

Días de Crédito: 30

Líneas de Detalle

Código	Cantidad	Unidad Medida	Descripción del Producto/Servicio	Precio Unitario	Descuento	Naturaleza del Descuento.	Monto Impuestos	SubTotal
	12.00	Unidad	UNION TOPE INOXIDABLE 1-1/2"	8,818.20	0.00		0.00	105,818.40
	24.00	Unidad	NIPLE INOXIDABLE TODO ROSCA 1"	1,070.00	0.00		0.00	25,680.00
	6.00	Unidad	NIPLE INOXIDABLE TODO ROSCA 1-1/2"	1,497.30	0.00		0.00	8,983.80

Notas: ENTREGA INMEDIATA

Subtotal Neto:	¢	140,482.20
Imp. de Ventas:	¢	0.00
Otros Impuestos:	¢	0.00
Total Proforma:	¢	140,482.20

CIENTO CUARENTA MIL CUATROCIENTOS
OCHENTA Y DOS COLONES CON 20/100

Código Único de Consulta:
Consulta en www.facturaelectronica.cr



Emitida conforme lo establecido en la resolución de Facturación Electrónica, N° DGT-R-48-2016 del 7 de octubre del 2016 de la Dirección General de Tributación.

Generada por: www.facturaelectronica.cr

Page 1 of 1

Figura 57 Cotización de accesorios para elaborar la modificación de autoclaves

Fuente: ST Industrial, 2018

Proforma N°674
Ver. 4.2
Clave Numérica

Fecha de Emisión: 26/09/2018 10:46 a.m
Fecha de Vencimiento: 03/10/2018



**SERVICIOS TECNICOS
INDUSTRIALES S.R.L.**

ST INDUSTRIAL

Cédula Jurídica: 3-102-704705

Teléfono: +(506) 2224-0778

Correo: facturacion@stindustrialtda.com

Dirección: SABANILLA DE LA ESQUINA
NOROESTE DEL PARQUE 100 OESTE Y 25
NORTE.

Receptor: ALIMENTOS PROSALUD S.A.

Cédula Jurídica: 3-101-018721

Teléfono: +(506) 2663-5000

Correo: recepcionFE@prosalud.com

Destinatario: JOHNNY SANCHO

Dirección: CARRETERA PROSPERO FERNANDEZ KM 13, CENTRO
EMPRESARIAL FORUM 1, EDIFICIO C , SEGUNDO Y TERCER PISO.

Código Interno: ST10017

Condición de Venta: Crédito

Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario

Días de Crédito: 30

Líneas de Detalle

Código	Cantidad	Unidad Medida	Descripción del Producto/Servicio	Precio Unitario	Descuento	Naturaleza del Descuento.	Monto Impuestos	Sub Total
	12.00	Unidad	UNIÓN TOPE AC.INOX CED 40 1"	3,295.00	0.00		0.00	39,540.00
	1.00	Unidad	TUBO AC.INOX CED 40 1"	47,400.00	0.00		0.00	47,400.00
	1.00	Unidad	TUBO AC.INOX CED 40 1½"	76,605.00	0.00		0.00	76,605.00
	12.00	Unidad	REDUCCIÓN BUSHING AC.INOX 1½" A 1"	2,465.00	0.00		0.00	29,580.00

Notas: ENTREGA INMEDIATA

Subtotal Neto:	¢	193,125.00
Imp. de Ventas:	¢	0.00
Otros Impuestos:	¢	0.00
Total Proforma:	¢	193,125.00

CIENTO NOVENTA Y TRES MIL CIENTO VEINTICINCO COLONES.

Código Único de Consulta:
Consulta en www.facturaelectronica.cr



Emitida conforme lo establecido en la resolución de Facturación Electrónica, N° DGT-R-48-2016 del 7 de octubre del 2016 de la Dirección General de Tributación.

Generada por: www.facturaelectronica.cr

Page 1 of 1

Figura 58 Cotización de accesorios para elaborar la modificación de autoclaves

Fuente: ST Industrial, 2018



SERVICIOS TECNICOS INDUSTRIALES S.R.L.

CEDULA JURIDICA: 3-102-704705

SABANILLA, MONTES DE OCA.

TEL: 2224-0778 CEL: 7202-6720

PARA: ALIMENTOS PROSALUD

DIRIGIDA: JONATHAN QUESADA

TEL: 2663-5000

FECHA: 1/10/2018

FACTURA PROFORMA

ST-17379

CANTIDAD		PRECIO X UNID	TOTAL
100	METRO MANGUERA PARA AIRE POLIURETANO DE 8MM	₡905,00	₡90 500,00
100	METRO MANGUERA PARA AIRE NYLON DE 8MM	₡1 240,00	₡124 000,00
1	REGULADOR DE PRESION DE AIRE DE 1"	₡86 500,00	₡86 500,00
		SUBTOTAL	₡301 000,00
		DESC	
		13% IMPUESTO	
		TOTAL	₡301 000,00

ENTREGA **INMEDIATA**

VENDEDOR: ADRIAN GONZALEZ

VALIDEZ 8 DIAS

CELULAR: 7202-6720

PAGO CONTADO

Figura 59 Cotización para la modificación en el área de autoclaves y comparación de precios en dos tipos de mangueras

