



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

**MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE
ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA**

ERICK ALEXANDER ARGUETA LÓPEZ

Asesorado por el Ing. Jorge Gilberto González Padilla

Guatemala, abril de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE
ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK ALEXANDER ARGUETA LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE GILBERTO GONZÁLEZ PADILLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

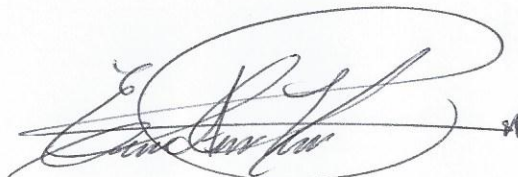
| | |
|-------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |
| EXAMINADOR | Ing. Roberto Guzmán Ortiz |
| EXAMINADOR | Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández |
| SECRETARIO | Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica, con fecha 1 de agosto de 2016.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Erick Alexander Argueta López', enclosed within a large, loopy oval flourish.

Erick Alexander Argueta López

Guatemala, 11 de octubre de 2017

Ingeniero

Roberto Guzmán Ortiz

Director de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería Mecánica

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que habiendo asesorado al estudiante Erick Alexander Argueta López con registro académico No. 2007-14685 y CUI 2299 87168 0101, en el trabajo de graduación **"MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA"** y llenando este los objetivos trazados, extendiendo la aprobación del mismo.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.

Jorge Gilberto González Padilla
INGENIERO ELECTRICISTA
No. DE COLEGIADO 9055

Ingeniero Jorge Gilberto González Padilla



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.096.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA** desarrollado por el estudiante **Erick Alexander Argueta López**, CUI **2299871680101**, Registro Académico **200714685** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala abril de 2018

/aej



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.308.2017

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA** desarrollado por el estudiante **Erick Alexander Argueta López**, CUI **2299871680101**, Registro Académico **200714685** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

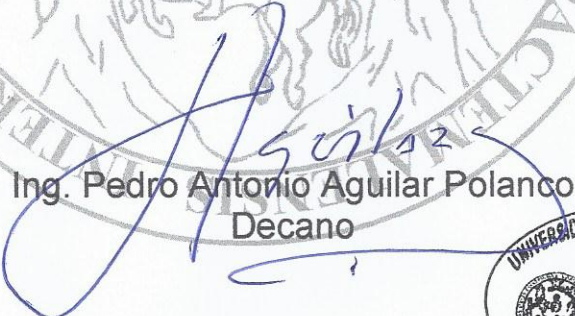


Guatemala, octubre 2017

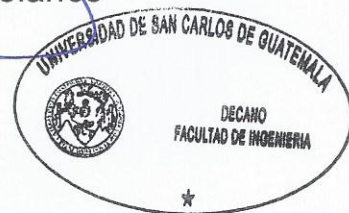


El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE DE MAQUINARIA E INSTALACIONES DE UNA PLANTA DE ACCESORIOS Y CARNADAS DE PESCA**, presentado por el estudiante universitario: **Erick Alexander Argueta López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2018



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida a través de mis padres, por estar presente en todo momento y brindarme la fortaleza y perseverancia para alcanzar mis objetivos.
- Mis padres** Por su amor, enseñanza, sacrificio, confianza, esfuerzo y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.
- Mi esposa** Por su amor, paciencia, respeto, lucha constante, dedicación diaria, sacrificio y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.
- Mis hermanos** Por su amor, enseñanza, confianza, cuidados, apoyo incondicional y ejemplo de vida.
- Mi hijo** Por tu amor y por ser la causa, junto a tu mamá, de mi perseverancia diaria en darte un ejemplo diario para que seas un hombre de bien.
- Mis sobrinos** Especialmente para ustedes, que sirva como motivación para que hagan cosas grandes en sus vidas.

Amigos

Por el apoyo en los momentos buenos y malos de la carrera, a todas las personas que me apoyaron en la buenas y en las malas.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|--|---|
| La Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser la casa que me brindó los conocimientos para alcanzar el triunfo. |
| Facultad de Ingeniería | Por brindarme la enseñanza para poder ejercer mi profesión. |
| Dios | Por acompañarme en todas las decisiones de mi vida. |
| Mi familia | Por el apoyo incondicional. |
| Mi esposa | Por su apoyo incondicional y su amor para que siguiera con mis sueños. |
| Mis amigos | Por el apoyo y motivación diaria. |
| Ing. Gilberto González | Por su asesoría y apoyo a lo largo de la elaboración de mi trabajo de graduación. |
| Organización AMSISA | Por abrirme las puertas para realizar mi trabajo de graduación. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| TABLAS..... | XIII |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | XV |
| GLOSARIO..... | XVII |
| RESUMEN..... | XIX |
| OBJETIVOS..... | XXI |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIII |
| | |
| 1. CONCEPTOS BÁSICOS..... | 1 |
| 1.1. Desmontaje de equipo..... | 1 |
| 1.1.1. Análisis del entorno | 1 |
| 1.1.2. Entorno físico..... | 1 |
| 1.1.3. Estructuración de un desmontaje | 2 |
| 1.2. Montaje de equipo | 2 |
| 1.2.1. Requerimientos y restricciones del montaje | 3 |
| 1.2.2. Planificación..... | 3 |
| 1.2.3. Evaluación | 4 |
| 1.2.4. Análisis de espacio técnico..... | 4 |
| 1.2.5. Análisis de espacio físico..... | 4 |
| 1.2.6. Verificación de calidad, revisión, codificación, corrección de equipos..... | 5 |
| 1.3. Sistema de aire comprimido | 5 |
| 1.3.1. Elementos básicos de instalación de aire comprimido | 5 |
| 1.3.2. Compresor..... | 6 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.3.3. | Compresor Alternativo o Reciprocante (CDP)..... | 6 |
| 1.3.4. | Compresor de Paletas Deslizantes (CDP) | 8 |
| 1.3.5. | Compresor de Lóbulos (CDP) | 8 |
| 1.3.6. | Compresor de Husillo o de Tornillo (CDP) | 9 |
| 1.3.7. | Compresor Centrifugos (TC) | 10 |
| 1.3.8. | Tanque | 10 |
| 1.3.9. | <i>Aftecooler</i> | 10 |
| 1.3.10. | Deshumidificador..... | 12 |
| 1.3.11. | Líneas de suministro de aire comprimido..... | 12 |
| 1.4. | Sistema de potencia eléctrica | 14 |
| 1.4.1. | Conceptos básicos de potencia..... | 15 |
| 1.4.2. | Sistema de distribución | 16 |
| 1.4.3. | Sistema de distribución primaria | 16 |
| 1.4.4. | Funciones y partes principales de panel de distribución electrico..... | 17 |
| 1.4.4.1. | Distribuir | 17 |
| 1.4.4.2. | Controlar..... | 18 |
| 1.4.4.3. | Proteger..... | 18 |
| 1.4.5. | Las principales partes del panel de distribución..... | 18 |
| 1.4.5.1. | Conductores alimentadores..... | 18 |
| 1.4.5.2. | Interruptor principal | 19 |
| 1.4.5.3. | Disyuntores de circuito ramal | 19 |
| 1.4.5.4. | Disyuntores de circuito ramal | 19 |
| 1.4.5.5. | Barra de neutro | 19 |
| 1.4.5.6. | Barra de tierra | 20 |
| 1.4.6. | Normalización..... | 21 |
| 1.4.6.1. | Conductores de tierra..... | 21 |
| 1.4.6.2. | Conductor neutro..... | 22 |
| 1.4.6.3. | Conductor fase | 22 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.5. | Instalación de gas propano (GLP) | 22 |
| 1.5.1. | Inflamabilidad y comubustion..... | 23 |
| 1.5.2. | Presiones de utilización más usuales de los GLP .. | 23 |
| 1.5.3. | Instalación de sistema vacío..... | 24 |
| 1.5.4. | Conceptos básicos en tecnología de vacío..... | 25 |
| 1.6. | Plan maestro de mantenimiento | 26 |
| 2. | MONTAJE DE MAQUINARIA Y EQUIPO | 29 |
| 2.1. | Cálculo y descripción de montaje en la industria..... | 29 |
| 2.2. | Manipulación | 30 |
| 2.3. | Preservación..... | 33 |
| 2.4. | Nivelación | 34 |
| 2.5. | Vibraciones..... | 35 |
| 2.6. | Causas más frecuentes de vibraciones en las máquinas | 35 |
| 2.6.1. | Desequilibrio | 36 |
| 2.6.2. | Alineación incorrecta / Descontracción del ojo | 36 |
| 2.6.3. | Desgaste..... | 36 |
| 2.6.4. | Holgura | 38 |
| 3. | SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO..... | 39 |
| 3.1. | Montaje de compresor de tornillo Ingresoll Rand | 39 |
| 3.1.1. | Mantenimiento preventivo..... | 41 |
| 3.1.1.1. | Cambio de aceite de tornillo | 41 |
| 3.1.1.2. | Cambio de filtros..... | 44 |
| 3.1.1.3. | Lavado de radiador..... | 45 |
| 3.1.1.4. | Cambio de contador y guarda motor en parte eléctrico | 46 |
| 3.1.1.5. | Instalación de voltaje 460 trifásico | 48 |
| 3.1.1.6. | Factor de potencia | 49 |
| 3.1.1.7. | Limpieza de dispositivo d graduación de tornillo de flujo y presión | 52 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.2. | Tubería y accesorios para aire comprimido | 53 |
| 3.2.1. | Tubería principal..... | 56 |
| 3.2.2. | Tubería secundaria y tubería de servicio..... | 57 |
| 3.2.3. | Pérdida de presión de algunos dispositivos | 57 |
| 3.2.4. | Tipo de accesorios utilizados en la instalación..... | 57 |
| 3.2.4. | Tipo de accesorios utilizados en la instalación..... | 58 |
| 3.2.5. | Análisis de sistema de tubería abierto y cerrado para realizar instalación en la planta de accesorios y carnadas de pesca | 59 |
| 3.2.6. | Inclinación de tubería | 63 |
| 3.2.7. | Diseño de red..... | 63 |
| 3.3. | Filtro de purificación de aire comprimido KAESER | 64 |
| 3.4. | Secador refrigerativo | 67 |
| 3.5. | Análisis de consumo de CFM por totalidad de máquinas..... | 71 |
| 3.6. | Instalación de tubería..... | 73 |
| 4. | SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO | 81 |
| 4.1. | Sistema de potencia estrella en primario y delta secundario ... | 81 |
| 4.2. | Banco de transformadores estrella – delta Y – Δ , 460 voltios, 3 ϕ | 82 |
| 4.3. | Subestación de distribución de potencia, delta-estrella para sistemas trifásicos en 208 voltios..... | 88 |
| 4.4. | Análisis de distribución de cargas 120/208 3 ϕ | 91 |
| 4.4.1. | Área de fundición de plomo. Tablero A, Figura 69 .. | 91 |
| 4.4.2. | Área de pintura electrostática-Power Cooling. Tablero B, Figura 69..... | 92 |
| 4.4.3. | Área de pintura por aerógrafo. Tablero C, Figura 69 | 91 |
| 4.4.4. | Área de decorado, impresión y estampado. Tablero D, Figura 69 | 95 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.4.5. | Área de empaque. Tablero E, Figura 69..... | 96 |
| 4.4.6. | Área de inyectoras. Tablero F, Figura 69 | 97 |
| 4.4.7. | Área de oficinas. Tablero G, Figura 69 | 97 |
| 4.4.8. | Área de iluminación con lámparas de tubo florecientes de 96 pulgadas | 97 |
| 4.5. | Instalación de cargas eléctricas..... | 100 |
| 5. | SISTEMA DE GAS PROPANO | 107 |
| 5.1. | Análisis de consumo de gas..... | 107 |
| 5.2. | Distribución de tubería de gas propano | 110 |
| 5.3. | Instalación suministrada desde cilindros GLP en el exterior.. | 114 |
| 5.4. | Instalación de consumo de succión de vacío | 117 |
| 5.5. | Tubería de vacío..... | 119 |
| 5.6. | Distribución de tubería al vacío | 121 |
| 6. | PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO | 123 |
| 6.1. | Plan maestro de mantenimiento | 125 |
| 6.2. | Instrutivo de mantenimiento..... | 128 |
| 6.3. | Registro de mantenimiento..... | 131 |
| 6.4. | Registro de operación..... | 133 |
| | CONCLUSIONES..... | 135 |
| | RECOMENDACIONES..... | 137 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 139 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Elementos básicos de una instalación de aire comprimido | 6 |
| 2. | Compresor alternativo o reciprocante..... | 7 |
| 3. | Sistema compresor alternativo o reciprocante por etapas..... | 7 |
| 4. | Compresor de Paletas Deslizantes (CDP) | 8 |
| 5. | Compresor de Lóbulos (CDP) | 9 |
| 6. | Compresor de Husillo o de Tornillo (CDP) | 9 |
| 7. | Compresor Centrífugo (TC)..... | 10 |
| 8. | Sistema de <i>aftercooler</i> | 12 |
| 9. | Figura de pendiente de tubería | 13 |
| 10. | Esquema para una instalación de aire comprimido | 14 |
| 11. | Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico | 15 |
| 12. | Estructura física de un sistema de distribución típico | 17 |
| 13. | Instalación eléctrica para oficinas..... | 18 |
| 14. | Partes de un tablero industrial | 20 |
| 15. | Tablero industrial con interruptores térmicos..... | 20 |
| 16. | Fosa de tierra de planta de accesorios y carnadas de pesca..... | 21 |
| 17. | Flujo turbulento..... | 25 |
| 18. | Flujo laminar | 26 |
| 19. | Entrada de contenedores procedentes de México con maquinaria | 29 |

| | |
|---|----|
| 20. Descarga de equipos procedentes de México | 30 |
| 21. Manipulación de los equipos con descarga con personal de la empresa | 31 |
| 22. Manipulación de los equipos con montacargas..... | 31 |
| 23. Manipulación de los equipos con ruedas dentro de la planta..... | 32 |
| 24. Manipulación de equipos con cuerdas y tarimas. La máquina se coloca en una base de tarimas para sujetar con lazos para que salga | 32 |
| 25. Manipulación de equipos con cuerdas, tarimas, montacargas y contenedor de transporte | 33 |
| 26. Manipulación de equipos con montacargas | 33 |
| 27. Preparación de concreto para nivelación de piso en la planta | 34 |
| 28. Sistema de secado de carnada de pintura electrostática, el cual está conformado con cadena de movimiento, chumaceras y <i>sprockets</i> | 37 |
| 29. Ficha técnica de compresor Ingersoll Rand de 50hp | 39 |
| 30. Compresor Ingersoll Rand | 40 |
| 31. Manómetros de temperatura de aceite, presión de generación de temperatura de aire y horómetro | 41 |
| 32. Resistencia del aceite con respecto al tiempo de trabajo | 42 |
| 33. Grado de fluidez del aceite Compro XL-S, según viscosidad | 44 |
| 34. Filtro separador de aire. Aceite de compresor Ingersoll rand..... | 45 |
| 35. Lavado de radiador de compresor | 45 |
| 36. Desincrustante Coilux-1 para limpieza de radiadores | 46 |
| 37. Parte eléctrica de compresor Ingersoll Rand, con conexión de 460 voltios Trifásicos | 47 |
| 38. Modificación de conexión eléctrica con contactor y guardamotor | 47 |
| 39. Triángulo de factor de potencia..... | 50 |
| 40. Parte mecánica de compresor Ingersoll Rand | 52 |
| 41. Instalación de compresor Ingersoll Rand en cuarto de máquinas..... | 53 |

| | |
|--|----|
| 42. Partes de sistema de aire comprimido de empresa dedicada a accesorios y carnadas de pesca..... | 54 |
| 43. Secador refrigerativo marca Kaeser | 55 |
| 44. Instalación de aire comprimido en el área de decorado, tubería instalada desde la parte de arriba | 58 |
| 45. Ramal de aire comprimido diseñado con 2 “T” de hierro galvanizado 4 tomas rápidas de aire, 1 llave de paso para cerrar paso de aire y llave de paso para realizar la purga programada..... | 59 |
| 46. Posibles configuraciones de las redes de aire vistas desde arriba | 60 |
| 47. Dirección del flujo en una red cerrada para una demanda característica. | 62 |
| 48. Tipo de redes suministradas por compresores recomendadas por Kaeser (compresores)..... | 65 |
| 49. Secador refrigerativo marca Kaeser | 67 |
| 50. Sistema de operación de secador refrigerativo Kaeser | 69 |
| 51. Gráfica de presión Vrs. Por día | 72 |
| 52. Gráfica CFM Vrs. Tiempo..... | 73 |
| 53. Tubería utilizada en la instalación de aire comprimido..... | 74 |
| 54. Plano de bodega A. Áreas de plomo, inyección, metalizado y pintura en polvo | 77 |
| 55. Plano de bodega B. Áreas de empaque y pintura por aerógrafo..... | 78 |
| 56. Bodega C. Área de empaque 2 | 79 |
| 57. Banco de transformadores de planta de accesorios y carnadas de pesca conexión Y- Δ | 81 |
| 58. Instalación de tablero principal | 85 |
| 59. Tablero principal con fusibles de protección de 300 amperios | 86 |
| 60. Subestación de planta de carnadas y anzuelos de pesca..... | 88 |
| 61. Transformador seco en conexión delta de 460 voltios a estrella de 208 voltios trifásica | 89 |

| | |
|--|-----|
| 62. Área de fundición y moldeo de plomo | 91 |
| 63. Área de pintura en polvo | 93 |
| 64. Área de pintura en aerógrafo. Bodega B..... | 95 |
| 65. Área de impresión de carnadas y accesorios de pesca | 96 |
| 66. Tipo de instalación por canaleta para realizar la distribución de líneas de alimentación | 96 |
| 67. Tablero de distribución en área de decorado..... | 102 |
| 68. Tablero utilizado de fundición de plomo, pintura en polvo, inyectoras y área de empaque..... | 102 |
| 69. Plano de colocación de tableros en planta de carnadas | 106 |
| 70. Tanque de gas de la planta de carnadas y accesorios. Tanque instalado en área de máquinas..... | 108 |
| 71. Quemador de crisol de gas propano | 109 |
| 72. Quemador de panel utilizado en secado de pintura electrostática | 110 |
| 73. Ubicación de tubería de GLP, áreas de utilización de GLP | 111 |
| 74. Tubería de distribución de GLP..... | 111 |
| 75. Nomenclatura utilizada en instalaciones de GLP o gas propano | 113 |
| 76. Limitadores de presión y llaves de corte | 113 |
| 77. Utilización de regulador de presión, llaves de paso y accesorios como uniones universales..... | 114 |
| 78. Diagrama de instalación de uno o varios aparatos en la planta de carnadas y accesorios de pesca. Fue utilizada la instalación de aparatos por tener varios procesos de gas propano | 115 |
| 79. Los quemadores de panel están conectados en doble escalonamiento | 117 |
| 80. Sistema de vacío de planta de carnadas y accesorios de pesca | 118 |
| 81. Manómetro de vacío, utilizado en máquinas de succión de barniz | 119 |
| 82. Sistema de tubería de vacío en área de decorado..... | 120 |

| | |
|---|-----|
| 83. Realización de trampa de vacío | 121 |
| 84. Función de trampa de vacío | 121 |
| 85. Distribución de la tubería PVC de la planta | 122 |
| 86. Área de decorado | 124 |
| 87. Área de pintura por aerógrafo | 124 |
| 88. Área de pintura en polvo | 125 |
| 89. Panel de encendido de equipo | 130 |
| 90. Registro de mantenimiento de equipo..... | 132 |
| 91. Registro de operación de equipo..... | 134 |

TABLAS

| | | |
|--------|--|----|
| I. | Valores característicos básicos de los GLP comerciales..... | 23 |
| II. | Tipo de instalaciones de almacenamiento..... | 24 |
| III. | Rangos de vacío..... | 24 |
| IV. | Datos adicionales del compresor Ingresoll Rand, para instalación de tubería de alimentación de planta..... | 40 |
| V. | Fórmulas demostrativas para sacar datos teóricos y comparación con datos reales 50..... | 48 |
| VI. | Tabla de selección de cable eléctrico para conexión eléctrica..... | 51 |
| VII. | Tipo de tubería utilizada en la distribución de aire comprimido..... | 56 |
| VIII. | Características de Filtro KOR instalado en sistema de aire de planta de accesorios y carnadas de pesca | 66 |
| IX. | Condiciones ambientales de secador Kaeser..... | 68 |
| X. | Presión máxima de sistema de aire comprimido Kaeser..... | 68 |
| XI. | El secador refrigerativo contiene un agente refrigerante clasificado por el protocolo de Kioto como un gas fluoridizado que no contribuye al calentamiento global..... | 68 |
| XII. | Nivel acústico de la presión..... | 69 |
| XIII. | Especificación del suministro eléctrico..... | 69 |
| XIV. | Datos técnicos del compresor..... | 71 |
| XV. | Código de colores utilizado en México para instalaciones de fluidos..... | 75 |
| XVI. | Ecuaciones de transformación de voltaje de transformadores..... | 82 |
| XVII. | Consumo de amperaje de equipos conectados en 460V (trifásico).... | 87 |
| XVIII. | Consumo de amperios para carga 3ø en el área de plomo..... | 92 |
| XIX. | Consumo de corriente en área de pintura en polvo..... | 93 |
| XX. | Consumo de amperaje en el área de pintura..... | 94 |
| XXI. | Consumo de amperaje en área de decorado..... | 95 |
| XXII. | Consumo de amperaje en área de empaque..... | 96 |

| | | |
|---------|--|-----|
| XXIII. | Consumo de amperaje en área de inyección..... | 97 |
| XXIV. | Consumo de amperaje en área de oficinas..... | 97 |
| XXV. | Consumo de lámparas en bodegas. Tablero H, figura 69..... | 98 |
| XXVI. | Sumatoria total de corrientes en las plantas..... | 98 |
| XXVII. | Tipo de terminales que se utilizan para tableros principales..... | 103 |
| XXVIII. | Distancia de tablero principal a tableros de distribución de áreas de producción..... | 104 |
| XXIX. | Distancia y calibre de cable a utilizar..... | 105 |
| XXX. | Resumen de datos de quemador instalado en crisol de gas | 108 |
| XXXI. | Análisis de consumo diario de quemador de panal | 109 |
| XXXII. | Material de tubería para GLP o gas propano | 112 |
| XXXIII. | Material de tubería para GLP o gas propano | 112 |
| XXXIV. | La implementación de los dos tipos de escalonamiento en instalaciones de GLP o gas propano | 116 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|---------------------------|---|
| Btu | Cantidad de calor necesario |
| C/U | Cada uno |
| Cfm | Centímetros cúbicos por minuto |
| CDP | Compresor de desplazamiento positivo |
| I | Corriente |
| Cos | Coseno |
| dB | Decibeles |
| FP | Factor de potencia |
| GLP | Gas licuado del petróleo. Es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo |
| °C | Grados centígrados |
| °F | Grados Fahrenheit |
| Hz | Hertz |
| h | Horas |
| J/S | Joule por segundos |
| Kgf/cm² | Kilogramos fuerza sobre centímetros cuadrados |
| KV | Kilo voltios |
| KVA | Kilo voltios amperios |
| Psi | Libra por pulgada cuadrada |
| Lt. | Litro |

| | |
|-------------|------------------------|
| MVA | Mega voltios amperios |
| m | Metro |
| mmHg | Milímetros de mercurio |
| min | Minuto |
| Ppm | Partículas por millón |
| π | Pi. 3,1416 |
| % | Porcentaje |
| Plg | Pulgadas |
| seg | Segundos |
| + | Suma |
| Tc | Turbo compresor |
| V | Voltios |
| W | Watts |
| 3ø | 3 fases |

GLOSARIO

| | |
|--------------------|---|
| Acrónico | Hace referencia al astro que nace y se opone a la decadencia o al descenso de la misma secuencia que el sol. |
| Aislamiento | Acción y resultado de evitar o disminuir la programación de un fenómeno como el calor, el sonido o la electricidad, por medio de un material. |
| Armónicos | Son frecuencias múltiplos de la frecuencia que son corrientes que recaen en el neutro. |
| Asimetría | La asimetría es una propiedad de determinados cuerpos que indica que sus partes no tienen la misma distribución. |
| Atomizar | Pulverizar un líquido en partículas muy pequeñas. |
| Coadyuvar | Contribuir o ayudar a la consecución de una cosa. |
| Coalescente | Que forma una sola pieza, aunque esté compuesto por piezas de orígenes distintos. |
| Condensar | Hacer más densa o espesa una sustancia. |

| | |
|------------------------|---|
| Delta | Conexión eléctrica para un grupo de tres transformadores de banco de transformadores. |
| Desgasificación | Es el retiro de disuelto de gases de líquidos, especialmente agua o soluciones acuosas. |
| Destilación | Proceso por el cual la sustancia volátil de una mezcla se separa de otra que no lo es, mediante evaporación y posterior condensación de la misma. |
| Estructura | Forma de organización de las partes de un todo. |
| Holgura | Dimensión superior a la necesaria o conveniente. |
| Huelgo | Espacio vacío que queda entre dos cosas que están encajadas una dentro de la otra. |
| Impedancia | Resistencia aparente de un circuito dotado de capacidad y autoinducción al flujo de una corriente eléctrica alterna. |
| Intercooler | Radiador de aire-aire o aire-agua que se encarga de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor o sobre alimentador. |
| Lóbulos | Objetos de forma redonda que se utilizan para crear movimiento positivo dentro de una bomba. |

| | |
|--------------------------|---|
| Mantenimiento | Operación necesaria para mantener el funcionamiento correcto de algo. |
| Monofásico | Sistema eléctrico que está formado por una o dos fases. |
| Pericia | Habilidad para resolver con acierto, facilidad y rapidez algo que entraña cierta dificultad. |
| Producción | Fabricación o elaboración de un producto. |
| Punto de rocío | El punto de rocío o temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, neblina o cualquier tipo de nube. |
| Sistemas radiales | Sistemas de distribución eléctricos para distribución. |
| Subestaciones | Son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores. |
| Supremamente | De una manera suprema o en un grado supremo. |
| Trifásico | Sistema eléctrico que tiene tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador. |

RESUMEN

En la elaboración de una instalación de una planta dedicada a anzuelos y carnadas de pesca, se ejecuta un plan de instalación que se debe definir para saber cuáles son los servicios que se van a utilizar en la producción e iniciar el proyecto de instalación en la empresa guatemalteca estudiada en este trabajo.

La empresa es una fusión de una empresa guatemalteca ubicada en el municipio de Amatitlán y una empresa mexicana ubicada en Nuevo Laredo. La empresa mexicana cerró operaciones en México por el aumento de impuestos. Esto ocasiona que, por la fusión de las empresas, se envíe maquinaria, materias primas, estanterías, tuberías de servicios, tableros eléctricos, material de empaque, hacia Guatemala para crear una nueva empresa. La empresa guatemalteca fue la encargada de ubicar nuevas instalaciones para realizar el traslado hacia otras bodegas, para tener una sola ubicación de los equipos de Guatemala y los procedentes de México. Esto permitió que se contratara personal capacitado para realizar el proyecto de traslado de todos los equipos.

El personal contratado para el proyecto de instalación debe entender que es un proyecto que inicia de cero, por lo cual, al tener el conocimiento de los servicios que se necesitan, inicia con un plan de trabajo en el cual está proyectado recibir contenedores de México. Es necesario también reconocer cuáles equipos necesitan los servicios de electricidad, aire comprimido, vacío y gas propano, para realizar las respectivas instalaciones e iniciar operaciones. Se debe realizar un análisis del material a utilizar en la instalación, así como crear metas de trabajo para iniciar en la fecha determinada y no atrasar procesos de producción por necesitar equipo aún no instalado.

OBJETIVOS

General

Trasladar la planta de Guatemala a otra ubicación, adecuada para el crecimiento de la misma, así como modificar los servicios que necesitan las máquinas procedentes de México, o crear nuevos si son necesarios, con una correcta planeación de las actividades para coordinar con producción, por tener una porción de la planta en operación, lo cual puede afectar la producción.

Específicos

1. Analizar el montaje e instalación en una planta nueva, reconocer qué tipo de equipos se van a instalar, así como los conceptos de desmontaje, montaje, aire comprimido, vacío, gas propano e instalaciones eléctricas. Un cálculo del montaje es necesario para reconocer los diferentes conceptos que se van a utilizar, como: manipulación de equipo, prevención de accidentes, nivelación de pisos con las máquinas y reconocer cómo se solucionarán los problemas de vibración con respecto a los equipos.
2. Modificar el sistema eléctrico de un servicio trifásico 240V en delta abierta, a un sistema trifásico 460V con conexión estrella-delta, para un aumento de potencia eléctrica a utilizar por la expansión de la planta.
3. Modificar la tubería del sistema de aire comprimido en la planta, aumentando las dimensiones de la tubería para la distribución de aire por áreas a instalar, por la instalación de un compresor de 50Hp.

4. Modificar el sistema de gas propano que se utiliza para fundición de plomo para moldear y secado de pintura electroestática.
5. Creación de un sistema de tubería PVC para succión en área de decorado.
6. Realizar instructivos de mantenimiento, registros de mantenimiento y registros de operación para los equipos de la planta, para realizar auditorías al Departamento de Mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Esta es una planta dedicada a accesorios de pesca que estaba ubicada en Nuevo Laredo, México, la cual fue trasladada hacia Guatemala por motivos de impuestos de exportación. De México a los Estados Unidos de Norte América los impuestos de exportación son mayores, por no haber un tratado de libre comercio entre los dos países. La estrategia del traslado de la planta fue asociarse con una planta también dedicada a accesorios de pesca, que estaba ubicada en Guatemala, para tener mejores beneficios de exportación por los bajos costos que se tienen en los impuestos de exportación de maquila en Guatemala.

Por el motivo del traslado inminente de la planta hacia Guatemala surgió la necesidad de tener un equipo adecuado en el área de mantenimiento, el cual tiene que tener los conocimientos de diferentes áreas de la ingeniería, como área de potencia eléctrica en servicios trifásicos y monofásicos, instalaciones mecánicas, montaje, mantenimientos de equipo, manuales de instalación, manuales de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de los equipos exportados hacia Guatemala.

En traslados e instalación de plantas, el Departamento de Mantenimiento es el encargado de trabajar con el gerente en cotizaciones para hacer la compra de materiales a utilizar en las diferentes instalaciones, mismas que se harán en las diferentes áreas que se tiene en una planta de accesorios de pesca.

En el primer capítulo de este trabajo se establecen los conceptos básicos de los servicios que debe cumplir una planta de carnadas y accesorios de pesca.

En el segundo se presenta el desmontaje de la maquinaria procedente de México, y también las diferentes formas para descargar contenedores.

El tercer capítulo muestra uno de los procesos importantes en la instalación de la empresa, por ser su principal servicio el aire comprimido, el cual necesita en toda su producción. El cuarto capítulo presenta el diseño de la distribución eléctrica de la planta, importante para otro servicio de importancia.

El capítulo quinto muestra también dos servicios primarios que no son utilizados en todas las áreas de producción sino en ciertos procesos: el sistema de gas propano y la succión por vacío, los cuales son importantes para generar otras líneas de carnadas y accesorios de pesca. Por último, el capítulo sexto proyecta la implementación de un plan maestro de mantenimiento que indica la creación de instructivos de los equipos con los que cuenta la empresa, mediante un registro de mantenimiento de los equipos y un registro de operación de las máquinas.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. Desmontaje de equipo

Es la unidad de factores humanos, naturales, tecnológicos y capital cuya función es transformar recursos, producir bienes o servicios y comercializarlos para que satisfagan necesidades y generen beneficios. El montaje industrial es un desafío permanente al ingenio; suele desarrollarse en condiciones geográficas complejas o debe conectarse la nueva estructura con una ya existente, y con plazos bastante restringidos por los elevados montos de inversión comprometidos. Hay una diferencia sustantiva con las obras civiles, son muy pocas oportunidades en las que el trabajo puede repetirse, tener el conocimiento específico y poder replicarlo en algún proyecto posterior de similares características, y que además sea más o menos contemporáneo.

1.1.1. Análisis del entorno

Se refiere a factores externos a la empresa del montaje y que tienen implicaciones sobre la estructuración de la organización administrativa del terreno. En ciertos casos, condicionan la faena de trabajo, ya sea por restricciones impuestas o por los requisitos que deben cumplirse. La empresa debe estar preparada de antemano para adaptarse a estos requerimientos.

1.1.2. Entorno físico

Se refiere al medio físico y sus principales características:

- Clima
- Tipo de suelo
- Características regionales, económicas, demográficas
- De infraestructura y equipamiento básico

1.1.3. Estructuración de un desmontaje

El desarrollo de una obra de desmontaje es una tarea compleja en Guatemala, pues no existen organismos que regulen explícitamente esta actividad, ni existe información sistematizada disponible al respecto de desmontaje o montaje. Por ese motivo se describirá un proceso de proyecto de montaje, el que pretenderá describir las sucesivas etapas de ejecución desde su concepción hasta su realización en terreno.

1.2. Montaje de equipo

El trabajo de montaje industrial implica el desarrollo de varias etapas, tanto técnicas como administrativas, lo cual puede definirse como planificación técnica previa a la obra, que permitirá y respaldará las decisiones en relación al trabajo, entendiendo que un error, en al menos una de estas etapas, desencadenará un sinnúmero de falencias y desventajas a futuro, afectando el buen proceso de la obra.

Se menciona dentro de las etapas de ejecución del montaje: el análisis de espacio físico, aludiendo a la función del ingeniero en el desarrollo de esta fase, así como a su importancia para precisar la exacta posición de los elementos que existen en el montaje, partiendo de la nivelación del terreno hasta la instalación definitiva a fin de prever deficiencias en el proyecto.

En definitiva, este trabajo permite conocer cada una de las etapas del montaje industrial, su importancia, requisitos técnicos, administrativos, etc., pasando desde las etapas más básicas de un montaje hasta su finalización y el desarrollo que ha tenido la planta.

1.2.1. Requerimientos y restricciones del montaje

El inicio de todo proyecto una vez identificada la idea central consiste en recopilar antecedentes. Por ello, la primera tarea es determinar las necesidades del demandante respecto a la calidad, costo y plazo del proyecto, estableciendo una jerarquía cualitativa entre ellos. Se establecen ubicaciones estimadas para fijar una idea de la envergadura de la futura faena, paralelamente se recopilan antecedentes previos de empresa. Junto a los generales, deben investigarse aquellos ligados a la ubicación geográfica y a las condiciones locales.

1.2.2. Planificación

Con base en los supuestos y estimaciones definidos en la etapa anterior se construye un plan general. A través de este se intenta visualizar el posible funcionamiento del montaje y los posibles métodos para hacerlo. En cada obra particular, dependiendo específicamente de la naturaleza de los elementos principales y secundarios, se puede utilizar equipos distintos.

En general, es un conjunto de condiciones que determina el equipo; así se puede observar los plazos y costos la envergadura de los elementos estructurales (accesibilidad de equipos), entre otros factores. Una vez determinado el equipo y el procedimiento más adecuado de montaje, se debe definir la capacidad de este, con base en el tamaño y peso de los miembros de condiciones extremas.

1.2.3. Evaluación

Evaluar el plan general implica hacer un análisis de sensibilidad del proyecto con respecto a sus principales componentes. Es recomendable verificar los efectos de disponer de mayor o menor cantidad de recursos, equipos, mano de obra, financiamientos, recepciones. Esta etapa de evaluación es el momento adecuado para chequear los supuestos hechos en la programación. Se obtiene valiosas conclusiones que alimenta la siguiente etapa.

1.2.4. Análisis de recursos técnicos

En esta etapa corresponde la elección de los equipos que se usarán. Otro aspecto importante dentro de la planificación técnica previa a la obra es el análisis de maniobras y verificaciones de espacios suficientes (altura máxima en caso de espacios cerrados) radios de giro permitido, personal capacitado para el montaje de equipos y capacidad de levante.

1.2.5. Análisis del espacio físico

Se tienen estos grandes puntos de incidencia en el terreno en la planificación del trabajo:

- Acceso a la obra.
- Disponibilidad de espacio en los patios.
- Se procede a hacer la planeación del montaje de los equipos que conformarán la planta.
- Se procede al análisis de la instalaciones que se van a utilizar para que trabaje la planta como instalaciones eléctricas, instalaciones neumáticas, instalaciones de vacío e instalación de gas propano.

1.2.6. Verificación de calidad, revisión, codificación, corrección de equipos

Esta etapa verifica la codificación de elementos. Es frecuente en una actividad como el montaje detectar la necesidad de reparaciones en equipos a instalar. Por desperfectos durante el transporte, carga o manipulación y errores del proyecto.

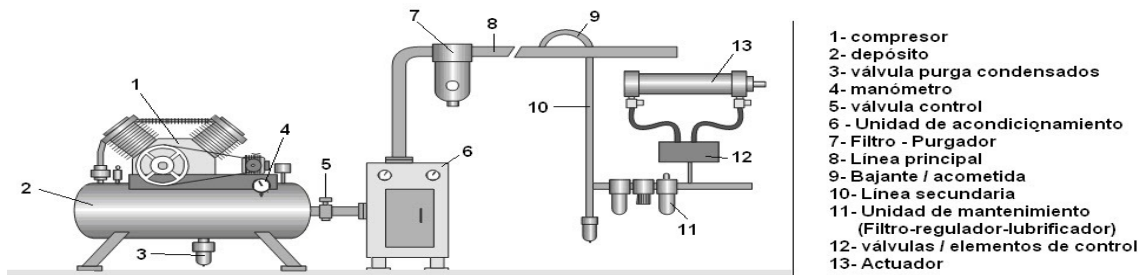
1.3. Sistema de aire comprimido

El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. En otras ocasiones se emplea para atomizar o aplicar *sprays* de barnices o pinturas, que de otra forma son difíciles de bombear. Es necesaria una instalación de aire comprimido para una nave industrial, detallando sus elementos básicos y dimensionándolos en función de los consumos y características requeridas.

1.3.1. Elementos básicos de instalación de aire comprimido

En cuanto al esquema básico de una instalación de aire comprimido para una nave industrial, los elementos principales que la componen son el compresor (que incluye normalmente un depósito de almacenamiento de aire comprimido), el enfriador (*aftercooler*), un deshumidificador (separador), las líneas de suministro y los puntos de consumo con su regulador y filtro.

Figura 1. Elementos de instalación de aire comprimido



Fuente: *Elementos de instalación de aire comprimido*.

sites.google.com/site/0013mariamc/home/distribucion-y-acondicionamiento-del-aire-comprimido.

Consulta: 2017.

1.3.2. Compresor

El compresor aspira aire de la atmósfera y lo comprime en un volumen más pequeño, almacenándolo después normalmente en un depósito. Básicamente, hay cinco tipos de compresores de aire que se emplean en la industria, que se agrupan a su vez dentro de dos grandes familias: compresores de desplazamiento positivo (CDP) y compresores rotodinámicos o turbocompresores (TC).