Fuente: ST Industrial, 2018

Proforma N°695 Ver. 4.2 Clave Numérica	Fecha de Emisión: 27/09/2018 8:53 a.m Fecha de Vencimiento: 04/10/2018																			
	SERVICIOS TECNICOS INDUSTRIALES S.R.L. ST INDUSTRIAL Cédula Jurídica: 3-102-704705	Teléfono: +(506) 2224-0778 Correo: facturacion@stindustrialtda.com Dirección: SABANILLA DE LA ESQUINA NOROESTE DEL PARQUE 100 OESTE Y 25 NORTE.																		
Receptor: ALIMENTOS PROSALUD S.A. Cédula Jurídica: 3-101-018721 Teléfono: +(506) 2663-5000 Correo: recepcionFE@prosalud.com Destinatario: Johnny Sancho Dirección: CARRETERA PROSPERO FERNANDEZ KM 13, CENTRO EMPRESARIAL FORUM 1, EDIFICIO C , SEGUNDO Y TERCER PISO.	Código Interno: ST10017 Condición de Venta: Crédito Medio de Pago: Transferencia-Depósito Bancario Días de Crédito: 30																			
Líneas de Detalle																				
Código	Cantidad	Unidad Medida	Descripción del Producto/Servicio	Precio Unitario	Descuento	Naturaleza del Descuento.	Monto Impuestos	Sub Total												
	1.00	Unidad	REDUCCION BUSHING ACERO INOXIDABLE 2" A 1-1/2"	4,221.00	0.00		0.00	4,221.00												
Notas: ENTREGA INMEDIATA																				
							<table border="1"> <tr> <td>Subtotal Neto:</td> <td>¢</td> <td align="right">4,221.00</td> </tr> <tr> <td>Imp. de Ventas:</td> <td>¢</td> <td align="right">0.00</td> </tr> <tr> <td>Otros Impuestos:</td> <td>¢</td> <td align="right">0.00</td> </tr> <tr> <td>Total Proforma:</td> <td>¢</td> <td align="right">4,221.00</td> </tr> </table>	Subtotal Neto:	¢	4,221.00	Imp. de Ventas:	¢	0.00	Otros Impuestos:	¢	0.00	Total Proforma:	¢	4,221.00	
Subtotal Neto:	¢	4,221.00																		
Imp. de Ventas:	¢	0.00																		
Otros Impuestos:	¢	0.00																		
Total Proforma:	¢	4,221.00																		
							CUATRO MIL DOSCIENTOS VEINTIUNO COLONES.													
								Código Único de Consulta: Consulta en www.facturaelectronica.cr												
																				
Emitida conforme lo establecido en la resolución de Facturación Electrónica, N° DGT-R-48-2016 del 7 de octubre del 2016 de la Dirección General de Tributación.																				
Generada por: www.facturaelectronica.cr							Page 1 of 1													

Figura 60 Cotización de accesorios para elaborar la modificación de autoclaves

Fuente: ST Industrial, 2018

Cotización No. 299103

27 de Septiembre del 2018

Señor(a) (es)

ALIMENTOS PROSALUD, S.A. (4757)

Presente

Id Mercadeo:

Atención: Señor(a) ALIMENTOS PROSALUD, S.A.

Asunto/Referencia:

Tel: 25047676 / Fax: 2204-7878

Estimado (a) (s) Señor (a) (es):

Tenemos el agrado de presentar para su evaluación nuestra cotización por el siguiente concepto:

Código	Descripción	Cant.	Precio/Unit.	Total
17549	ELEMENTO DE REEMPLAZO MPF-700	1.00	455.00	455.00 *

(*) Artículo exonerado del impuesto de ventas

SUBTOTAL.....	455.00
(+) Impuestos de Ventas.....	
PRECIO TOTAL (DOLARES)	455.00

Notas

- Los precios indicados anteriormente son EN PLAZA, debidamente nacionalizados.
- Estos precios no incluyen materiales ni mano de obra para la instalación, salvo que se indique expresamente en esta oferta.
- Los montos indicados deberán ser cancelados en la moneda en que han sido cotizados. Es decir, las facturas en dólares deberán cancelarse en dólares y las de colones en colones.
- Si el producto es de importación, el tiempo de entrega indicado en esta oferta se determina utilizando nuestro mejor criterio basados en el tiempo de entrega establecido por el fabricante, tiempo de transporte estándar y tiempo de desalmacenaje normal. No obstante lo anterior, factores ajenos a nuestro control podrían afectar el tiempo estimado. Si bien es cierto que Corporación Font hará todo lo posible por cumplir con el tiempo de entrega establecido, como usualmente lo hace, no nos podemos hacer responsables por retrasos causados por agentes fuera de nuestro control.
- Esta oferta es producto de nuestra interpretación de la información recibida por parte del cliente. Es responsabilidad de este último revisar detalladamente la presente oferta y verificar que corresponde a cabalidad con los equipos requeridos.
- Según nuestro Código de Ética, Corporación Font se compromete a guardar la confidencialidad de toda información sensible suministrada por parte del cliente.

Observaciones

Validez de la Cotización

30 Días

Condiciones de Pago

Crédito a 30 días naturales, sujeto a la autorización del Departamento de Crédito al momento de la recepción de la orden de compra.

Figura 61 Cotización de los elementos filtrantes de los filtros principales de la Red

Fuente: Corporación Font, 2018

Fecha: 06/06/2018

Cotización: PYC-022845

Cuenta: 701558

Señores: **Alimentos Prosalud S.A. °**

Dirección: Segundo Piso. Edificio C. Parque Empresarial Forum, Carretera a Santa Ana, San José.

Atención: Sr. Jonathan Quesada

Teléfono : 2204-7676 Fax : 2204-7373

Correo electronico :

Estimados Señores:

Tenemos el agrado de presentarle la siguiente cotización :

Cant.	Código	Descripción	UN.	Precio Unit.	% Desc	M. Desc	Total
1.00	146102732	Tanque Almacenamiento Vertical 1040G	UND	\$ 4,500.00	0.00	0.00	\$ 4,500.00

Favor hacer referencia al No. de Cotización en su O/C

Condiciones:

Validez Oferta: 15 días

Forma Pago: Crédito

Tiempo Entrega: Inmediato sujeto a existencias

Total mercadería:	\$ 4,500.00
Desc Artículos:	\$ 0.00
Desc Doc: 0.00%	\$ 0.00
Desc Volumen:	\$ 0.00
Subtotal:	\$ 4,500.00
13% Impuesto VENTAS	\$ 0.00
Flete:	\$ 0.00
Total General:	\$ 4,500.00

Observaciones: Tanque de 1040 galones pintado en azul.

Incluye: Válvula de Seguridad y Dren de condensados cero perdidas 120 VAC.

Mercadería sujeta a existencias en el momento de la facturación

Atentamente,

L_SOLIS
COTIZADO POR

Jose Venegas Elizondo (1)
REPRESENTANTE DE VENTAS

Estimados Clientes, nuestro horario de atención de reparto de cortesía es el siguiente:
Gran Área Metropolitana todos los días de 8:00a.m a 5:00p.m. y Sábados de 8:00 a.m. a 12:00 md.