1.3.3. Compresor Alternativo o Reciprocante (CDP)

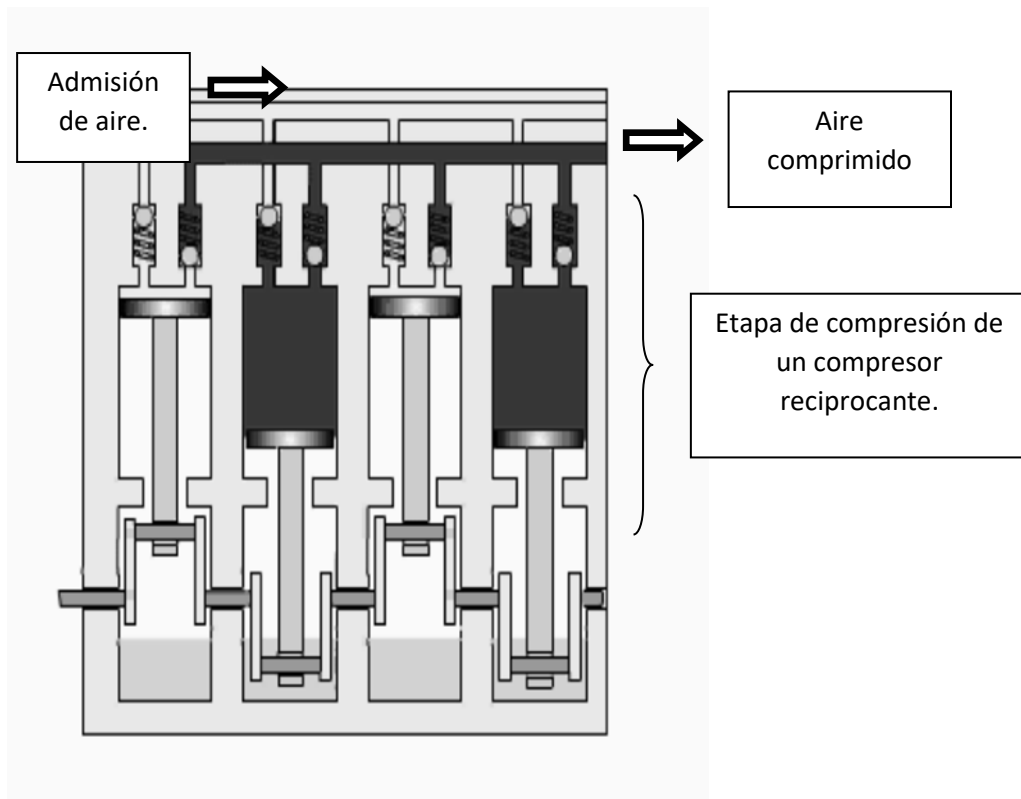
La compresión del aire se consigue a partir de un cilindro en movimiento. La máquina puede incorporar un único cilindro o puede comprimir el aire empleando dos cilindros. Los cilindros pueden estar colocados horizontalmente (situación tipo *boxer*), verticalmente o bien en ángulo (ver figura 2). Además, los cilindros pueden ser guiados por carcasas y estar lubricados con aceite si no importa que la descarga de aire tenga algunas partículas de aceite en suspensión. En caso contrario, es posible tener compresores libres de aceite pero a costos mayores.

Figura 2. Compresor Alternativo o Reciprocante (CDP)



Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

Figura 3. Sistema compresor alternativo o reciprocante por etapas

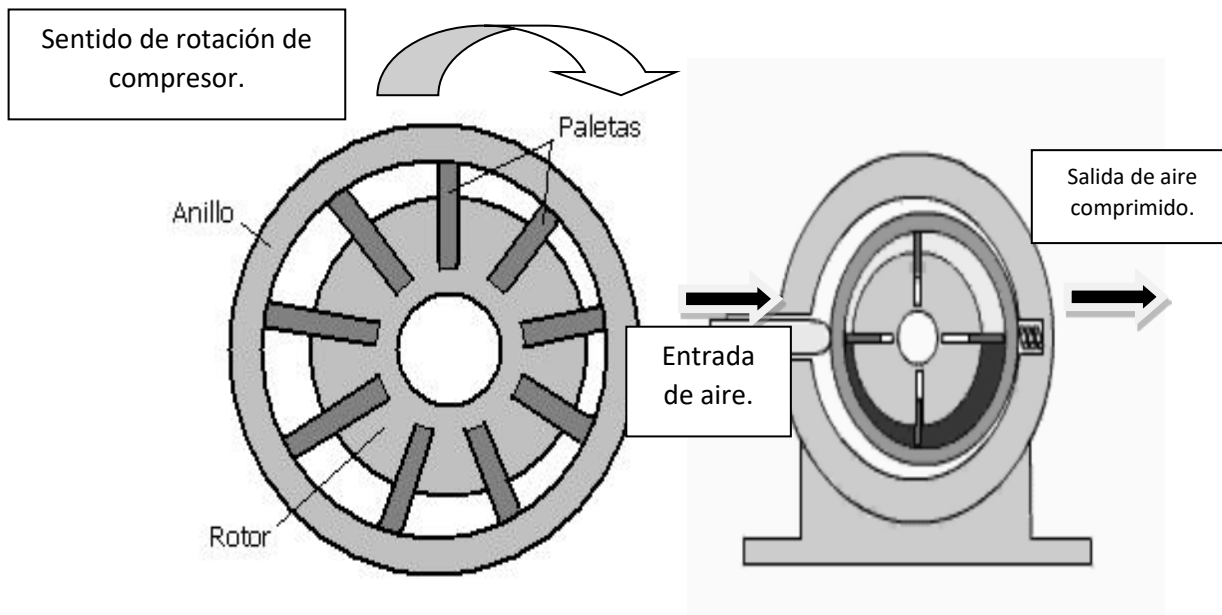


Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

1.3.4. Compresor de Paletas Deslizantes (CDP)

Utiliza unas paletas colocadas excéntricamente dentro del rotor de la máquina. Al ir girando, el espacio existente entre las paletas se va reduciendo, con lo que el aire atrapado en esas cavidades se comprime (ver figura 4). Se emplean básicamente cuando se necesitan muy bajas exigencias de caudal.

Figura 4. Compresor de Paletas Deslizantes (CDP)



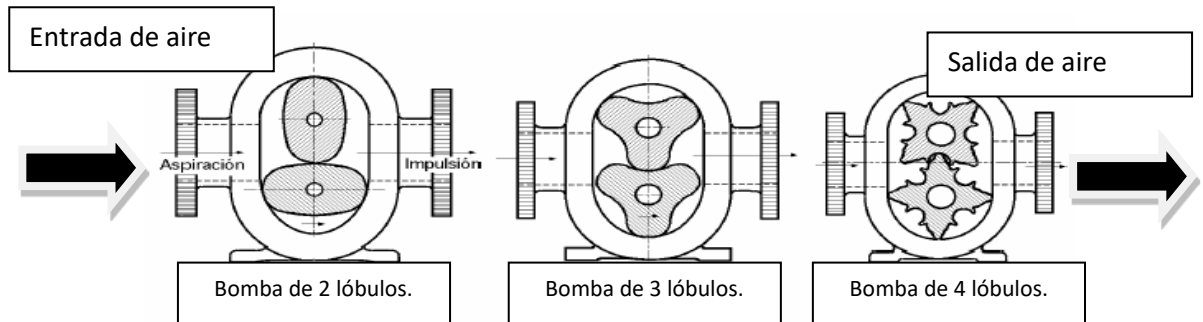
Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

1.3.5. Compresor de Lóbulos (CDP)

Al girar, el aire atrapado entre los lóbulos del rodete y la carcasa de la máquina es impulsado hacia la salida.

Estas máquinas aportan poca compresión, que está asociada básicamente al movimiento de los lóbulos.

Figura 5. Compresor de Lóbulos (CDP)

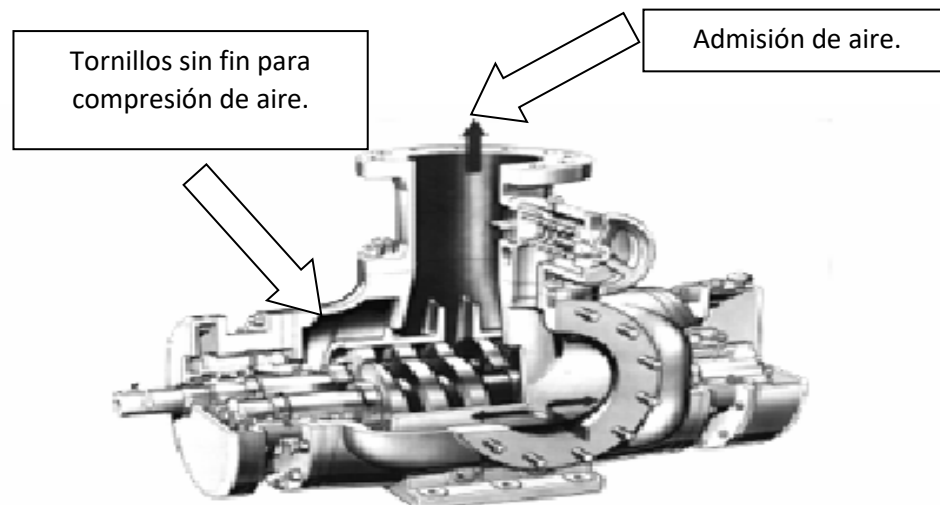


Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

1.3.6. Compresor de Husillo o de Tornillo (CDP)

Utilizan un par de tornillos sin fin que, al girar, van comprimiendo el aire que queda atrapado entre ellos. Consiguen alcanzar grandes presiones gracias a lo reducido de los huecos existentes entre los tornillos.

Figura 6. Compresor de Husillo o de Tornillo (CDP)

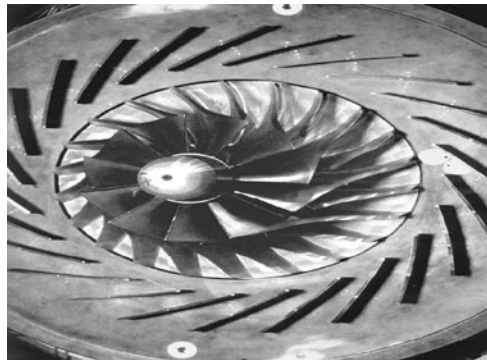


Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

1.3.7. Compresores Centrífugos (TC)

Son de tipo rotodinámico. La velocidad del aire aumenta al paso por el rodete, mientras que, a la descarga, una sección difusiva (la voluta) desacelera el aire y aumenta la presión de descarga. Normalmente se emplean cuando se necesitan importantes caudales de aire a presiones relativamente moderadas. Mayores presiones se pueden obtener si se colocan varios compresores en línea con *intercoolers* entre las diversas etapas. El *intercooler* es un radiador aire-aire o aire-agua que se encarga de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor o sobrealimentador de un motor de combustión interna.

Figura 7. Compresores Centrífugos (TC)



Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

1.3.8. Tanque

Normalmente suele ir integrado dentro del compresor, como una parte más de la unidad que proporciona aire comprimido. De hecho, los compresores suelen trabajar de forma discontinua, arrancando cuando la cantidad de aire que queda almacenada en el compresor es baja. Además, el depósito sirve para amortiguar las fluctuaciones de caudal que vienen del compresor (especialmente en los CDP) y evitar que se transmitan a los puntos de consumo.

El compresor se regula para que arranque y pare, almacene el aire a presión en el depósito, tratando de espaciar al máximo sus ciclos de trabajo. Como norma general se acepta que los compresores alternativos trabajen durante unas 10 veces a la hora, con un máximo de funcionamiento del 70 %. Por el contrario, compresores centrífugos, de husillo y de paletas deslizantes, pueden trabajar el 100 % del tiempo, con referencia NRF-132-PEMEX-2013.

1.3.9. Aftercooler

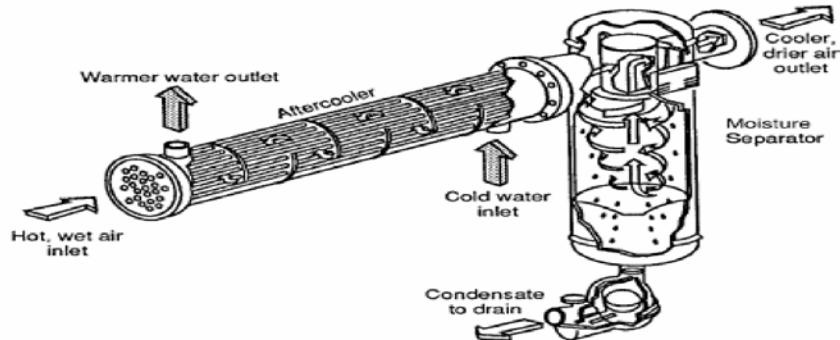
Puesto que al comprimir el aire este se calienta, su capacidad para retener vapor de agua aumenta. Por el contrario, un incremento en la presión del aire reduce notablemente su capacidad para retener agua.

Por tanto, mientras el aire se comprime en el compresor, la alta temperatura evita que el agua condense, pero una vez en las conducciones, el descenso de temperatura, mantenido a presiones altas, sí conlleva la condensación de agua en las tuberías.

Para eliminar posibles condensaciones, se reduce la temperatura del aire en un dispositivo que se coloca justo a la salida del compresor (sin esperar a que ese descenso tenga lugar en las propias líneas de suministro de aire comprimido). Para ello se introduce un enfriador (*aftercooler*) tan próximo al compresor como sea posible. El *aftercooler* no es más que un intercambiador de calor, que puede funcionar, bien con agua bien con aire, como fluido caloportante.

La figura 8 muestra un *aftercooler* al que se le ha acoplado a la salida un deshumidificador, encargado de drenar el agua de condensación que se extrae de la corriente de aire comprimido.

Figura 8. Sistema de *aftercooler*



Fuente: Universidad de Oviedo. *Seminario de instalaciones de fluidos, prácticas de instalaciones de fluidos 2005-2006*. Consulta: 2017.

1.3.10. Deshumidificador

Es el elemento encargado de retirar la condensación que se ha precipitado desde el enfriador.

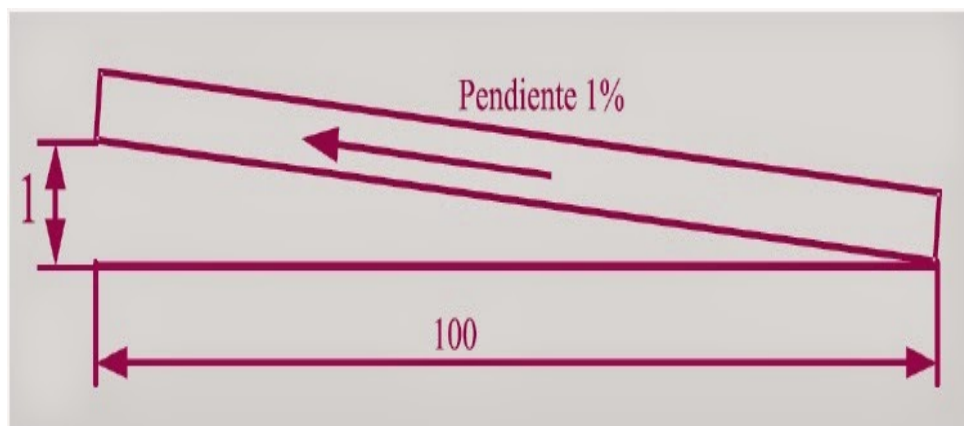
1.3.11. Líneas de suministro de aire comprimido

Puesto que el compresor, el depósito y los enfriadores suelen situarse en una sala, es preciso diseñar la distribución en planta de las líneas de suministro desde el compresor a los puntos de consumo. Se ha de procurar que la distribución minimice en la medida de lo posible las longitudes de las tuberías desde el compresor al punto más alejado. En aquellas redes que sean muy extensas, es preferible situar el compresor en una zona central, minimizando así la distancia al punto más alejado, si bien esto depende de los huecos libres en la nave donde se situará la instalación. Algunos importantes detalles que es recomendable respetar son:

- Los puntos de drenaje se colocan con la ayuda de un accesorio T, ya que el cambio brusco en la dirección del flujo facilita la separación de las gotas de agua de la corriente de aire.
- Las tuberías deben ir descendiendo levemente en la dirección del flujo. La pendiente puede fijarse aproximadamente en un 1 % (ver figura 9).
- Las conexiones de las diversas ramificaciones se hacen desde arriba para obstaculizar al máximo posibles entradas de agua (ver figura 9).
- En todos los puntos bajos es recomendable colocar puntos de drenaje. Así mismo, en la línea principal se pueden colocar cada 30-40 metros, saliendo siempre desde el punto inferior de la tubería (ver figura 9).
- El número de juntas y codos debe reducirse al máximo posible. De esta forma las pérdidas serán las menores posibles.

La figura 9 muestra el típico esquema para una instalación de aire comprimido. En la sala de máquinas se sitúa el compresor con los depósitos y los acondicionadores de aire, mientras que al exterior se llevan las líneas de suministro principales hasta puntos de consumo.

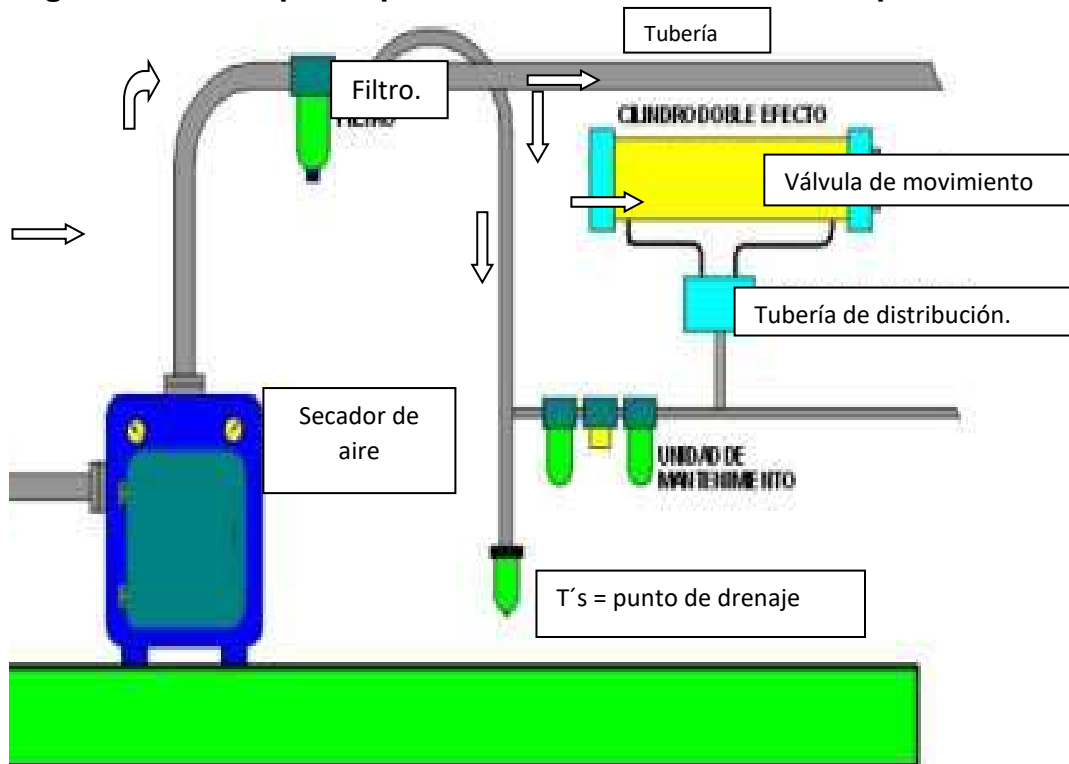
Figura 9. Figura de pendiente de tubería



Fuente: *Pendiente de tubería para evitar acumulación de humedad.*

<http://tomaseficiencia.blogspot.com>. Consulta: 2017.