Lunes : Grecia, Naranjo, Sarchi, Atenas, San Ramón, Palmares, Esparza, Puntarenas, Guapiles y Limón.

Martes: Cartago, Zarco, Ciudad Quesada y Pital. Jueves: Miramar, Colorado, Cañas y Liberia. Viernes: Zarco, Ciudad Quesada y Pital.

Miércoles: Grecia, Naranjo, Sarchi, Atenas, San Ramón, Palmares, Esparza, Puntarenas, Guapiles y Limón.



Alajuela
2010 5520

Belén
2589-1205

Cartago
2010 5540

C.Quesada
2010 5560

Guápiles
2010-5550

Heredia
2010 5530

Liberia
2010 5580

Limón
2010 5590

Pital
2010 5570

San Francisco Dos Rios
2010 5575

Pérez Zeledón
2010 5585

Figura 62 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.



COTIZACIÓN N° PROY-13326
Fecha 07/06/2018

Señores Alimentos Prosalud S.A.
Ciudad El Roble
Provincia Puntarenas

Atención:
Sr. Jonathan Quesada
Puesto Coordinador de Proyectos y Facilidades
Email jonathan.quesada@prosalud.com
Teléfono 2663-5000 ext. 2134

Estimado Sr: Jonathan

De acuerdo a su solicitud nos permitimos presentar la siguiente oferta:

Opción #1, Tanque Vertical de 1060 galones:

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
01	03	Tanque de Almacenamiento Vertical 1060 Gal. Marca Samuel PVG

Especificaciones

- Para presión máxima **155 PSI**
- De tipo **Vertical**
- Construido bajo Certificación **ASME**
- Pintado de **azul**
- Válvula de Seguridad
- Dren de condensados cero perdidas 120 VAC
- Tanque no tiene manhole
- Diámetro: 1.22, Alto: 3.66 metros
- Peso: 873 kg



Imagen ilustrativa



Figura 63 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.

Fuente: Central de Mangueras, 2018

Opción #2, Tanque Vertical de 2000 galones:

ÍTEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
02	01	Tanque de Almacenamiento Vertical 2000 Gal. Marca Samuel PVG

Especificaciones

- Para presión máxima **150 PSI**
- De tipo **Vertical**
- Construido bajo Certificación **ASME**
- Pintado de **azul**
- Válvula de Seguridad
- Dren de condensados cero perdidas 120 VAC
- Tanque no tiene manhole
- Diámetro: 1.52, Alto: 4.42 metros
- Peso: 1592 kg



Figura 64 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.

Fuente: Central de Mangueras, 2018

Garantía

Los tanques están garantizados por el fabricante por un periodo de **1 año**. Esta incluye defectos de fabricación y mano de obra.

La garantía rige a partir de la fecha de facturación del equipo y NO cubrirá daños debido al mal uso del mismo.

Esta garantía se registrará de acuerdo con las normas del fabricante.

Repuestos

CENTRAL DE MANGUERAS dispone de un adecuado inventario de repuestos y elementos de reemplazo para los productos cotizados.

Servicio

CENTRAL DE MANGUERAS, cuenta con un Taller de Servicio, capacitado y respaldado por el fabricante, donde se ponen a disposición **CONTRATOS DE MANTENIMIENTO**.

El Taller de Servicio podrá realizar el arranque de los equipos adquiridos por el **CLIENTE**. Para hacer efectivo este valor agregado, el **CLIENTE** deberá garantizar el cumplimiento de las recomendaciones realizadas por éste taller especializado de la empresa.

El incumplimiento de dichas recomendaciones conllevará al cobro del día o días de trabajo del Técnico responsable del Arranque.

Valor Agregado

- Personal Técnico altamente calificado con más de 21 años de experiencia.
- Amplio stock de repuestos.
- Mantenimiento preventivo y asesoría en sitio.
- Entregado en el sitio de proyecto.



Figura 65 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.

Fuente: Central de Mangueras, 2018

Condiciones Comerciales

Tiempo de entrega:	5 – 6 semanas
Forma de pago:	Crédito
Vigencia de la oferta:	15 días
Lugar de entrega:	Sus instalaciones

Opción 1:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO ESPECIAL
1	3	Tanque de Almacenamiento Vertical 1060 galones Marca SAMUEL PVG	\$ 25.812,00
(Opcionales)			
SUBTOTAL			\$ 25.812,00
DESCUENTO ESPECIAL			\$ 0,00
TOTAL SIN I.V.			\$ 25.812,00

Los precios no incluyen I.V.

Opción 2:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO ESPECIAL
1	1	Tanque de Almacenamiento Vertical 1060 galones Marca SAMUEL PVG	\$ 8.603,92
2	1	Tanque de Almacenamiento Vertical 2000 galones Marca SAMUEL PVG	\$ 14.391,01
(Opcionales)			
SUBTOTAL			\$ 22.995,00
DESCUENTO ESPECIAL			\$ 0,00
TOTAL SIN I.V.			\$ 22.995,00

Los precios no incluyen I.V.

Nota: La oferta considera el suministro del tanque, no se incluye la instalación u algún otro accesorio no indicado en la presente oferta.



Figura 66 Cotización del tanque de almacenamiento de aire comprimido.

Fuente: Central de Mangueras, 2018



SOLDADURAS HL

24/10/2018

SRS ALIMENTOS PRO SALUD

Por este medio le saludo y a la vez presento mi oferta de trabajo de:

Colocación de 6 reguladores de presión de aire comprimido en autoclaves

El trabajo se realizara de la siguiente manera: cortar tubería existente para levantarla de manera que de espacio para el regulador y sus accesorios, todas las soldaduras se harán con tic.

Este trabajo tiene un costo de 550.000.00 colones incluyendo mano de obra, consumibles de soldadura, cargas sociales todos los accesorios lo aporta alimentos pro salud.