Figura 10. Esquema para una instalación de aire comprimido



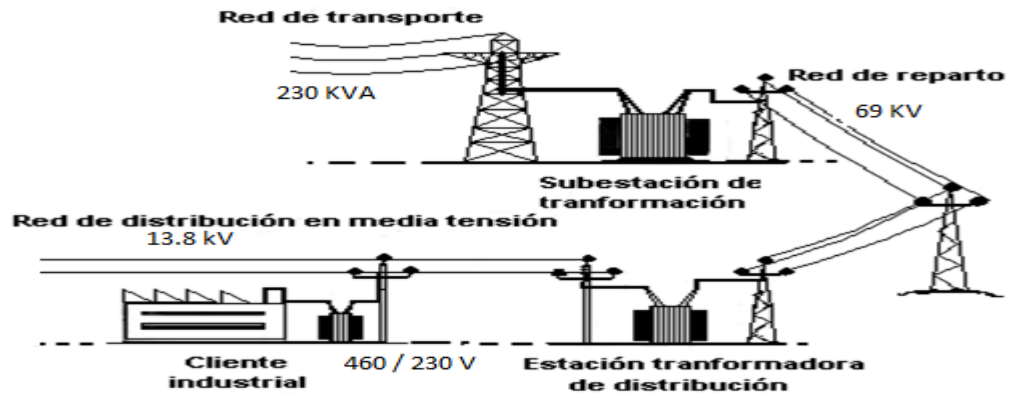
Fuente: MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial, generalidades*. Consulta: 2017.

1.4. Sistema de potencia

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que, además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Figura 11. Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico



Fuente España: Orden ECO/797/2002, de 22 de marzo.

1.4.1. Conceptos básicos de potencia

La potencia es un indicador de cuánto trabajo de conversión de energía de una forma a otra puede efectuarse en una cantidad específica de tiempo. La unidad eléctrica de medición para la potencia es el watt (W), definido por:

$$1 \text{ Watt (W)} = 1 \text{ Joule/Segundo (J/S)}$$

La potencia es determinada por:

$$P = W/t \quad (1)$$

Donde: P = Potencia

W = Trabajo (Joule)

t = tiempo (segundos)

La potencia entregada a cualquier dispositivo en función del tiempo está dada por el producto del voltaje instantáneo a través del dispositivo y la corriente instantánea que pasa por este, la cual se denomina potencia instantánea y está determinada por: $P(t) = i(t) \cdot v(t)$ (2).

1.4.2. Sistema de distribución

El sistema de distribución es el último elemento del sistema de potencia antes de llegar a los consumidores. Esta parte del sistema de potencia está compuesto de líneas y dispositivos para distribuir la energía eléctrica hasta los usuarios.

Estos pasos de transformación dan lugar a las diferentes etapas del sistema de distribución. Dentro del sistema de distribución se distinguen dos grandes niveles bien diferenciados:

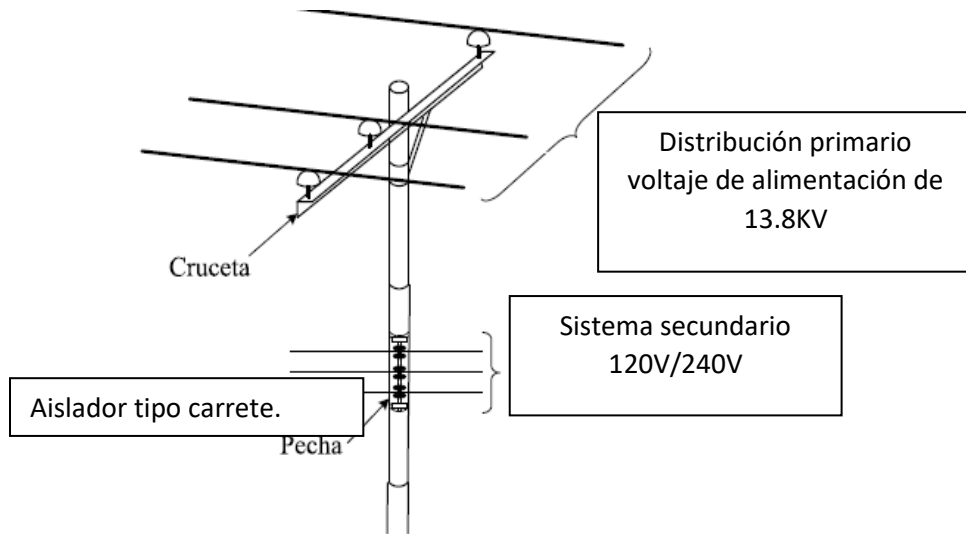
- Sistema de distribución primaria
- Sistema de distribución secundaria

1.4.3. Sistema de distribución primaria

El sistema de distribución primaria comienza a la salida de las subestaciones de distribución, de este punto los circuitos de subtransmisión alimentan a los transformadores de distribución. Las subestaciones de distribución transforman este voltaje al de los denominados alimentadores primarios.

El voltaje de los circuitos generalmente se encuentra entre 13,8 y 27,6 KV. La distribución primaria trabaja con niveles de tensión y potencia moderados. En este nivel pueden ser alimentados ciertos consumidores especiales como industrias y otros. Los circuitos de distribución primaria se caracterizan porque están conectados a un solo punto o subestación de distribución (sistemas radiales). Los niveles de potencia manejados en este sistema son modestos, como por ejemplo para 13,8 KV la capacidad de transporte no supera los 5MVA.

Figura 12. Estructura física de un sistema de distribución típico



Fuente: GONZÁLEZ, Francisco. *Introducción de sistemas de potencia*.
www.giaelec.org/fglongantt/SP.htm. Consulta: 2017.

1.4.4. Funciones y partes principales del panel de distribución eléctrico

El panel de distribución es el corazón de la instalación eléctrica, de este salen todos los conductores que alimentan los diferentes circuitos de la residencia, comercio o industria. Las funciones del panel de distribución son distribuir, controlar y proteger todos los circuitos que hayan instalados.

1.4.4.1. Distribuir

En el momento en que se diseña la instalación existen varios circuitos independientes. Por ejemplo, un circuito de iluminación o alumbrado, circuitos para tomacorrientes de uso general, salida especial para un aire acondicionado o calentador de agua.

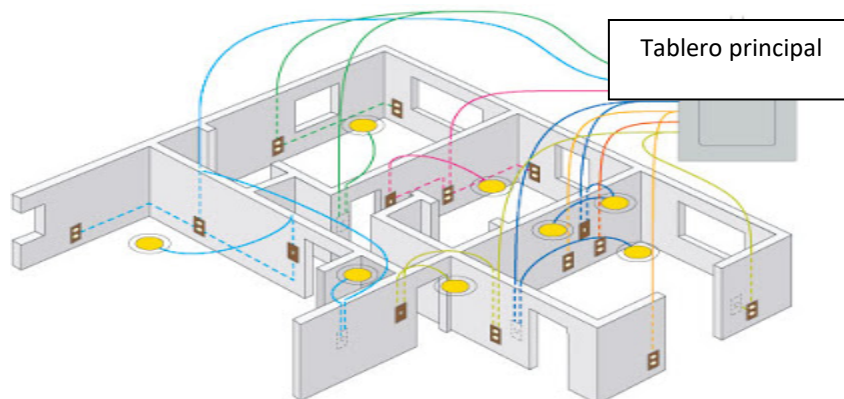
1.4.4.2. Controlar

Si se desea interrumpir el circuito para un mantenimiento o cualquier verificación, por medio del disyuntor se puede poner en OFF el circuito específico o toda la instalación.

1.4.4.3. Proteger

Los disyuntores o *breakers*, interruptores diferenciales y fusibles se encargan de proteger cada circuito de fallas eléctricas que se presenten en la instalación (ver figura 13), tales como sobrecarga, cortocircuito o falla a tierra.

Figura 13. Instalación eléctrica para oficinas



Fuente: Instalación eléctrica para oficinas. <http://faradayos.blogspot.com/2013/05/panel-caja-breakers-partes-funcion.html>. Consulta: 2017.

1.4.5. Las principales partes del panel de distribución

1.4.5.1. Conductores alimentadores

Son los conductores que suministran y soportan la potencia de la instalación. Van desde la salida del medidor de energía hasta el panel de distribución.

1.4.5.2. Interruptor principal

Se encarga de proteger toda la instalación, ante una bajada de este se corta todo el suministro eléctrico.

1.4.5.3. Disyuntores de circuito ramal

Son los dispositivos de protección que, dependiendo del tipo de panel, se encuentran instalados en una barra (sistema americano) o rieles (sistema europeo).

1.4.5.4. Conductores de circuitos ramales

Son los conductores derivados que parten desde el último dispositivo de protección ubicado en el panel de distribución hasta el punto de consumo eléctrico.

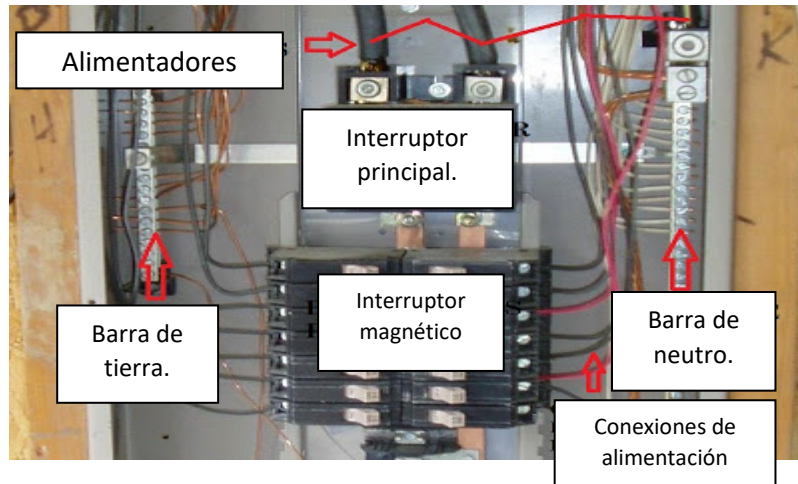
1.4.5.5. Barra de neutro

Es una barra que posee varios tornillos para poder derivar el neutro de los cables alimentadores hacia los circuitos ramales. Los cables pueden ir directamente al neutro sin pasar por ningún dispositivo de protección.

1.4.5.6. Barra de tierra

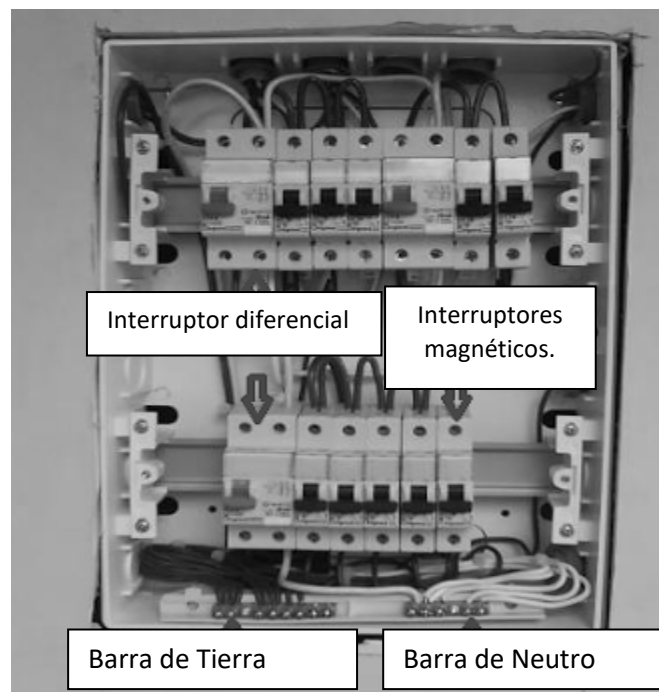
Para la protección contra falla de aislamiento, en el panel se coloca una barra con el cable de tierra principal para luego distribuirse por toda la instalación.

Figura 14. Partes de un tablero industrial



Fuente: *Partes de un tablero industrial.* <http://faradayos.blogspot.com/2013/05/panel-caja-breakers-partes-funcion.html>. Consulta: 2

Figura 15. Tablero industrial con interruptores térmicos



Fuente: *Tablero industrial con interruptores térmicos.* <http://faradayos.blogspot.com/2013/05/panel-caja-breakers-partes-funcion.html>. Consulta: 2017.

1.4.6. Normalización

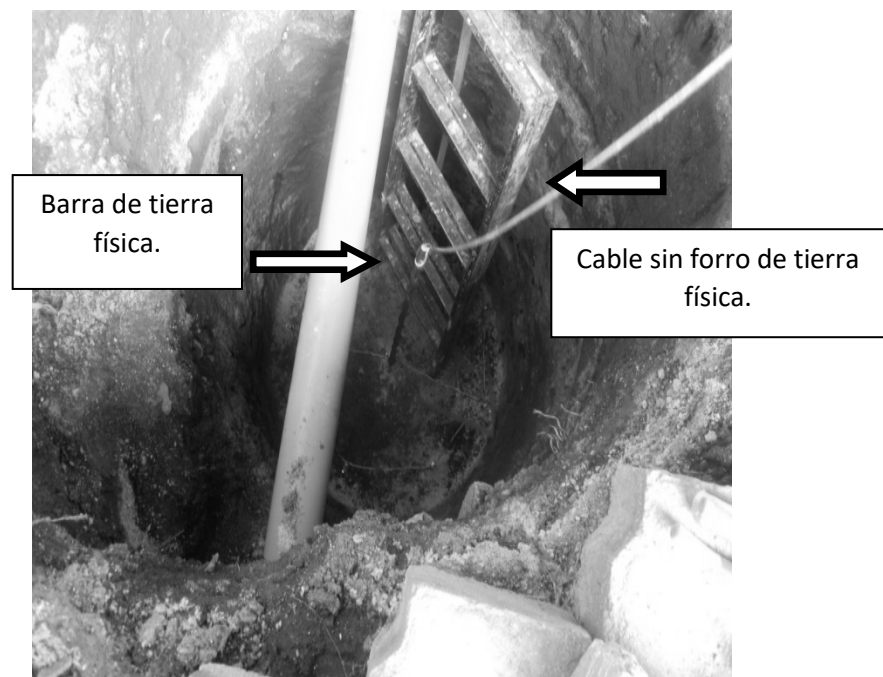
Colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas.

1.4.6.1. Conductor de tierra

El conductor de tierra se puede identificar de tres formas:

- i. Aislante de color verde.
 - ii. Aislante de color verde con una línea helicoidal o recta de color amarillo.
- Puede ser un alambre o cable sin aislante. Este cable por lo general es de cobre.

Figura 16. Fosa de tierra física de planta de accesorios y carnadas de pesca



Fuente: elaboración propia.

1.4.6.2. Conductor neutro

Hay diferentes formas de identificarse según el país pero las más comunes son las siguientes:

- Aislante blanco, utilizado en América para las instalaciones eléctricas de la vivienda.
- Aislante azul claro, utilizado en Europa en los cordones de las herramientas portátiles y electrodomésticos.

1.4.6.3. Conductor fase

Este conductor puede ser de cualquier color diferente al del neutro o tierra, pero los más utilizados por normas son:

- Aislante negro
- Aislante rojo
- Aislante azul oscuro

1.5. Instalación de gas propano GLP

GLP es el acrónimo de los gases licuados del petróleo butano y propano comerciales, en adelante butano y propano. Los GLP son hidrocarburos combustibles que, en estado normal, se encuentran en estado gaseoso.

Se obtienen del refinado del petróleo por destilación fraccionada, del mismo modo que se obtienen otros derivados del petróleo como la gasolina. Los GLP se almacenan en botellas y depósitos en estado líquido al someterlos a presión.

1.5.1. Inflamabilidad y combustión

Ambos gases forman con el aire mezclas inflamables y necesitan una gran cantidad de aire para su combustión. Resultan inflamables en el aire solo cuando se mezclan en una cierta proporción:

- Propano: entre el 2,2 y el 9,5 de propano
- Butano: entre el 1,9 y el 8,5 de butano

1.5.2 Presiones de utilización más usuales de los GLP

- Propano comercial: 37 y 50 mbar
- Butano comercial: 28 mbar

Tabla I. Valores característicos básicos de los GLP comerciales

| VALORES CARACTERÍSTICOS | PROPANO COMERCIAL | | BUTANO COMERCIAL | |
|--|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Tensión de vapor absoluta a 20° C | 8,5 bar abs. | | 2,25 bar abs. | |
| Temperatura de ebullición a presión atm. | - 45° C | | - 0,5° C | |
| Masa en volumen del gas a 20° C y presión atmosférica (ρ) (valores SEDIGAS) | 2,095 kg/m ³ | | 2,625 kg/m ³ | |
| Densidad en fase gas (respecto al aire) | 1,62 | | 2,03 | |
| Masa en volumen del líquido a 20° C (ρ) | 506 kg/m ³ | | 580 kg/m ³ | |
| Densidad en fase líquida (respecto al agua) | 0,506 | | 0,580 | |
| Poder Calorífico Superior -Hs- | 12 000 kcal/kg | 13,95 kWh/kg | 11 900 kcal/kg | 13,83 kWh/kg |
| | 25 140 kcal/m ³ | 29,23 kWh/m ³ | 31 240 kcal/m ³ | 36,32 kWh/m ³ |
| Poder Calorífico Inferior -Hi- | 10 900 kcal/kg | 12,67 kWh/kg | 10 820 kcal/kg | 12,47 kWh/kg |
| | 22 835 kcal/m ³ | 26,55 kWh/m ³ | 28 400 kcal/m ³ | 33,02 kWh/m ³ |
| Presión atmosférica = 1,01325 bar; Masa en volumen del aire ρ = 1,293 kg/m ³ ; Masa en volumen del agua ρ = 1000 kg/m ³ . | | | | |

Fuente: LÓPEZ, José. *Manual de instalación de GLP, Cepsa*. Consulta: 2017.

Tabla II. Tipo de instalaciones de almacenamiento

| | | | | |
|---------------------------------------|--|---|--|---|
| INSTALACIONES ALIMENTADAS DESDE | REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS CANALIZADO | La instalación a diseñar debe disponer de un sistema de regulación dotado de: | | |
| | | en MPB o MPA con presión de servicio superior a 150 mbar. | <ul style="list-style-type: none"> • Regulador de presión. • VIS máx. • VIS mín. en cada instalación individual. | |
| | | en MPA a una presión de servicio \leq 150 mbar | <ul style="list-style-type: none"> • Regulador de presión. • VIS mín. en cada instalación individual. | |
| | en BP | Debe consultarse con la Empresa suministradora la necesidad de equipar las instalaciones individuales con regulador de presión y/o con VIS mín. | | |
| | DEPÓSITOS FIJOS, BOTELLAS INDUSTRIALES DE GLP O BOTELLAS DOMESTICAS EN EL EXTERIOR | Previamente a estas instalaciones, debe existir un conjunto de regulación dotado de una VISmx. que garantice que la presión a la entrada de la IRG no pueda alcanzar valores superiores a la MPA (400 mbar). Normalmente se utiliza 150 mbar. | | |
| | BOTELLAS DOMESTICAS DE GLP EN EL INTERIOR | Cuando se instalen dos botellas en descarga simultánea, la reducción de presión se debe realizar en las propias botellas por medio: | | Cuando la instalación esté alimentada por solo una botella... |
| | ...de reguladores de .../BP | ...de reguladores de .../MPA | ...de reguladores de .../MPB con presión de salida inferior a 2 bar | |
| | (Para butano, la presión es de 30 mbar, y para propano, de 37 mbar). | La reducción desde MPA a BP se puede hacer con un único regulador o con uno para cada aparato de consumo. | En este último caso, los reguladores se conectan con tuberías flexibles según la norma UNE 60.713/2 directamente a un regulador de MPA o de BP, y se instalan válvulas antiretorno para impedir el paso de gas desde una botella a la otra | |
| | | | ...la reducción de presión se debe realizar en la propia botella con un regulador de BP. | |

Fuente: LÓPEZ, José. *Manual de instalación de GLP, Cepsa*. Consulta: 2017.

1.5.3. Instalación de sistema de vacío

Se define el vacío como un espacio o volumen en el que la presión es menor que la presión atmosférica.

Tabla III. Rangos de vacío

| No | Rango de vacío | Presión (mbar) | Densidad de moléculas/cm ³ |
|----|------------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Vacío grueso | 1013-1 | 10 ¹⁹ --- 10 ¹⁶ |
| 2 | Vacío medio | 1 – 10 ⁻³ | 10 ¹³ 10 ¹³ |
| 3 | Alto vacío | 10 ⁻³ - 10 ⁻⁷ | 10 ¹³ ---- 10 ⁹ |
| 4 | Ultra alto vacío | <10 ⁻⁷ | <10 ⁹ |

Fuente: TECNOVAC. *Curso de vacío, tecnología del vacío*. Consulta: 2017.

1.5.4. Conceptos básicos en tecnología de vacío

- Presión: es la fuerza ejercida por un gas sobre una superficie, dividida por su área.
- Gas: es un estado de la materia en el que la distancia media entre moléculas es mayor que su tamaño y esta tienen libertad de movimiento. En tecnología de vacío se designan gases permanentes que no se licúan ni solidifican por incremento de presión a una determinada temperatura de trabajo, mientras que el vapor puede licuar o solidificar debido a un incremento de presión de una temperatura superior a su temperatura crítica.
- Flujo viscoso turbulento: el recorrido libre de las moléculas es mucho menor que el diámetro (d) de la conducción por la que se mueven ($\lambda \ll d$). Además, las líneas de corriente de gas no son paralelas sino que aparecen remolinos. Este tipo de flujo se produce cuando se comienza a evacuar una cámara de vacío.

Figura 17. Flujo turbulento

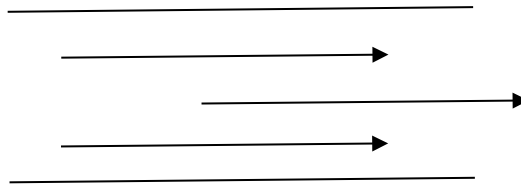


Fuente: TECNOVAC. *Curso de vacío, tecnología del vacío*. Consulta: 2017.

- Flujo viscoso laminar

Se diferencia del anterior en que las líneas de corriente son paralelas y el recorrido libre de las moléculas es menor que el diámetro de la sección por la que se mueven ($\lambda < d$). Este tipo de flujo es el que se produce cuando se hace vacío grueso y medio.

Figura 18. Flujo laminar



Fuente: TECNOVAC. *Curso de vacío, tecnología del vacío*. Consulta: 2017.

- Desorción

Es la liberación de moléculas atrapadas en la superficie de una cámara de vacío. La liberación puede ser espontánea (gasificación) o acelerada a través de algún proceso físico, como el calentamiento de las paredes (desgasificación).

- Permeación

Es el cociente entre la presión parcial de un gas a la salida-expulsión de una determinada bomba de vacío con respecto a su boca de entrada-succión, sin flujo de gas. Este valor varía para cada gas, siendo mayor en moléculas.

1.6. Plan maestro de mantenimiento

Es útil detectar los requerimientos de mantenimiento de los sistemas, de acuerdo al programa de producción, recomendaciones del fabricante, políticas y procedimientos establecidos. Una política de reemplazo es factible cuando un gran número de partidas idénticas de bajo costo son cada vez más propensas a fallar a medida que envejecen. Es necesario estimar los recursos necesarios para el mantenimiento de los sistemas de acuerdo al programa de producción:

- Las necesidades de recursos materiales son estimadas de acuerdo al inventario de los sistemas.
- Las necesidades de recursos humanos son estimadas de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento.
- Las necesidades de recursos económicos son estimadas de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento, las necesidades de recursos materiales, recursos humanos de mantenimiento, políticas y procedimientos establecidos.

La utilización de un sistema o una metodología que permita administrar y controlar el manejo de insumos, los repuestos y las materias primas de mantenimiento, se considera un instrumento avanzado, ya que mediante su aplicación se logran sustanciales ahorros de gestión y la operación del mantenimiento industrial, así como mejores logísticas en el servicio de mantenimiento.

2. MONTAJE DE MAQUINARIA Y EQUIPO

2.1. Cálculo y descripción de montaje en la industria

El montaje de maquinaria consiste en la instalación completa y de acuerdo con lo indicado en esta especificación: bombas, motores eléctricos y térmicos, cintas transportadoras, compresores, ventiladores, reductores de velocidad, ventiladores, agitadores, hornos de fundición, inyectoras, cabinas de pintura, etc. El personal es el encargado de descargar y realizar el desembalaje de todos los materiales, accesorios y equipos que integran el alcance de la obra a realizar, así como el movimiento interno incluyendo operaciones de carga y descarga desde los patios de materiales sitios en diversos puntos de la propiedad hasta el lugar de instalación final.

Figura 19. Entrada de contenedores procedentes de México con maquinaria



Fuente: elaboración propia.

El montaje, ensamblaje, nivelación y alineaciones del equipo y accesorios incluye elementos internos y complementarios en sus correspondientes bases y estructuras. También incluye todas las tareas de eliminación de anclajes de transporte, limpieza y engrasado, necesarias para que la máquina pueda funcionar. Y también se toman en cuenta los desmontajes necesarios para realizar trabajos de reparación o comprobación y nuevo montaje.

Figura 20. Descarga de equipos procedentes de México



Fuente: elaboración propia.

2.2. Manipulación

La manipulación del equipo se hará cuidadosamente y respetando las normas del fabricante, si las hay, y en general teniendo en cuenta lo siguiente:

- No sujetar los grupos de forma que se transmita el esfuerzo a la maquinaria.
- No utilizar los ejes como puntos de agarre.

- No utilizar los cáncamos situados en la carcasa para soportar el conjunto, ya que estos están previstos para las partes individuales solamente.

Figura 21. Manipulación de los equipos con descarga con personal de la empresa



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Manipulación de los equipos con montacargas



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Manipulación de los equipos con ruedas dentro de la planta



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Manipulación de equipos con cuerdas y tarimas. La máquina se coloca en una base de tarimas para sujetarla con lazos para que el contenedor salga



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Manipulación de equipos con cuerdas, tarimas, montacargas y contenedor de transporte



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Manipulación de equipos con montacargas.



Fuente: elaboración propia.

2.3. Preservación

Se quitan los niveles de aceite, engrasadoras y otros accesorios que, por tamaño o naturaleza, sean fáciles de perderse o romperse, y se guardarán en una bolsa o caja, debidamente identificados en el almacén de la propiedad. Se colocará el aceite para conservación del tipo que le indique la propiedad y que le será facilitado. Además:

- Se protegerá los cojinetes con grasa apropiada.
- Los ejes se cubrirán de grasa y se protegerán con una lámina de plástico. Se girará el eje a mano una vez por semana, momento que se aprovechará para efectuar una inspección superficial para detectar cualquier anomalía, la cual se pondrá en conocimiento de la propiedad.

2.4. Nivelación

La obra civil es la encargada de colocar los pernos de nivelación, siendo responsabilidad del montador de la máquina su comprobación y conservación. En máquinas provistas con tornillos de nivelación se usarán estos para tal fin. Es un trabajo que lleva relacionado la obra gris con fundición de bases si lo necesitan las máquinas.

Figura 27. Preparación de concreto para nivelación de piso en la planta



Fuente: elaboración propia.

Las bases de las máquinas se nivelarán usando niveles de precisión, este procedimiento consiste en: realización de concreto con formulación de un saco de cemento, dos cubetas de arena de río, dos cubetas de agua y una cubeta de pedrín. Además se hace nivelación de concreto con nivel.

2.5. Vibraciones

Las vibraciones en los equipos industriales pueden ser tanto el indicio como el origen de un problema. En otras ocasiones, las vibraciones simplemente forman parte del funcionamiento normal de la máquina y no deben preocupar demasiado. Pero, ¿cómo puede determinar un profesional del mantenimiento la diferencia entre las vibraciones admisibles y normales, y aquellas que requieren inmediatamente la atención del servicio técnico o la sustitución del equipo dañado?

- **Implicación de vibraciones en las maquinarias**

Los dispositivos industriales están diseñados para funcionar con suavidad y evitar las vibraciones, no para producirlas. En estas máquinas, las vibraciones pueden indicar la existencia de un problema o el deterioro de un equipo. Si no se corrigen las causas subyacentes, estas vibraciones no deseadas pueden provocar daños adicionales. Ejemplos de equipamiento que no deberían vibrar pueden ser motores eléctricos, ventiladores, bombas y compresores rotativos. En estos dispositivos es mejor un funcionamiento suave.

2.6. Causas más frecuentes de vibración en las máquinas

Las vibraciones pueden estar causadas por varias condiciones, que pueden actuar por separado o en combinación. Debe tenerse en cuenta que los problemas relacionados con las vibraciones pueden estar ocasionados por equipos auxiliares y no solo por el equipo básico. Algunas de las causas principales por las que se producen vibraciones son:

2.6.1. Desequilibrio

Un punto pesado de un componente giratorio puede producir vibraciones cuando el peso desequilibrado rota alrededor del eje de la máquina y genera una fuerza centrífuga.

El desequilibrio podría estar causado por defectos de fábrica (errores de fabricación, defectos de fundición) o por problemas de mantenimiento (aspas de los ventiladores deformadas o sucias, falta de contrapesos). Conforme aumenta la velocidad de la máquina, los efectos del desequilibrio son más acusados. El desequilibrio puede reducir en gran medida la vida útil de los rodamientos y producir vibraciones excesivas en las máquinas.

2.6.2. Alineación incorrecta / Descentramiento del eje

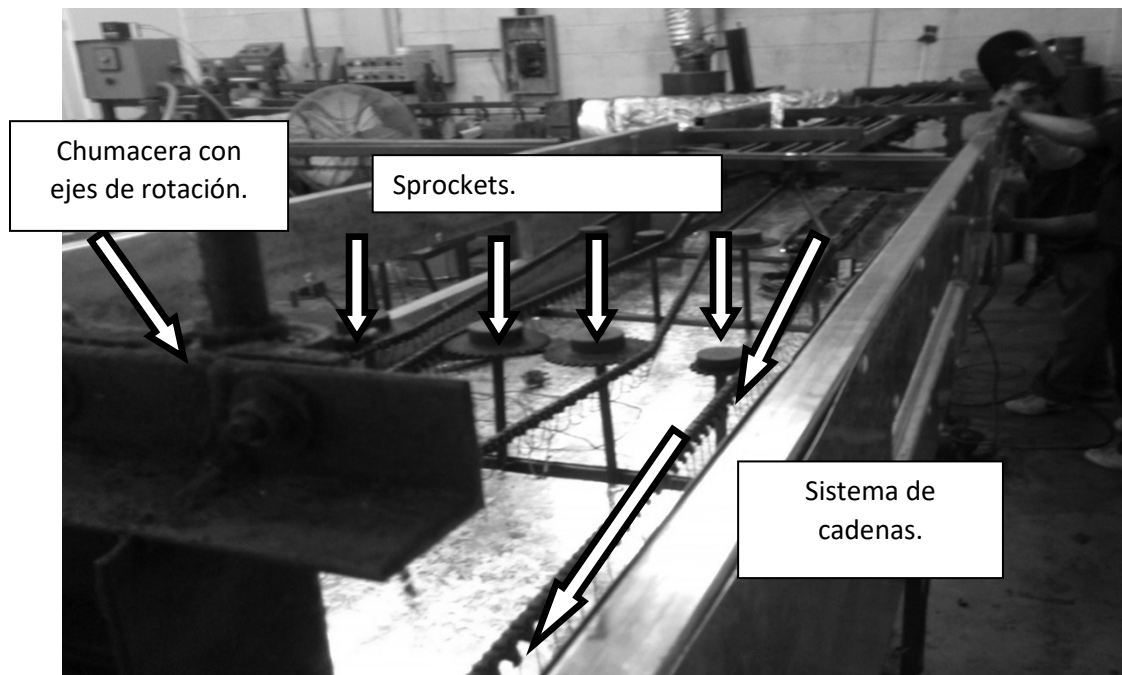
Pueden generar vibraciones cuando los ejes no están centrados. Por ejemplo, se produce una alineación angular incorrecta cuando los ejes de un motor y una bomba no están en paralelo. Se habla de alineación paralela incorrecta cuando los ejes están en paralelo, pero no son coincidentes. Esta alineación incorrecta se puede producir durante el montaje o desarrollarse con el tiempo debido a la dilatación térmica, el desplazamiento de los componentes o un montaje incorrecto después de realizar tareas de mantenimiento. Las vibraciones resultantes pueden ser radiales o axiales (en línea con el eje de la máquina) o de los dos tipos.

2.6.3. Desgaste

Conforme se desgastan algunos componentes, como los rodamientos de bolas o de rodillos, las cadenas giratorias motrices o los engranajes, se pueden producir vibraciones.

Cuando el anillo de un rodamiento de rodillos se daña, por ejemplo, los rodillos producirán vibraciones cada vez que pasen por la zona dañada. También puede provocar vibraciones un diente de un engranaje que esté picado o desgastado, o una correa giratoria que se esté rompiendo.

Figura 28. Sistema de secado de carnada de pintura electrostática, el cual está conformado con cadena de movimiento, chumaceras y sprockets



Fuente: elaboración propia.

El sistema anterior es un ejemplo del desgaste que se tiene por temperatura aplicada en la cadena y *sprockets* que transmiten el movimiento. Para evitar el desgaste hay que lubricar la cadena con aceite y engrasar las chumaceras y *sprockets* con grasa de alta temperatura, para evitar fisuras por el desgaste ocurrido por la aplicación de la temperatura constante cuando se realiza el secado de las carnadas. Esta lubricación periódica se realiza para evitar las vibraciones producidas por un mal mantenimiento preventivo.

2.6.4. Holgura

Las vibraciones que, de otra forma, pasarían inadvertidas, pueden convertirse en evidentes y destructivas si el componente que vibra tiene los rodamientos flojos o está unido a su soporte sin firmeza. Esta holgura puede estar causada, o no, por las vibraciones subyacentes. Independientemente de la causa, la holgura puede provocar que cualquier tipo de vibración provoque daños, como un desgaste mayor de los rodamientos o el desgaste y fatiga en el soporte de los equipos y en otros componentes.

3. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. En otras ocasiones, se emplea para atomizar o aplicar *sprays* de barnices o pinturas, que de otra forma son difíciles de bombear. A continuación se proyecta una instalación de aire comprimido para una nave industrial dedicada a accesorios y carnadas de pesca, detallando sus elementos básicos y dimensionándolos en función de los consumos y características requeridas.

3.1. Montaje de compresor de tornillo Ingersoll Rand

Figura 29. Ficha técnica de compresor Ingersoll Rand de 50hp



Fuente: elaboración propia, fotografía de compresor Ingersoll Rand instalado en la planta de carnada y accesorios de pesca.

Tabla IV. Datos adicionales del compresor Ingersoll Rand, para la instalación de tubería de alimentación de planta

| Datos adicionales de compresor Ingersoll Rand | Datos |
|---|------------------------|
| Diámetro de tubería de salida | 1 ½ pulgada |
| Voltaje de alimentación | 460 voltios trifásicos |
| Aislamiento antiruido | Sí |
| Tipo de aceite | Compros XL-S 10 SAE 30 |
| Inicio de labores | 13 de octubre de 2013 |
| Filtro separador | Sí |
| Filtro de aceite | Sí |
| Filtro de entrada de aire | Sí |

Fuente: elaboración propia.

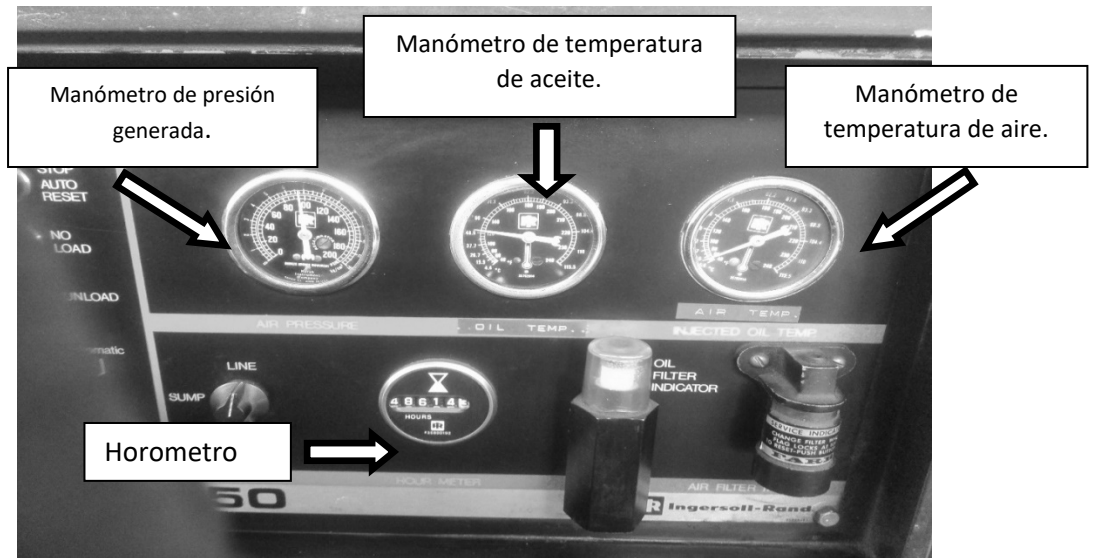
Figura 30. Compresor Ingersoll Rand



Fuente: elaboración propia.

Según el historial del compresor Ingersoll Rand fabricado en Estados Unidos, modelo 1976, este trabajó 5 años con 5 meses (datos del horómetro). El personal de mantenimiento de la planta dedicada a accesorios y carnadas de pesca realiza un mantenimiento preventivo antes de ponerlo en operación.

Figura 31. Manómetros de temperatura, aceite, presión de generación, temperatura de aire y horómetro



Fuente: elaboración propia.

3.1.1. Mantenimiento preventivo

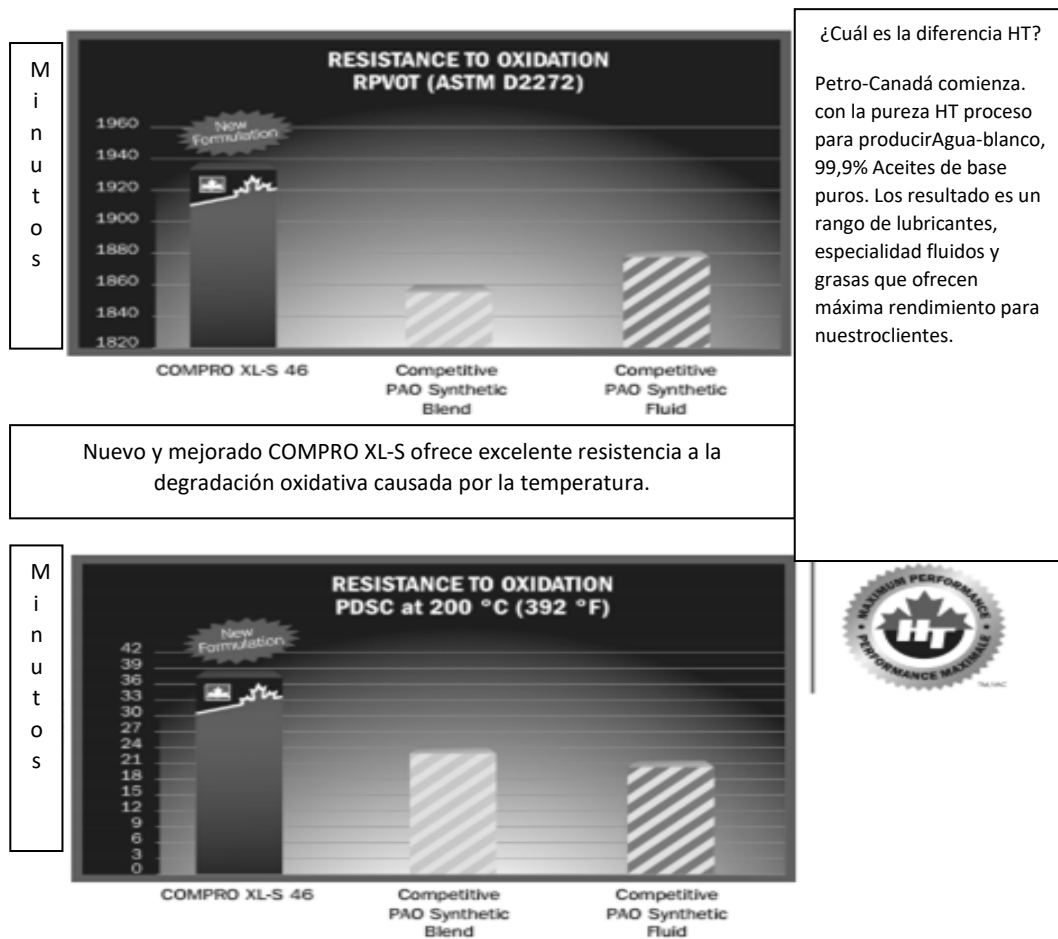
Es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. Se presentan los siguientes pasos:

3.1.1.1. Cambio de aceite de tornillo

Al realizar el cambio de aceite al compresor, se encontró en el tanque aceite hidráulico, no era el correcto por la viscosidad según el tipo de compresor, pues los compresores utilizan aceite con viscosidades SAE 30. La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. La viscosidad se corresponde con el concepto informal de "espesor".