Cuenta Banco Nacional de Costa Rica # 200-01-1257202-0 y bag san José #912339678

Informes o consultas a los teléfonos:

88-24-71-85 2428-26-72

Correo: soldaduras-hl@hotmail.com

Harinton Lezama Larios
Cd: 155810262614

Figura 67 Cotización del trabajo de soldadura requerido en el área de autoclaves

Fuente: Central de Mangueras, 2018

Apéndices

1. Planos

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

SIMBOLOGÍA MECÁNICA (SISTEMA DE TUBERÍAS Y FONTANERÍA)			
<p>VALVULAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Válvula de levantamiento Válvula de compuerta Válvula de globo Válvula de mariposa Válvula de bola Válvula de cono Válvula de compuerta con brida Válvula de globo con brida Válvula OMSV Válvula de OMSV con control Válvula de retención de caudal Válvula de triple función (mariposa, retención y más) Válvula de retención de bola Válvula de retención de bola Válvula de retención de bola Válvula de retención de bola Válvula de presión de ajuste (valv. P) o seguridad (SA) Válvula de flotador <p>VALVULAS DE CONTROL</p> <ul style="list-style-type: none"> Válvula de retención de tres vías Válvula de retención de tres vías Válvula de control de flujo (control) Flap regulador de presión con orificio Válvula reguladora de presión Válvula reguladora de presión, alimentada en la línea Válvula reguladora de presión, alimentada en el cuerpo Válvula reguladora de presión para gas Válvula reguladora de presión, alimentada en el cuerpo con muelle <p>PILONERIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Estación reguladora de flujo Absorcedor de golpes de ariete de referencia Zumbador 2-1/20 con tamaño indicado Derivación de piso con ajuste Regleta de piso interior Regleta de piso exterior Derivación de piso con sentido Derivación de piso cuadrado 	<p>ACCESORIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Oriz Codo 90° Codo 45° Codo hasta arriba Codo hasta abajo Tee Tee hasta arriba Tee hasta abajo Tapón hendido Pruebas Guía Tapón hueco Unión Línea ciega Unión aislada Unión brida Orificio brida Reducción: conductores Reducción: aislada Corte de línea Anillo y la pared Anillo Separador de aire Conexión flexible Fuelle Fuente de detección de fugas (Detector) con punto Fuga o drenaje Caja de drenaje (Caja de drenaje para un punto de detección de fugas, OMSV) Conexión de detección de fugas (Conductores) Filtro Ventilación de aire subterráneo Terminación de piso Terminación Esparte rígido (Hanger) Esparte extensible (Draper) Medidor de temperatura (electrico) 	<p>ACCESORIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Interruptor de temperatura (neumático) Medidor Interruptor de presión Interruptor de flujo Sensor de punto de rocío Visor de nivel Actuador neumático Flecha de dirección de flujo Interruptor de viento <p>SIMBOLOGÍA DIAGRAMAS DE FLUJO</p> <ul style="list-style-type: none"> Tubo según su uso Línea de flujo de la tubería Bomba Torre de enfriamiento Tanque control, indicar uso Tanque absorbente, indicar uso Chiller control-flow Chiller de torres Secador Compresor de torres <p>TUBERIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Tubería de agua potable frío Tubería de agua potable caliente Tubería agua caliente Tubería agua fría Tubería de PVC corrugado o de panel reforzado (Oro reforzado) Tubería de ventilación Tubería de drenaje de aguas negras y aguas industriales frías Tubería de drenaje aguas industriales calientes Tubería a presión aguas negras Tubería a presión aguas industriales Aire comprimido libre de aceite Vapor Retorno de condensado de vapor 	<p>TUBERIA</p> <ul style="list-style-type: none"> Gas LP Retorno de agua helada de proceso estándar Retorno de agua helada de proceso Retorno de agua helada de proceso Agua sanitaria Succión de agua de torre de enfriamiento Retorno de agua de torre de enfriamiento Succión de agua helada Retorno de agua helada <p>ABREVIATURAS</p> <ul style="list-style-type: none"> AC Compressor de aire comprimido AG Secador de aire comprimido AB Reciclador de aire comprimido BAV Válvula de agua negra BAP Válvula de agua pluvial GAF Calentador de agua fría BOA Nivel de fondo de drenamiento sobre nivel de piso terminado BOP Nivel de fondo de tubería sobre nivel de piso terminado CT Torre de enfriamiento CV Calentador de ventilación CTP Bomba de torre de enfriamiento CWP Bomba primaria agua helada CWP Bomba secundaria agua con glaciol DP Drenaje de piso NFV Nivel control de tubería NFP Nivel control de piso NPT Nivel piso terminado NPT Nivel superior de tubería NP Nivel tipo de piso RP Regleta de piso RA Drenaje para agua industrial sanitaria RWP Drenaje para agua potable