Se trabajó con Compro XL-S 100. Los lubricantes Compro se recomiendan particularmente para compresores de aire en servicio continuo que funcionan a temperaturas de salida del aire de hasta 85 °C. Dichos compresores de tornillo rotatorio pueden funcionar hasta un año, 8 000 horas de forma continua, el aceite es distribuido por la empresa Petro-Canadá de Guatemala. Esto equivale como mínimo al cuádruple de la vida útil de los fluidos para compresores convencionales a base de aceites minerales.

Figura 32. Resistencia del aceite con respecto al tiempo de trabajo



Fuente: Petro-Canada Lubricants. *Resistencia del aceite*. lubricants.petro-canada.com/sds;

<http://www.lubriimport.com.gt/node/114>. Consulta: 2017.

El fluido COMPRO XL-S del compresor puede ser utilizado para lubricar y enfriar todo tipo de paletas rotativas, compresor de pistón, compresores de tornillo, centrífugas y aire lóbulo. Está diseñado específicamente para ampliar significativamente el servicio de la vida en los compresores de tornillo rotativo.

Está disponible en cinco ISO grados de viscosidad: 32, 46, 68, 100 y 150, para cubrir la mayoría de aplicaciones de compresores.

COMPRO XL-S es adecuado para uso en compresores de aire mango y gases inertes tales como nitrógeno, argón, hidrógeno, neón, helio, dióxido de carbono, el carbono, el monóxido y el gas de alto horno. COMPRO XL-S es adecuado para su uso en todas las marcas de compresores, incluyendo:

- ABAC
- Allis Chalmers
- Atlas-Copco
- Ceccato Champion
- Pacific
- Chicago Pneumatic
- Tool Compair Canada
- Copper-Bressemer
- Copper Industries
- Cooper-Penjax Compressors
- Dresser Industries
- Elliot Company Fuller
- Gardner-Denver
- GrimmerSchmidt
- Ingersoll-Rand
- Joy Manufacturing

- Kaeser Compressors
- Kellogg-American
- Le Roi M&D Pneumatics
- MAHLE Mark
- Quincy Compressors
- Schramm Inc.
- SullairCompressors
- Sundstrand Corp.
- Worthing

Figura 33. Grado de fluidez del aceite Compro XL-S, según viscosidad

| Compressor Type | Recommended Viscosity Grades | Fluid Service Life at Maximum Air Discharge Temperature |
|------------------------|-------------------------------------|--|
| Rotary Screw | COMPRO XL-S 32, 46 | 8,000 Hours 85°C (185°F) |
| Rotary Vane | COMPRO XL-S 100, 150 | 1,000 Hours 85°C (185°F) |
| Reciprocating | COMPRO XL-S 68, 100, 150 | 500 Hours 150°C (302°F) |
| Centrifugal / Lobe | COMPRO XL-S 32 | >16,000 Hours 50°C (122°F) |

Fuente: Petro-Canada Lubricants. *Resistencia del aceite*. lubricants.petro-canada.com/sds; <http://www.lubriimport.com.gt/node/114>. Consulta: 2017.

3.1.1.2. Cambio de filtros

Un filtro coalescente separador se usa para realizar la separación de aceite del aire comprimido en la cámara de separación que realiza el filtro. Los filtros se consiguieron por medio de Olmsted Compresores.

Figura 34. Filtro separador de aire del aceite de compresor Ingersoll Rand



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.3 Lavado de radiador

El lavado es realizado por medio de desincrustante Coilux-1, aplicado para quitar la grasa acumulada por el tiempo en el radiador. Se aplica puro dejándolo 5 minutos, después es desaguado con agua y jabón en polvo, el lavado es realizado para que haya una eficiencia en la extracción de calor en el aceite circulante del tornillo de compresión que utiliza el compresor.

Figura 35. Lavado de radiador de compresor



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Desincrustante Coilux-1 para limpieza de radiadores



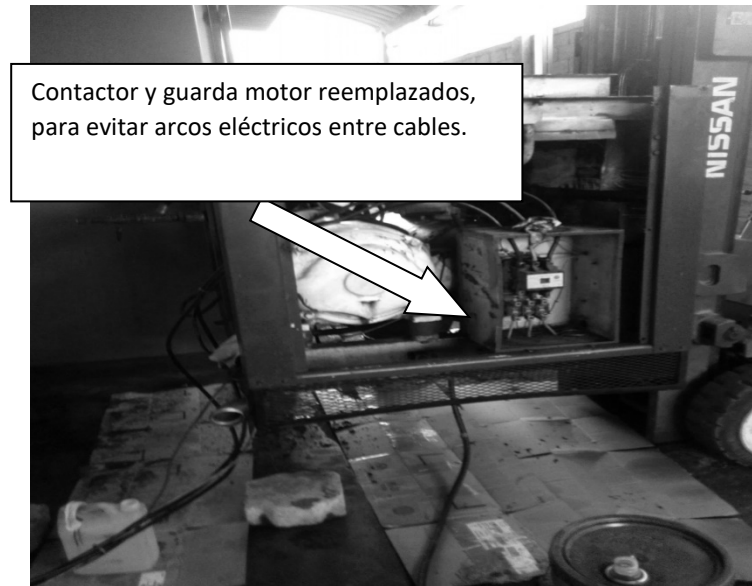
Fuente: elaboración propia.

Es necesario utilizar equipo adecuado y la protección necesaria para el manejo de este producto, dañino o fatal si es ingerido, corrosivo para los ojos y la piel. Y debe usarse en áreas ventiladas.

3.1.1.4. Cambio de contactor y guardamotor en parte eléctrico

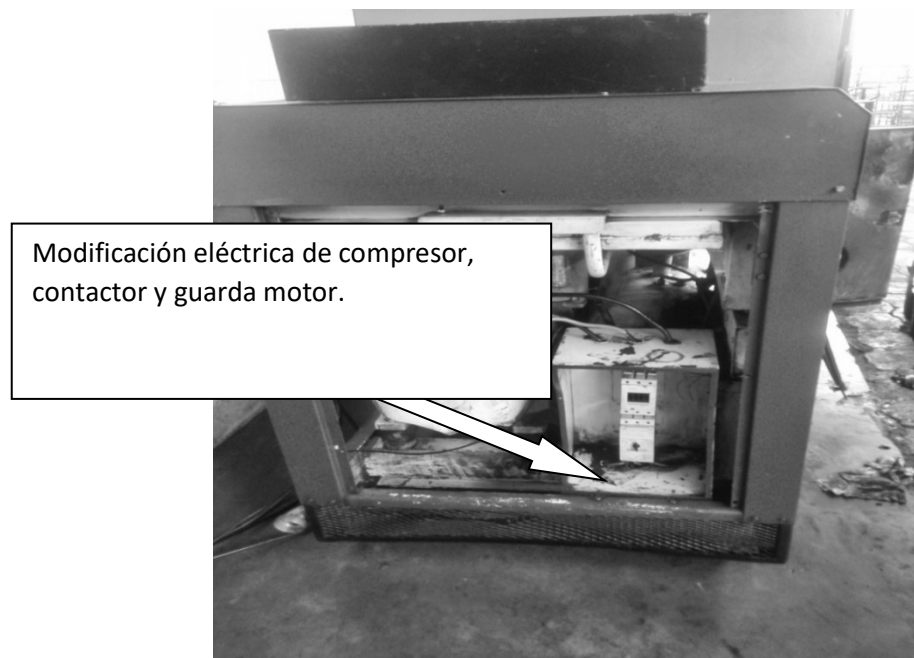
Es necesaria una revisión del sistema eléctrico, el mantenimiento preventivo es para evitar arcos eléctricos que se pueden crear por la baja impedancia que pueden llegar a tener los aislantes por el tiempo en que el compresor ha dejado de funcionar. Se modifica el sistema eléctrico cambiando el contactor eléctrico de contactos de 460 voltios, 100 amperes y embobinado de 110v marca Siemens, con su protector térmico con un rango de corriente de 75 a 100 amperes. La modificación se realiza porque el compresor contaba con un sistema de fuerza de un contactor discontinuado de la misma capacidad, por lo cual fue sustituido. Se revisa el sistema de mando del equipo para verificar que los relés y los sensores realicen sus funciones tanto eléctricas como mecánicas al momento de realizar su trabajo.

Figura 37. Parte eléctrica de compresor Ingersoll Rand, con conexión de 460 voltios trifásicos



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Modificación de conexión eléctrica con contactor y guardamotor



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.5. Instalación de voltaje 460 trifásico

El compresor debe tener una conexión eléctrica de 460 voltios trifásicos y configuración delta.

Es necesario instalar cable calibre #2 THHN, utilizando tabla 6, por la capacidad de conducción que es de 95 amperes, la capacidad de transmisión de amperaje que tiene el conductor. El compresor en vacío necesita 55 amperios y en carga necesita 77 amperes por el pico de corriente que tiene el compresor cuando entra en carga.

Tabla V. Fórmulas demostrativas para sacar datos teóricos y comparación con datos reales

| | Utilización | Fórmulas |
|----------------|-------------------------|---|
| F ₁ | Corriente teórica | $I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cdot \cos\beta}$ |
| F ₂ | Corriente teórica | $I = \frac{S}{\sqrt{3}V \cdot n \cdot fp}$ |
| — | Nomenclatura | I = corriente, V = voltaje, fp = factor de potencia, n = eficiencia de motor, p = potencia activa, s = potencia aparente. |
| F ₃ | Ley de watt | $P = V \times I$ |
| F ₄ | Potencia activa | $P = \sqrt{3}V \cdot I \cdot \cos\beta$ |
| F ₅ | Potencia aparente | $s = \sqrt{3}U \cdot I$ |
| F ₆ | Factor de potencia | $\cos\beta = \frac{p}{s}$ |
| | Conversión de watt a hp | 1 hp = 746 W. |

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de corriente teórica:

$$1\text{hp} = 746 \text{ watt}$$

$$50\text{hp} = 37,300 \text{ watt} = 37 \text{ kW}$$

Formula a utilización ----- F₃

Despejada

$$I = 37\text{kW} / 460\text{V}$$
$$I = 81.10 \text{ Amperes}$$
$$IA = \pi r^2$$

Cálculo de corriente real con factor de potencia aplicado y medición con amperímetro de gancho:

- Corriente tomada con amperímetro de 77 amperes (compresor en carga)
- Corriente absorbida por el motor, F_5 , F_2 .
- $S = \sqrt{3}(460\text{V})(77)$
- $S = 61.3 \text{ KVA}$
- $n = 0,80$ --- tomada en placa de compresor
- $fp = 0,78$ --- entregado en factura mensual

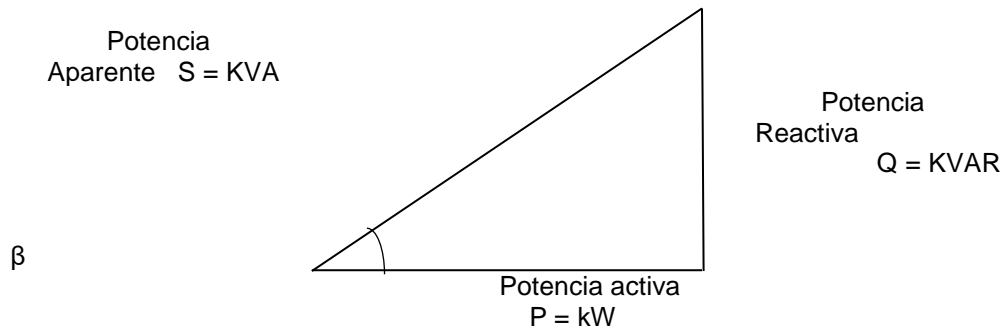
$$I = \frac{61.3 \text{ KVA}}{\sqrt{3}(460)(0.80)(0.75)}$$

$$I = 74.21 \text{ amperios}$$

3.1.1.6. Factor de potencia

Llamado triángulo de potencias. Es la mejor forma de comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de β , así como su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

Figura 39. Triángulo de factor de potencia



Fuente: elaboración propia.

El resultado de esta operación será “1” o un número fraccionario menor que “1”, en dependencia del factor de potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico, según contenga un circuito inductivo, resistivo o una combinación de ambos. Ese número responde al valor de la función trigonométrica “coseno”, equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (**P**) y (**S**).

Si el número que se obtiene como resultado de la operación matemática es un decimal menor que “1” (como por ejemplo 0,95), dicho número representará el factor de potencia correspondiente al desfase en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión o voltaje en el circuito de corriente alterna. Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a “1”, así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía eléctrica, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

Sin embargo, un circuito inductivo en ningún caso alcanza factor de potencia igual a "1", aunque se empleen capacitores para corregir completamente el desfase que se crea entre la potencia activa (**P**) y la aparente (**S**).

Tabla VI. Tabla de selección de cable eléctrico para conexión eléctrica

Motores asincrónicos trifásicos 4 polos 50/60Hz

| Potencia | 433/ | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | 220V | 230V | 380V | 400V | 415V | 440V | 460V | 575V | 660V | 1000V | |
| | (1) | | | | | (1) | | | | | |
| KW | CV | A | A | A | A | A | A | A | A | A | |
| 0,37 | 0,5 | 1,8 | 2 | 1,03 | 0,98 | - | 0,99 | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |
| 0,55 | 0,75 | 2,75 | 2,8 | 1,6 | 1,5 | - | 1,36 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,6 |
| 0,75 | 1 | 3,5 | 3,6 | 2 | 1,9 | 2 | 1,68 | 1,8 | 1,4 | 1,1 | 0,75 |
| 1,1 | 1,5 | 4,4 | 5,2 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,37 | 2,6 | 2,1 | 1,5 | 1 |
| 1,5 | 2 | 6,1 | 6,8 | 3,5 | 3,4 | 3,5 | 3,06 | 3,4 | 2,7 | 2 | 1,3 |
| 2,2 | 3 | 8,7 | 9,6 | 5 | 4,8 | 5 | 4,42 | 4,8 | 3,9 | 2,8 | 1,9 |
| 3 | - | 11,5 | - | 6,6 | 6,3 | 6,5 | 5,77 | - | - | 3,8 | 2,5 |
| - | 5 | - | 15,2 | - | - | - | 7,6 | 6,1 | - | - | 3 |
| 4 | - | 14,5 | - | 8,5 | 8,1 | 8,4 | 7,9 | - | - | 4,9 | 3,3 |
| 5,5 | 7,5 | 20 | 22 | 11,5 | 11 | 11 | 10,4 | 11 | 9 | 6,6 | 4,5 |
| 7,5 | 10 | 27 | 28 | 15,5 | 14,8 | 14 | 13,7 | 14 | 11 | 6,9 | 6 |
| 9 | - | 32 | - | 18,5 | 18,1 | 17 | 16,9 | - | - | 10,6 | 7 |
| 11 | 15 | 39 | 42 | 22 | 21 | 21 | 20,1 | 21 | 17 | 14 | 9 |
| 15 | 20 | 52 | 54 | 30 | 28,5 | 28 | 26,5 | 27 | 22 | 17,3 | 12 |
| 18,5 | 25 | 64 | 68 | 37 | 35 | 35 | 32,8 | 34 | 27 | 21,9 | 14,5 |
| 22 | 30 | 75 | 80 | 44 | 42 | 40 | 39 | 40 | 32 | 25,4 | 17 |
| 30 | 40 | 103 | 104 | 60 | 57 | 55 | 51,5 | 52 | 41 | 31,6 | 23 |
| 37 | 50 | 126 | 130 | 72 | 69 | 66 | 64 | 65 | 52 | 42 | 28 |
| 45 | 60 | 150 | 154 | 85 | 81 | 80 | 76 | 77 | 62 | 49 | 33 |
| 55 | 75 | 182 | 192 | 105 | 100 | 100 | 90 | 96 | 77 | 61 | 40 |
| 75 | 100 | 240 | 248 | 138 | 131 | 135 | 125 | 124 | 99 | 82 | 53 |
| 90 | 125 | 295 | 312 | 170 | 162 | 165 | 146 | 156 | 125 | 98 | 65 |
| 110 | 150 | 356 | 360 | 205 | 195 | 200 | 178 | 180 | 144 | 118 | 78 |
| 132 | - | 425 | - | 245 | 233 | 240 | 215 | - | - | 140 | 90 |

Fuente: *Guía de diseño de instalaciones eléctricas, según normas internacionales IEC.*

<http://www.schneiderelectric.es>. Consulta: 2017.

En la tabla anterior se observa la potencia en KW del lado izquierdo que puede tener un motor eléctrico, en la parte superior está el voltaje con el que se puede realizar la conexión eléctrica y la combinación de las dos da el dato de la corriente consumida.

El factor de potencia aplicado que tiene el compresor es importante para seleccionar el cable que se va a utilizar en la alimentación del compresor, por tal motivo se selecciona el cable número dos, el cual tiene un parámetro máximo de 90 amperes ó 95 amperios. Así se toma la decisión de dejarlo holgado para soportar los picos que tiene el compresor al momento de entrar en carga.

Factor de potencia, F_6 .

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{37.3 \text{ KW}}{61.3 \text{ KVA}}\right)$$

$$\beta = 52.5^\circ \quad \cos 52.5^\circ = 0.61 = fp$$

Corriente consumida por el motor con un factor de potencia igual a 0,61, F₂.

$$I = \frac{37.3 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 460 * 0.61 * 0.80} \quad I = 96,05 \text{ amperios}$$

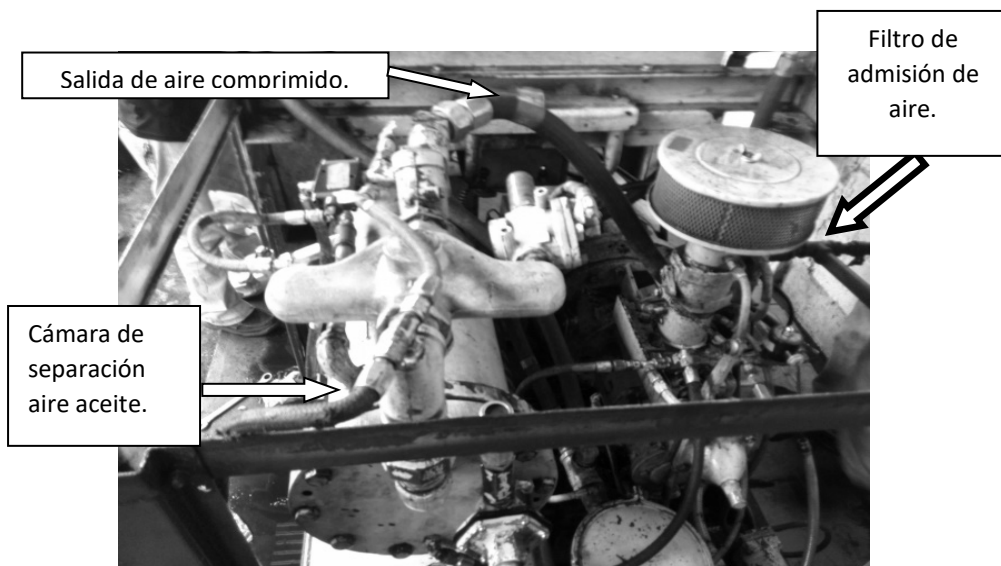
Corriente consumida por el motor con un factor de potencia igual a 1, F₂.

$$I = \frac{37.3 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 460 * 1 * 0.8} = 77,56 \text{ amperios}$$

3.1.1.7. Limpieza de dispositivo de graduación de tornillo de flujo y presión de trabajo del compresor

La limpieza se realiza con desengrasante, se aplica superficial a la tubería donde recircula el aceite y la tubería de aire comprimido. Esto se realiza para evitar que se creen capas de aceite con polvo, lo cual crea calentamiento en la tubería y en accesorios mecánicos de mando de los controladores de presión de aire para realizar los cambios de presión de corte y presión de admisión.

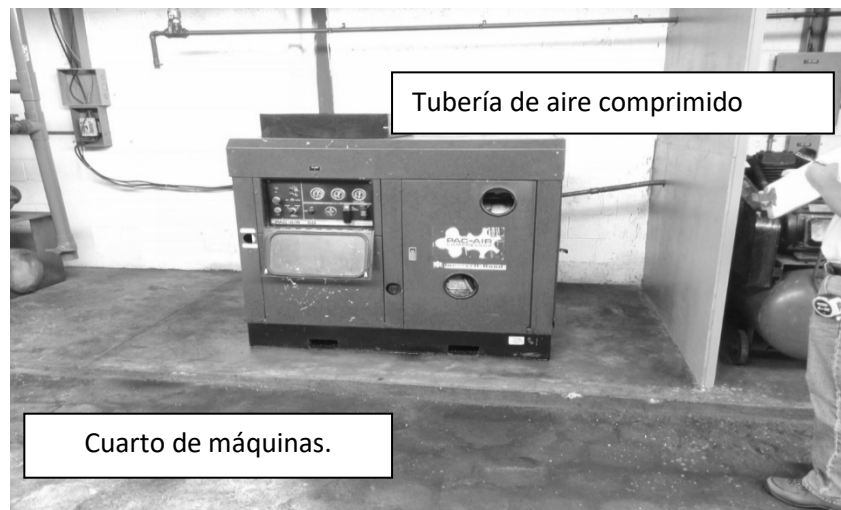
Figura 40. Parte mecánica de compresor Ingersoll Rand



Fuente: elaboración propia.

Es un dispositivo que trabaja por medio de un diafragma que, al aumento de presión, desconecta la alimentación de aire comprimido al momento de disminuir la presión y deja que entre de nuevo la presión de aire comprimido.

Figura 41. Instalación de compresor Ingersoll Rand, en cuarto de máquinas



Fuente: elaboración propia.

3.2. Tubería y accesorios para aire comprimido

Una red de aire comprimido de cualquier industria cuenta con los siguientes dispositivos:

- Filtro del compresor: este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión, con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema (ver figura 42).
- Compresor: es el encargado de convertir la energía mecánica en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo (ver figura 42).

- Postenfriador: es el encargado de eliminar gran parte del agua que encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad (ver figura 42).
- Tanque de almacenamiento: almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad (ver figura 42).
- Filtros de línea: se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red (ver figura 42).
- Secadores: se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco (ver figura 43).

Figura 42. Partes de sistema de aire comprimido de empresa dedicada a accesorios y carnadas de pesca



Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Secador refrigerativo marca Kaeser



Fuente: elaboración propia.

Los elementos se ubican en la tubería principal, su presencia es obligatoria en todas las redes de aire comprimido. Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta.

La tubería principal debe tener la mayoría de sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. La velocidad máxima del aire que pasa por ella no debe sobrepasar los 8m/s.

Tabla VII. Tipo de tubería utilizada en la distribución de aire comprimido

| Material | Ventajas | Desventajas |
|---------------------------|--|---|
| Acero negro. | <ul style="list-style-type: none"> - Costo de materiales moderado. - Disponibilidad de múltiples diámetros. | <ul style="list-style-type: none"> - Largo tiempo de instalación. - Fugas y oxidación. - La rugosidad del interior promueve la formación de contaminantes provocando caídas de presión. |
| Acero galvanizado. | <ul style="list-style-type: none"> - Costo de materiales moderado. - Disponibilidad de múltiples diámetros. - Protección ligera contra oxidación. | <ul style="list-style-type: none"> - A menudo solo el exterior está galvanizado. - Largo tiempo de instalación. - La rugosidad del interior promueve la formación de contaminantes provocando caídas de presión. - Riesgo de oxidación y fugas en uniones. |
| Cobre. | <ul style="list-style-type: none"> - No hay oxidación, buena calidad de aire. - Baja rugosidad en el interior del tubo – caída de presión mínima. | <ul style="list-style-type: none"> - Requiere buena calidad de soldadura para evitar fugas. - La soldadura es susceptible a ciclos térmicos. - La instalación requiere de flama abierta. |
| Acero inoxidable. | <ul style="list-style-type: none"> - No hay oxidación, buena calidad de aire. - Baja rugosidad en el interior del tubo – caída de presión mínima. | <ul style="list-style-type: none"> - Largo tiempo de instalación. - Alto costo del material. |
| PVC. | <ul style="list-style-type: none"> - Ligero. - Económico. | <ul style="list-style-type: none"> - Poca seguridad. - En algunos lugares no cumple determinadas normas. - Puede acumular carga estática. - Tiene tendencia al estallido en caso de falla. - Los adhesivos no son compatibles con los tipos de aceite utilizados en los compresores. |
| Aluminio. | <ul style="list-style-type: none"> - Resistente a la corrosión. - Ligero. - Fácil de instalar. | <ul style="list-style-type: none"> - Alto costo del material. |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería.* 2015, primera edición.

3.2.1. Tubería principal

Se deriva de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad no debe superar los 8m/s.

3.2.2. Tuberías secundarias y tuberías de servicio

Son las que surten los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellos se ubican las unidades de mantenimiento para procurar no sobrepasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de $\frac{1}{2}$. Puesto que generalmente son segmentos cortos, las pérdidas son bajas y, por tanto, la velocidad del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15m/s.

3.2.3. Pérdida de presión de algunos dispositivos

Velocidad de circulación: esta velocidad debe controlarse puesto que su aumento produce mayores pérdidas de presión.

- Todo movimiento de un fluido por una tubería produce una pérdida de presión debido a su rugosidad, diámetro asociado y a que crea condensación interna en la tubería. La selección de los diámetros de las tuberías de una red de aire se determina según los principios de la mecánica de fluidos y para ello se utilizan ecuaciones y diagramas.
- El material más usado en las tuberías de aire es el acero. Debe evitarse utilizar tuberías soldadas puesto que aumentan la posibilidad de fugas, más bien se recomiendan las tuberías estiradas. Actualmente en el mercado se encuentra un nuevo tipo de tuberías en acero anodizado que, aunque más costosas, tienen una mayor duración que las de acero.
- La identificación es una parte importante del mantenimiento. Según la norma UNE 1063, las tuberías que conducen aire comprimido deben ser pintadas de azul moderado (UNE 48 103).

La tubería de una red no necesita mantenimiento fuera de la corrección de fugas que se producen más en las conexiones que en la tubería en sí. En caso que la tubería presentara obstrucción por material particulado, debe limpiarse o reemplazarse aunque esto no es común en las empresas.

3.2.4. Tipo de accesorios utilizados en la instalación

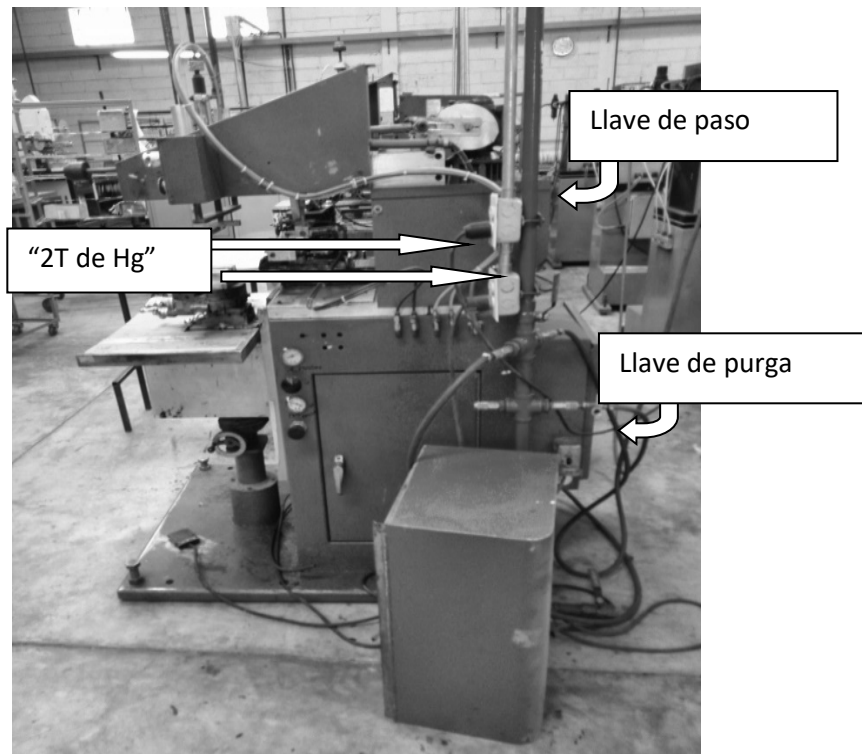
En el montaje e instalación de la tubería en la planta de accesorios y carnadas de pesca, se utiliza tubería de acero galvanizado de semiproceso por la presión que se necesita para trabajar, el tipo de aire comprimido a utilizar es un aire industrial y no necesita procesos de purificación específicos. El sistema tiene que ser un sistema cerrado para mantener la presión constante y que no se cree caída de presión en puntos de la planta al momento del consumo.

Figura 44. Instalación de aire comprimido en el área de decorado, tubería instalada desde la parte de arriba



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Ramal de aire comprimido diseñado con 2 “T” de hierro galvanizado, 4 tomas rápidas de aire, 1 llave de paso para cerrar paso de aire y 1 llave de paso para realizar la purga programada



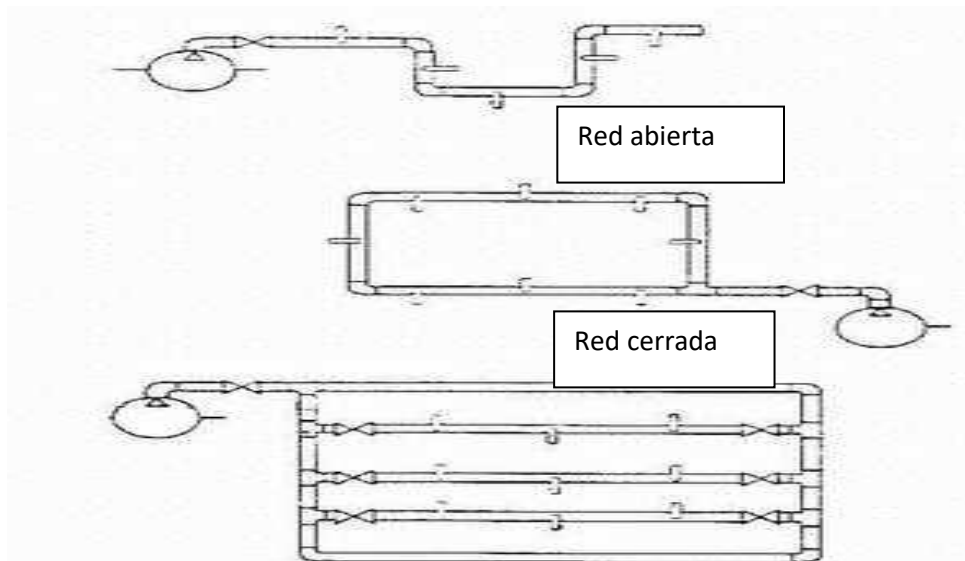
Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Análisis de sistema de tubería abierta y cerrada para realizar instalación en la planta de accesorios y carnadas de pesca

Existen varias configuraciones de una red de aire comprimido tal como se muestra en la figura 46. En una red de aire el factor más esencial de todos es la distribución de agua, puesto que los datos de pérdidas, velocidad, presión y otros pueden ser calculados matemáticamente sin mayor dificultad.

En cambio las zonas de acumulación de agua en una red han de ser detectadas por la pericia del ingeniero.

Figura 46. Posibles configuraciones de las redes de aire, vistas desde arriba



Fuente: HORACIO, C.; QUIROZ, E. *Redes de aire comprimido*.

<http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml#ixzz4eRXnnuqR>.

Consulta: 2017.

- Red abierta:

Se constituye por una sola línea principal, de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio tal como se muestra en la figura 46. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en la red pueden implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados tal como se muestra en la figura 45. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire, aguas abajo del punto de corte, lo que implica una detención de la producción. Es la forma en la que se inició el proyecto en la planta de accesorios y carnadas de pesca. Fue por la utilización de la tubería que tenía procedencia de México, esto se realizó para que no hubiera tanto gasto en la instalación de la tubería.

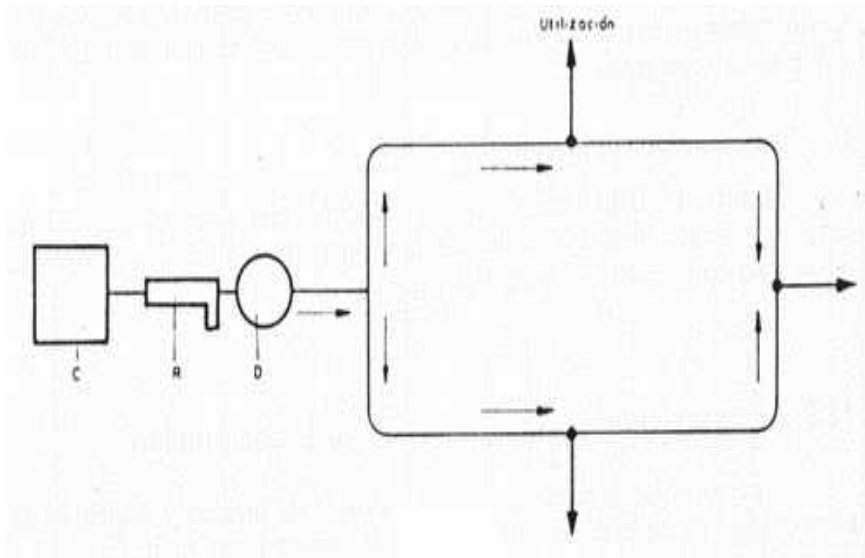
Al finalizar la tubería de procedencia de México se realizaron cotizaciones de tubería en hierro galvanizado de semiproceso y tubería de aluminio en empresas dedicadas a aire comprimido en Guatemala. La tubería de hierro galvanizado se compra en quetzales y la tubería de aluminio en dólares, un tubo de hierro galvanizado cuesta Q. 180,00 y un tubo de aluminio Q. 1 200,00, esto ocasiona que se finalice la instalación de la tubería de aire comprimido con tubería de hierro galvanizado.

- Red cerrada:

En esta configuración la línea principal constituye un anillo tal como se muestra en la figura 45. La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo, con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante, puesto que ciertas partes de ella pueden ser aisladas sin afectar la producción. Una desventaja importante de este sistema es la falta de dirección constante del flujo. La dirección del flujo en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y, por tanto, el flujo de aire cambiará de dirección dependiendo del consumo, tal como se muestra en la figura 47. El problema de estos cambios radica en que la mayoría de accesorios de una red, por ejemplo los filtros, son diseñados con una entrada y una salida.

Por tanto, un cambio en el sentido de flujo los inutilizaría. Debido a la falta de inversión para la compra de tubería para realizar la instalación en la planta se tomó la decisión de iniciar en un sistema abierto con la tubería de 3 pulgadas, para que se utilizara toda la tubería hasta llegar a la tubería de 1 pulgada, esto ocasionó que el compresor se mantuviera generando aire por no tener un sistema que entre en descanso al momento de cargar la tubería, lo cual repercutía en que se activara una válvula de alivio para que no hubiera un aumento de presión y que se quebrara la tubería.

Figura 47. Dirección del flujo en una red cerrada para una demanda característica



Fuente: HORACIO, C.; QUIROZ, E. *Redes de aire comprimido*.

<http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml#ixzz4eRXnnuqR>.

Consulta: 2017.

Otro defecto de la red cerrada es la dificultad de eliminar los condensados debido a la ausencia de inclinaciones tal como se muestra en la figura 46. Esto hace necesario implementar un sistema de secado más estricto en el sistema, formado por:

- Red interconectada: esta configuración es igual a la cerrada pero con la implementación de *bypass* entre las líneas principales.
- Este sistema presenta un excelente desempeño frente al mantenimiento pero requiere la inversión inicial más alta. Además, la red interconectada presenta los mismos problemas que la cerrada. Este tipo de conexión se realizó al secador Kaeser que se instaló en la planta por cualquier mantenimiento que tuviera el secador para aislarlo por cualquier problema.

3.2.6. Inclinación de tubería

En las redes abiertas se debe permitir una leve inclinación de la red en el sentido de flujo del aire. Esto con el fin facilitar la extracción de los condensados. Dicha inclinación puede ser de un 1 %. Al final debe instalarse una válvula de purga como en la figura 9, página 14.

3.2.7. Diseño de la red

La primera labor de diseño de una red de aire comprimido es levantar u obtener un plano de la planta donde claramente se ubiquen los puntos de demanda de aire, anotando su consumo y presión requeridos. También se debe identificar el lugar de emplazamiento de la batería de compresores.

Es importante realizar una buena labor en la puesta para que, una vez establecida la distribución, influya en las futuras ampliaciones y mantenimiento de la red.

Para el diseño de la red se recomiendan las siguientes observaciones:

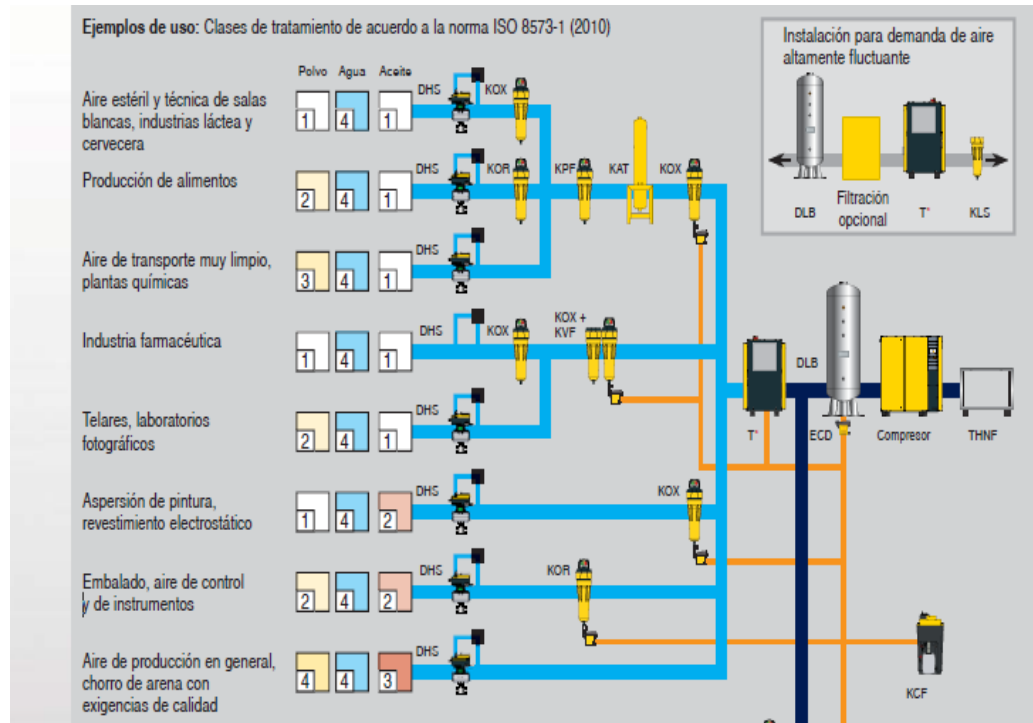
- Diseñar la red con base en la arquitectura del edificio y de los requerimientos de aire (ver figura 44).
- Procurar que la tubería sea lo más recta posible, con el fin de disminuir la longitud de tubería, número de codos, accesorio T de hierro galvanizado y cambios de sección que aumentan la pérdida de presión en el sistema (ver figura 44).
- La tubería siempre deber ir instalada aéreamente. Puede sostenerse de techos y paredes. Esto con el fin de facilitar la instalación de accesorios, puntos de drenaje, futuras ampliaciones, fácil inspección y accesibilidad para el mantenimiento (ver figura 45).