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

Figura 68 Tabla de Simbología empleada

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

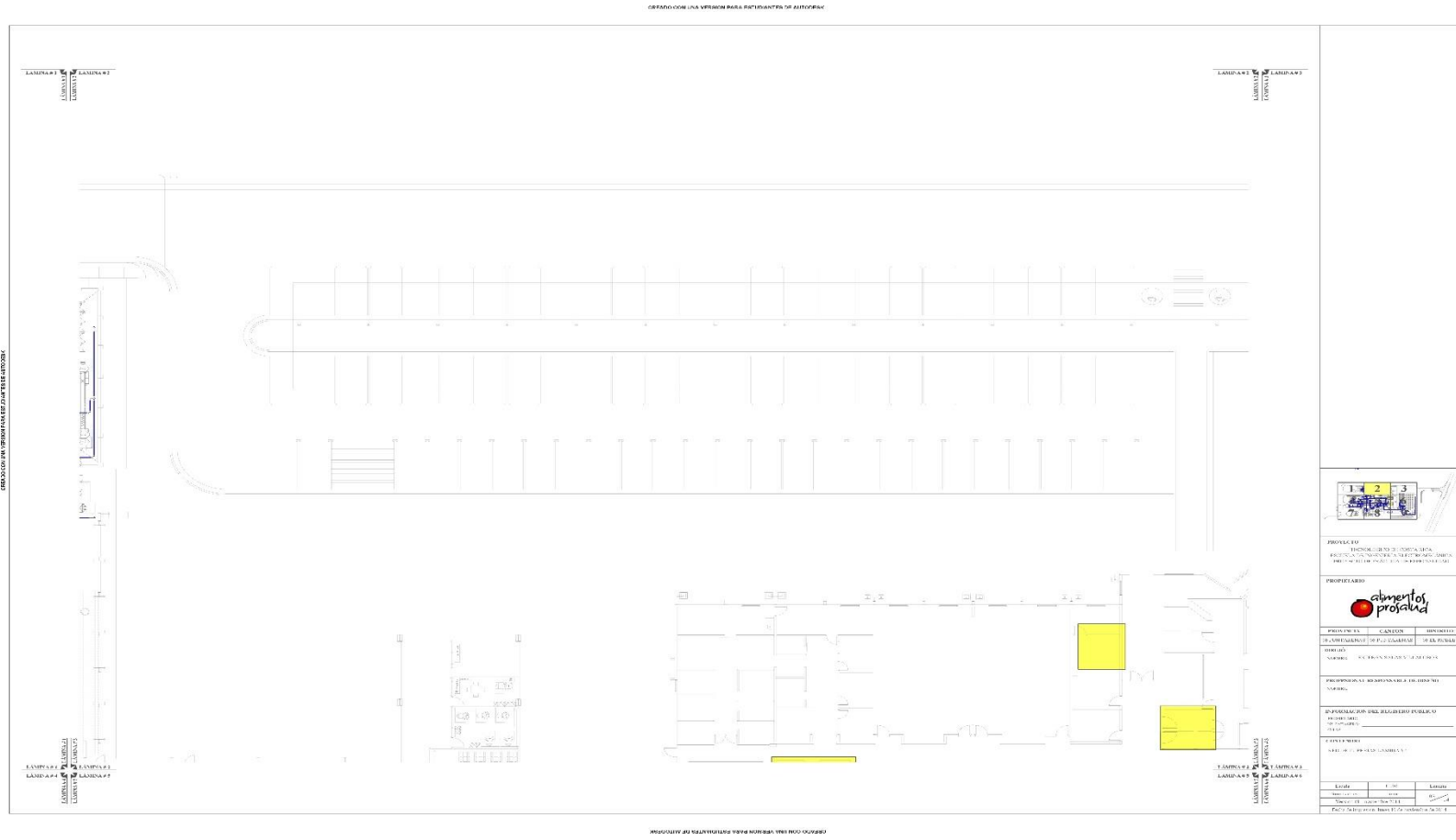


Figura 70 Plano Aire Comprimido Sección 2

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

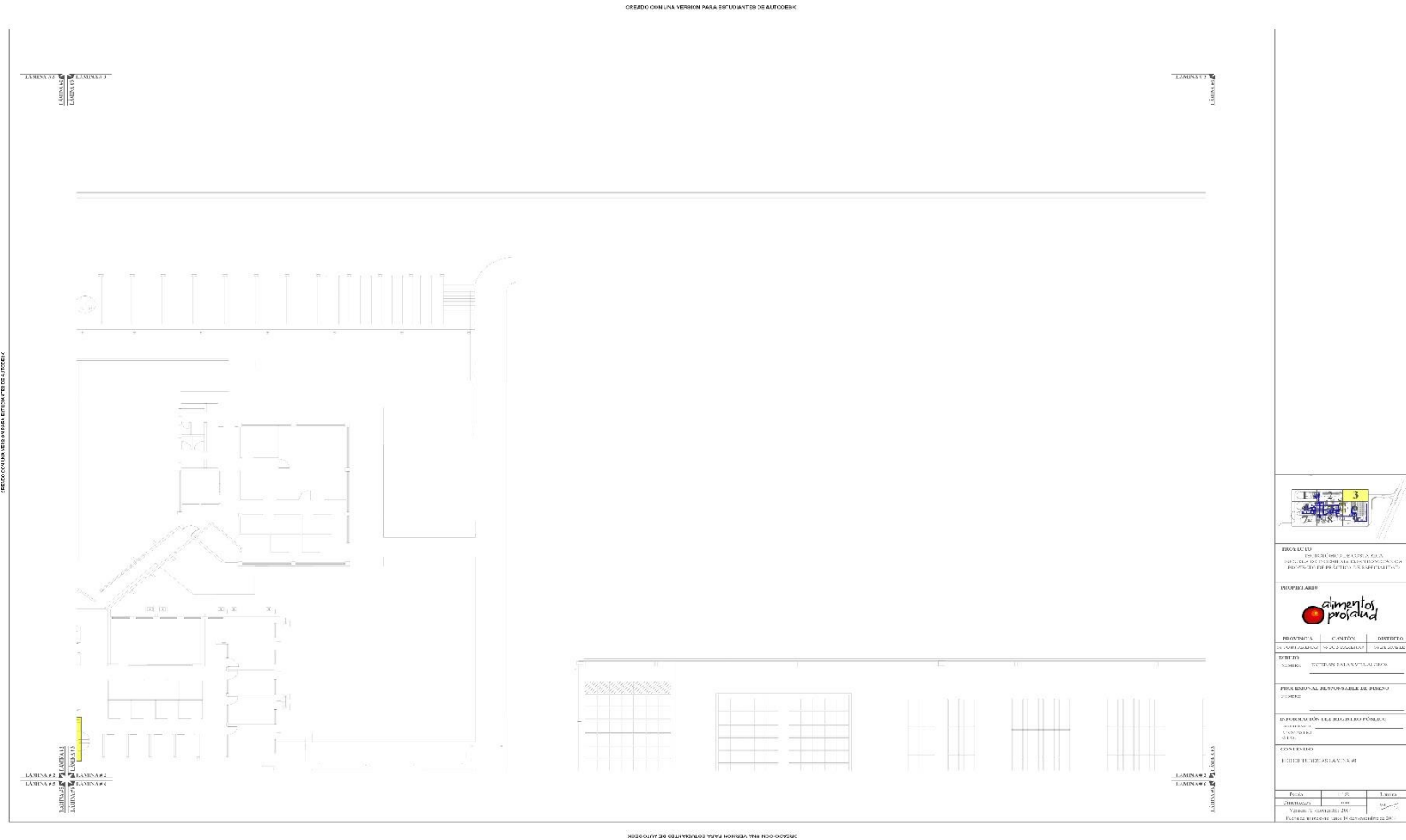


Figura 71 Plano Aire Comprimido Sección 3

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

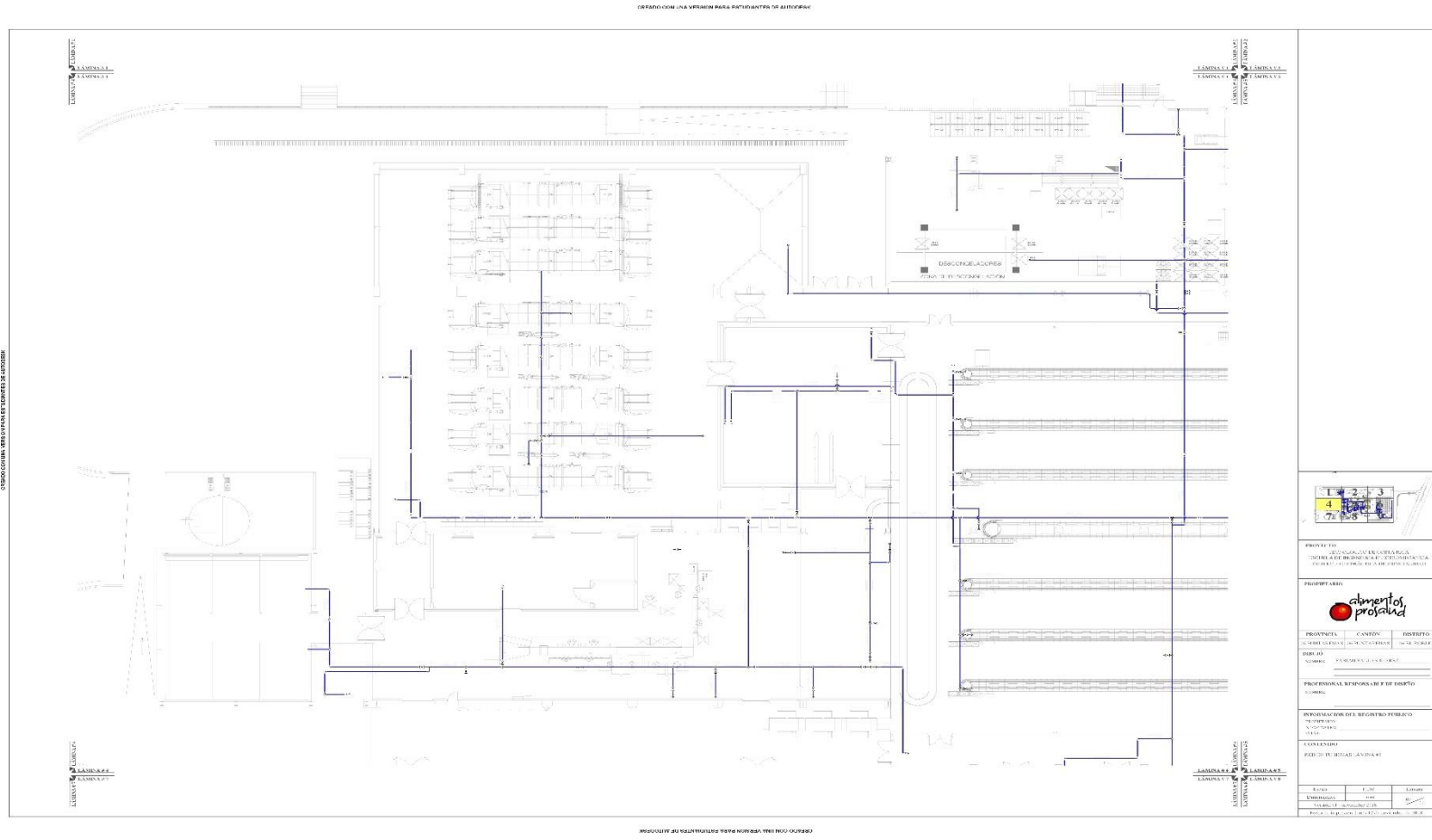


Figura 72 Plano Aire Comprimido Sección 4

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

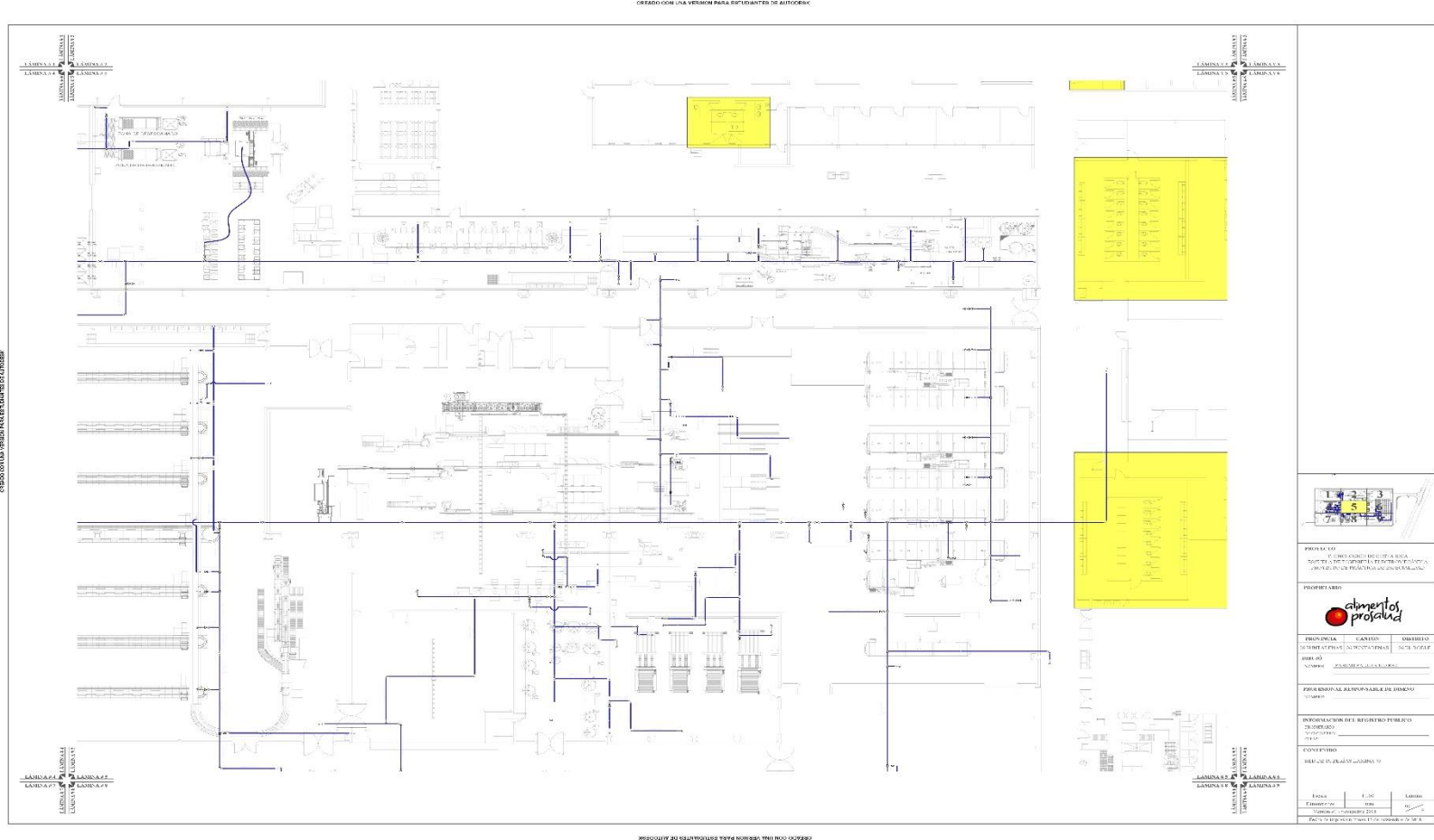


Figura 73 Plano Aire Comprimido Sección 5

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

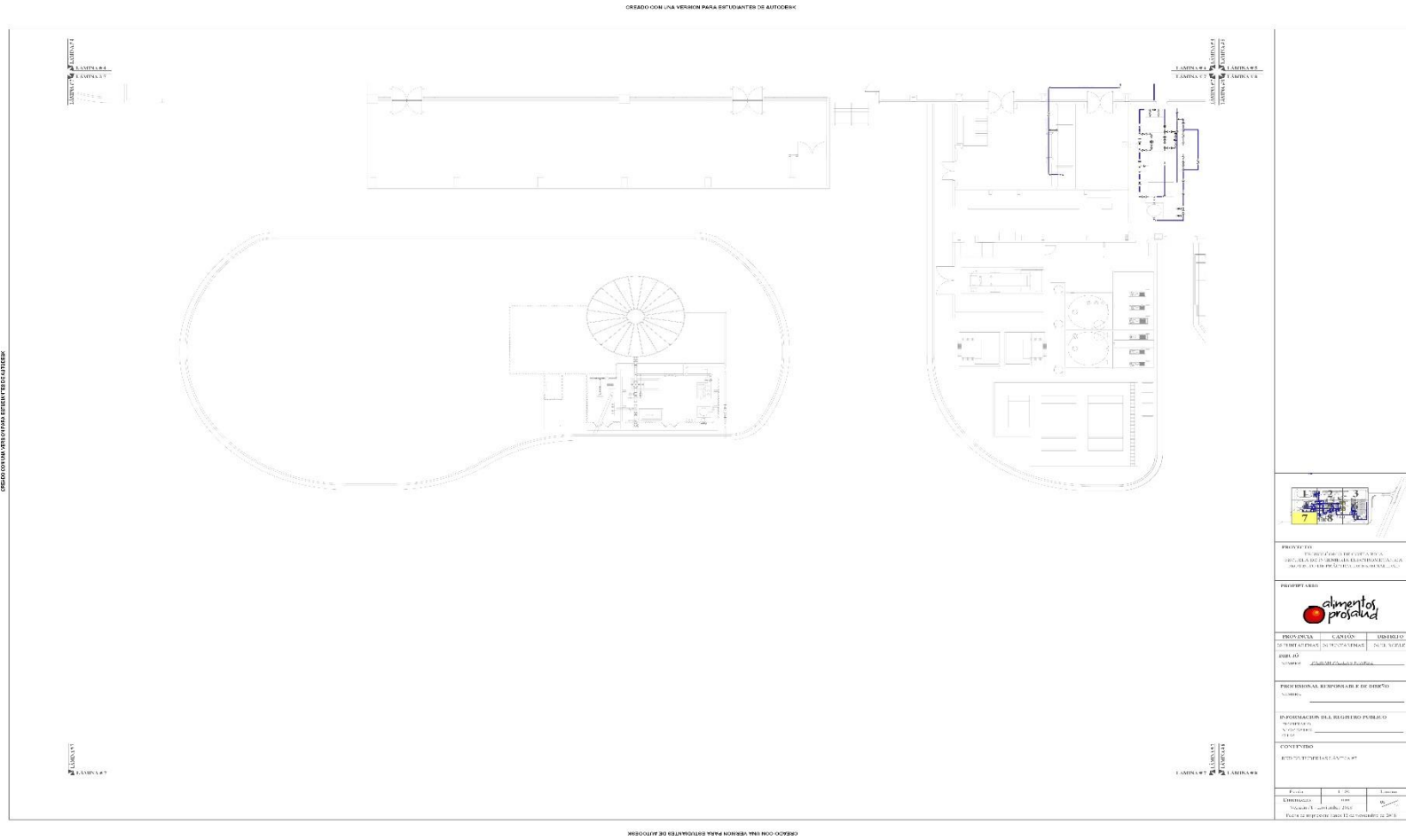


Figura 75 Plano Aire Comprimido Sección 7

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

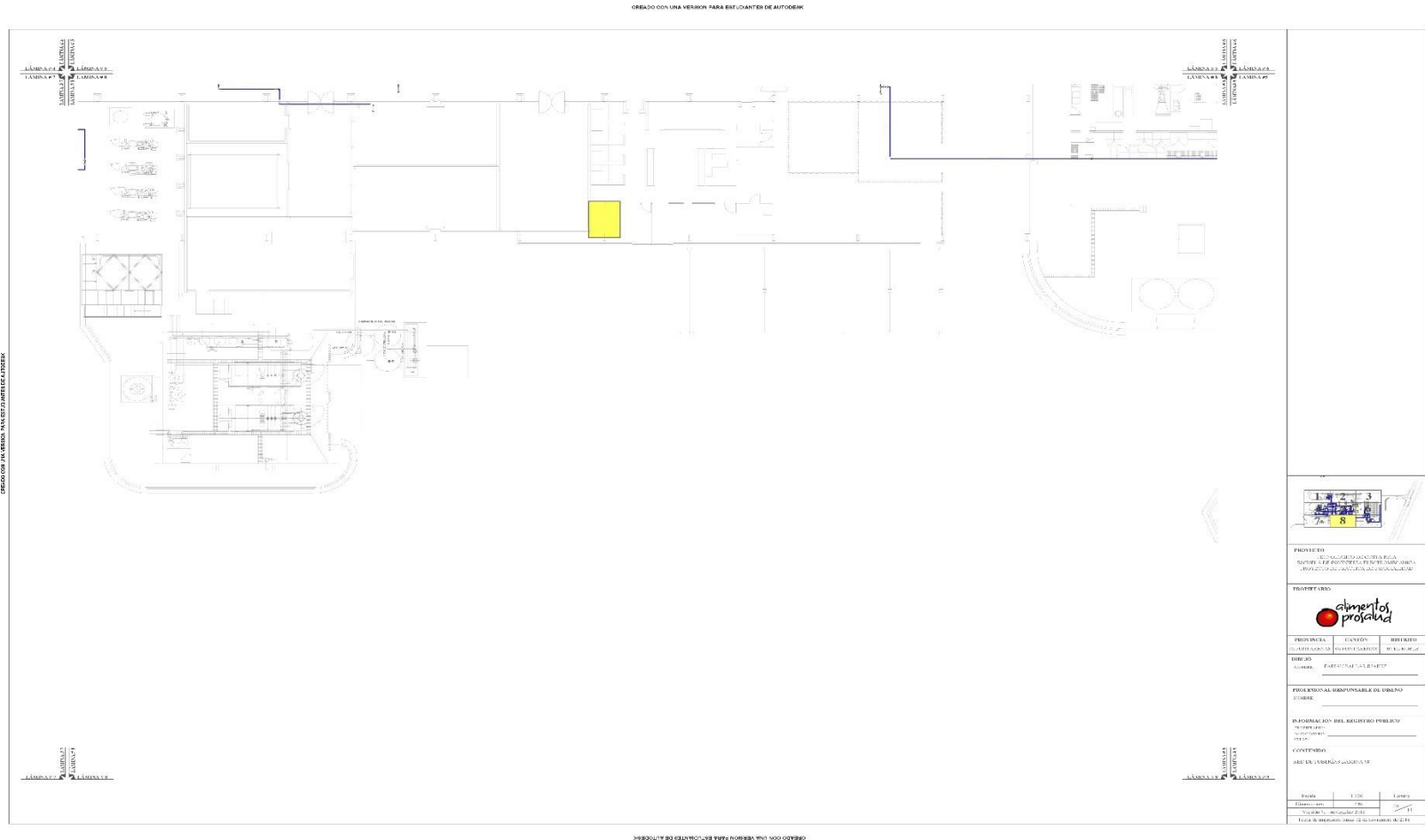


Figura 76 Plano Aire Comprimido Sección 8

Fuente Elaboración Propia, AutoCad

Bibliografía

Alimentos Prosalud S.A. (05 de Mayo de 2018). *Nuestras Marcas: Proceso de Elaboración*. Obtenido de Alimentos Prosalud:

<http://www.alimentosprosalud.com>

Alimentos Prosalud S.A. (10 de Mayo de 2018). *Somos Alimentos Prosalud*.

Obtenido de Alimentos Prosalud: <http://www.alimentosprosalud.com/>

Atlas Copco. (2011). *Manual de Aire Comprimido*. Belgica: Atlas Copco Airpower NV.

BEKO. (Diciembre de 2010). Ahorro energético en los sistemas de aire comprimido. *Automática e Instrumentación*(424), 63-65.

Carbó, A., Bouza, J., & De las Heras, S. (Junio de 2011). Detección de fugas en sistemas de aire comprimido. *Automática e Instrumentación*(430), 61-66.

Cárdenas, M. (Marzo-Abril de 2009). El costo del aire comprimido. *Mantenimiento*, 12(64), 16-18.

Carnicer Royo, E. (1977). *Aire Comprimido: Teoría y calculos de las instalaciones*. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (Octubre de 2009). Guía para Ahorrar energía en Sistemas de Aire Comprimido. Cuauhtémoc, Distrito Federal, Mexico. Recuperado el 07 de Mayo de 2018, de

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/93860/Guia_aire_comprimido.pdf

Corona Gómez, H. (2007). *Ahorro de Energía en los Sistemas Neumáticos Industriales (Tesis de Maestría)*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.

Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed.). Mexico: McGraw-Hill.

Instituto Costarricense de Electricidad. (s.f.). *Buenas Prácticas de Eficiencia Energéticas para aire comprimido*. Obtenido de Grupo ICE:
<https://www.grupoice.com>

Jiménez Solís, E. (2014). *Evaluación y mejora del sistema de aire comprimido de la Planta de Fibrocemento de Plycem (Tesis de Licenciatura)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Kaeser. (2015). *Guía de instalación de sistemas de aire comprimido*. Mexico: Kaeser compressors.

Monge, O. (2017). *Presentaciones del Curso de Laboratorio de Turbomáquinas*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ortega, A. (Junio de 2011). Una fuente de energía con un gran potencial de ahorro. *Automática e Instrumentación*(430), 56-59.

Solano Zuñiga, F. (2017). *Evaluación y rediseño de la red de distribución de aire comprimido de la empresa Extralum (Tesis de Licenciatura)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Universidad de Oviedo. (2006). *Instalación de aire comprimido*. Guijón, España: Área de Mecánica de Fluidos.