- La tubería no debe entrar en contacto con los cables eléctricos para evitar accidentes (ver figura 41).
- Antes de implementar extensiones o nuevas demandas de aire en la red, debe verificarse que los diámetros de la tubería sí soportan el nuevo caudal (ver figura 45).
- Un buen diámetro de la tubería principal evita problemas ante una ampliación de la red. La línea principal deberá tener una leve inclinación en el sentido de flujo del aire para instalar sitios de evacuación de condensados (ver figura 44).
- Para el mantenimiento es esencial que se ubiquen llaves de paso frecuentemente en la red. Con esto se evita detener el suministro de aire en la red cuando se hagan reparaciones de fugas o nuevas instalaciones (ver figura 44).
- Las conexiones de tuberías de servicio o bajantes deben hacerse desde la parte superior de la tubería secundaria, para evitar el descenso de agua por gravedad, hasta los equipos neumáticos y su deterioro asociado. Ejemplo de dicha conexión se muestra en la figura 44.

3.3. Filtro de purificación de aire comprimido Kaeser

Por el tipo de aire que se utiliza en la planta de accesorios y carnadas de pesca, el cual es un aire industrial, se usan diferentes tipos de pinturas con *thinners* especiales a los que no se les puede agregar agua ni partículas de aceite. Es necesario colocar un filtro KOR después de la salida del secador refrigerativo, con la salvedad de que el secador absorbe el condensado con partículas del aceite que pasa del compresor de tornillo y el tanque de presurización y que necesita un sistema que cuente de la siguiente configuración en generación de aire comprimido: el grado de tratamiento que recomienda Kaeser se ajusta a las necesidades con tratamiento de aire con secador refrigerativo (punto de rocío +3°C (+37.4 °F)), con tratamiento de acuerdo a la norma ISO 8573-1 (2010).

Figura 48. Tipo de redes suministradas por compresores recomendadas por compresores Kaeser



Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería*. 2015, primera edición.

La figura anterior explica qué tipo de instalaciones se pueden utilizar en diferentes empresas industriales que existen a nivel guatemalteco. En la empresa de carnadas y accesorios de pesca la decisión tomada para la instalación fue una configuración 1, 4, 2, según la figura 48.

Es una configuración de aire comprimido industrial y la planta que utiliza el aire para realizar diversos procesos de pintura es adecuada.

1 4 2 Embalado, aire de control y de instrumentos.

Compresor, tanque + secador, filtro KOR.

- **Filtro KAESER KOR**

Tabla VIII. Características de Filtro KOR instalado en sistema de aire de planta de accesorios y carnadas de pesca

| Tipo | Descripción | | Tipo | Color de hule espuma | |
|------|---|--|---|----------------------------------|---------------------------------------|
| KOR | Filtro de remoción de aceite de alta eficiencia. | | Filtro coalescente de alta eficiencia (99.99+ %) | Rojo | |
| Tipo | Dónde utilizarse | Remoción de partículas sólidas (tamaño máximo en micrones) | Eficiencia de remoción de líquidos (en condiciones nominales) | Carga máxima de líquidos ppm w/w | Contenido de aceite remanente ppm w/w |
| KOR | Prefiltro – antes de un secador desecante o de membrana Posfiltro - <ul style="list-style-type: none"> • Después de un secador refrigerativo. • Después de un secador desecante por variación de presión (sin calor). • Remoción de aceite en el punto de uso. | 0.01 | 99.99+ % De aceite | 1000 Aerosoles | 0.008 Aerosoles |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. 2015, primera edición.*

Se instala un filtro KOR con las especificaciones anteriores, por la utilización de aire comprimido industrial que solo se necesita que no contenga partículas de agua y de aceite en su circulación en la tubería. Existen diferentes sistemas de generación de aire comprimido pero el adecuado para la planta de carnadas y accesorios de pesca es de aire comprimido industrial. Para el mantenimiento y reemplazo del elemento del filtro tipo KOR se necesita:

- Caída de presión inicial seca: 1 a 2 psi (0,07 a 0,14 kgf/cm²), esto significa que cuando se pone un filtro nuevo hay una pérdida de presión por el paso del aire comprimido en el elemento.
- Caída de presión operacional: cuando se satura el filtro de agua (húmedo), la caída de presión se incrementa de 2 a 6 psi (0,14 a 0,42 kgf/cm²). Se aumentará la caída de presión cuando el elemento se satura con partículas sólidas. Los datos anteriores se toman del manual de instalación del filtro KOR, del año 2013, versión 1.

Para lograr la máxima eficiencia de filtrado se reemplaza el elemento cuando la presión alcanza 6 psi 0,42 kgf/cm², cuando el indicador se mantenga en la zona roja o una vez al año. Esto se realiza por mantenimiento preventivo para que la tubería no se contamine con partículas de aceite y así evitar que los procesos que utilizan el aire comprimido se contaminen.

3.4. Secador refrigerativo

El secador enfría el aire comprimido. A medida que el aire comprimido se enfría, su capacidad para retener humedad se reduce y el exceso se precipita fuera del equipo en forma de condensado. El condensado se separa y se drena.

Figura 49. Secador refrigerativo marca Kaeser



Fuente: elaboración propia, secador refrigerativo instalado en planta de carnadas y accesorios de pesca.

Tabla IX. Condiciones ambientales de secador Kaeser

| Modelo | TD 51 | TD 61 |
|---|----------|----------|
| Temperatura ambiente permitida (°F) | 40 – 110 | 40 – 110 |
| Temperatura del aire de enfriamiento (°F) | 40 – 110 | 40 – 110 |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. 2015, primera edición.*

Tabla X. Presión máxima del sistema de aire comprimido Kaeser

| Modelo | TD 51 | TD 61 |
|----------------------------------|-------|-------|
| Caída de presión (Psi) | 1.6 | 1.5 |
| Caudal nominal (cfm) | 201 | 247 |
| Máxima presión de trabajo (psig) | 232 | 232 |
| Presión de punto de rocío (°F) | 35 | 35 |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. 2015, primera edición.*

Datos de desempeño a 100°F en la admisión del aire, 100 psig y 100°F de temperatura ambiente.

Tabla XI. El secador refrigerativo contiene un agente refrigerante clasificado por el protocolo de Kioto como un gas fluoridizado que no contribuye al calentamiento global

| Modelo | TD 51 | TD 61 |
|--|---------|---------|
| Agente refrigerante | R 134 A | R 134 A |
| Posible calentamiento global (PCG) | 1300 | 1300 |
| Max. Presión de trabajo lado HP. (psig) | 261 | 261 |
| Max. Presión de trabajo lado LP (psig) | 232 | 232 |
| Interruptor de presión de seguridad. Presión máxima de corte (psig) | 261 | 261 |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. 2015, primera edición.*

Tabla XII. Nivel acústico de la presión

| Modelo | TD 51 | TD 61 |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Nivel acústico de la presión [dB(A)] | < 70 | < 70 |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. 2015, primera edición.*

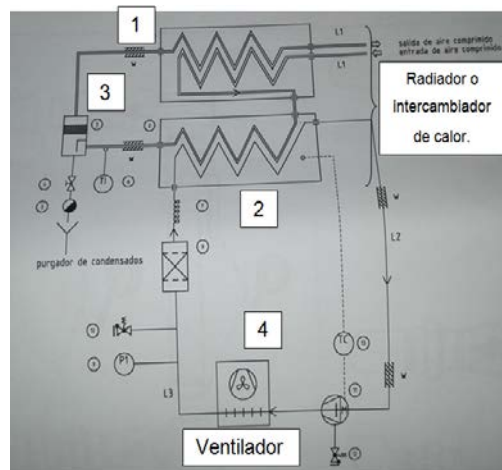
Tabla XIII. Especificación del suministro eléctrico

| Modelo | TD 51 | TD 61 |
|--|------------|------------|
| Interruptor principal de desconexión [A] | 10 | 10 |
| Cable eléctrico | 4 x AGW 14 | 4 x AGW 14 |
| Corriente emitida [A] | 2.6 | 3.3 |

Fuente: Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. 2015, primera edición.*

Suministro de corriente nominal, en la conexión que se detalla es conexión 460V±10%/3/60Hz en configuración estrella.

Figura 50. Sistema de operación de secador refrigerativo Kaeser



Fuente: Kaeser. *Manual de servicio de secador refrigerativo TD, elaborado por especialistas en aire comprimido e ingeniería. Consulta: 2017.*

- Etapa 1

El aire comprimido caliente que ingresa a la primera sección del intercambiador de calor cede parte de su calor al aire comprimido frío y seco que abandona el secador (ver figura 50).

- Etapa 2

El aire se sigue enfriando en la segunda parte del intercambiador de calor por el cual circula el refrigerante. El refrigerante pierde su calor a medida de circula por el condensador (ver figura 50).

- Etapa 3

Un sistema de separación de varias etapas y libre de mantenimiento elimina el condensado que se precipita del aire comprimido, a medida que este se enfría. Uno o varios drenajes de condensado, dependiendo del modelo del secador, expulsa el condensado del secador (ver figura 50).

- Etapa 4

El aire seco frío adquiere algo de calor del aire comprimido caliente que ingresa en la primera parte del intercambiador de calor, a través del cual pasa antes de abandonar el secador. La humedad relativa del aire comprimido se ha reducido en cerca del 21 % (ver figura 50).

3.5 Análisis de consumo de CFM por totalidad de máquinas

Con la falta de información de los equipos procedentes de México para crear la lista del consumo por equipos, y por la falta de instrumentos para realizar el análisis, se toma la decisión de trabajar con la empresa Kaeser Compresores, que realiza un estudio en el cual se mide el nivel de consumo que tiene la planta y el nivel de rocío que tiene el aire suministrado por el compresor.

El consumo eléctrico que tiene el compresor Ingersoll Rand es de 460 voltios trifásicos en conexión delta, la eficiencia de compresión del mismo es 65,64 %, este dato se toma del estudio realizado por Kaeser Compresores el 23 de abril del 2014.

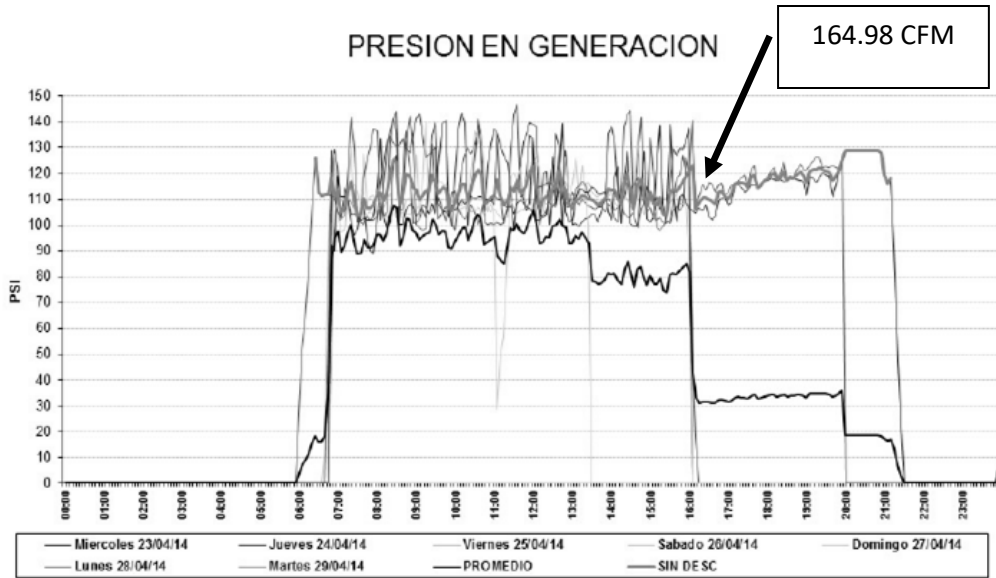
La gráfica 51 explica las variaciones de presión con respecto al tiempo, también se utiliza para sacar un promedio de la presión constante que necesita la planta para producir presión máxima = 149 Psi, presión promedio = 114,91 Psi, en un promedio de ocho horas de trabajo que tiene la planta de accesorios y carnadas de pesca.

Tabla XIV. Datos técnicos del compresor

| Marca | Modelo | Entrega de aire | Potencia nominal | Presión |
|----------------|------------|-----------------|------------------|---------|
| Ingersoll Rand | Pac Air 50 | 206 cfm | 50 hp | 125 psi |

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Gráfica de presión Vrs. Por día

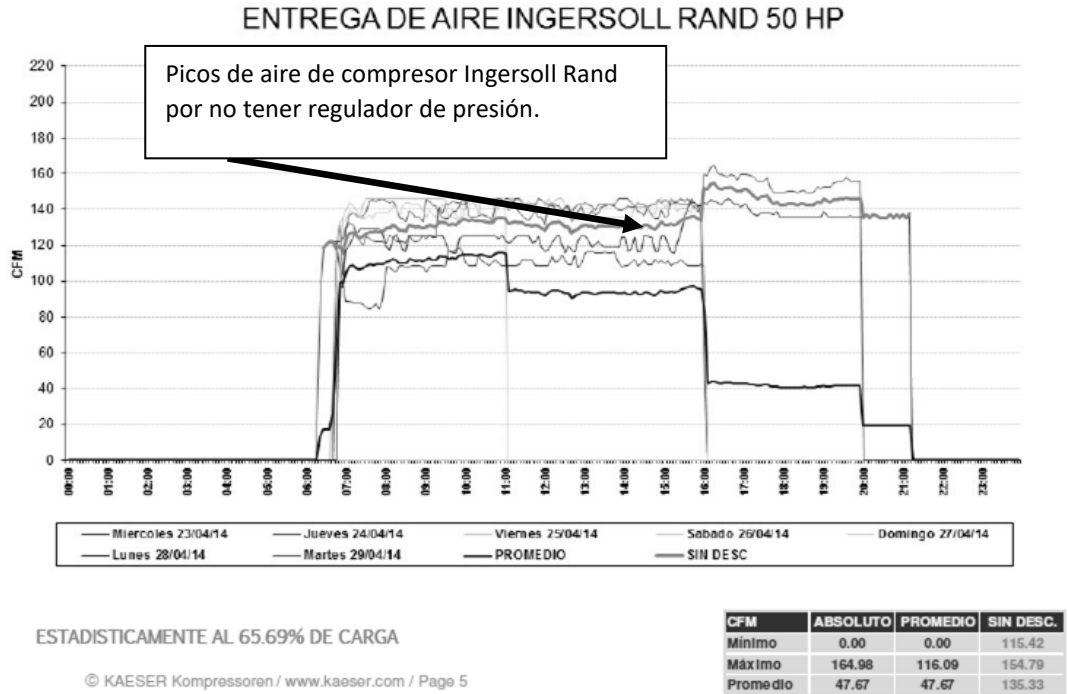


Fuente: Kaeser Compresores. Estudio del 23 de abril del 2014. Consulta: 2017.

En la figura 51 se puede observar la eficiencia que tiene el compresor Ingersoll Rand por ser de 50Hp, con lo cual debería generar 206 CFM. En el estudio realizado se observa la tabla XIII, es decir que el compresor trabaja al 65,69 % de generación de aire y 164,98 CFM.

La empresa de carnadas y accesorios de pesca entiende esta generación por la pérdida que tiene el compresor por la tubería al ser un sistema abierto, y que el compresor no tiene una disminución de generación de aire por no tener una regulación de potencia y por ser un compresor del año 1974, lo cual ocasiona que se genere aire comprimido arriba de lo necesario y se deba desechar en el ambiente por no poder utilizarse.

Figura 52. Gráfica de CFM Vrs. Tiempo



Fuente: Kaeser Compresores. Estudio del 23 de abril del 2014. Consulta: 2017.

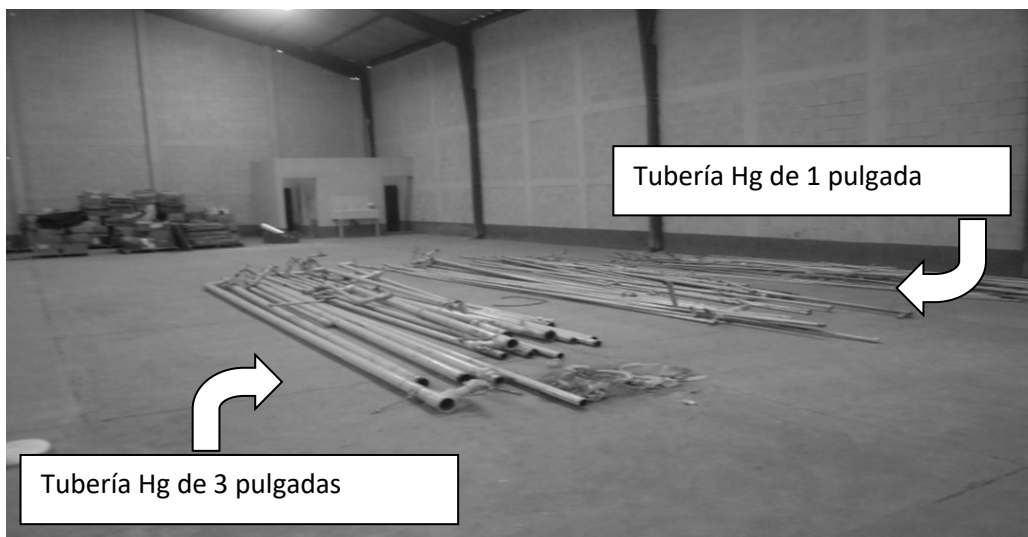
La demanda de aire durante la medición en promedio es de 47 cfm con picos de hasta de 164 cfm. Realizando un análisis de lo obtenido en el compresor se ve que es sobredimensionado en la planta, lo cual ocasiona que se pierda mucho aire comprimido por la válvula de alivio que tiene el compresor.

3.6. Instalación de tubería

La tubería utilizada en la planta de accesorios y carnadas de pesca es tubería de hierro galvanizado, la cual es utilizada para transmisión de gases por tener una resistencia de 1265 Kg/cm², la cual también era utilizada en la planta de México.

Al momento de desinstalarla fue enviada a Guatemala para que se volviera a utilizar, lo cual ocasionó que se utilizara tubería NPT de diferentes diámetros: 3plg, 2 ½ plg, 2plg, 1 ½ plg, y 1 plg. Se explicará por qué se diseñó de la siguiente forma el sistema de tubería de aire comprimido con el material existente en el momento que se inició la colocación de aire.

Figura 53. Tubería utilizada en la instalación de aire comprimido



Fuente: elaboración propia.

Debe tenerse en cuenta la norma oficial mexicana nom-026-stps-2008, colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. En México existen diversos códigos de colores diseñados para identificar los fluidos (líquidos y gaseosos). Es útil establecer los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene y la identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. Para la correcta interpretación de esta norma, debe consultarse la siguiente Norma Oficial Mexicana vigente o la que la sustituya: NOM-018-STPS-2000. *Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.*

Tabla XV. Código de colores utilizado en México para instalaciones de fluidos

| COLOR DE SEGURIDAD | SIGNIFICADO | INDICACIONES Y PRECISIONES |
|--------------------|--|---|
| ROJO | Paro. | Alto y dispositivos de desconexión para emergencias. |
| | Prohibición. | Señalamientos para prohibir acciones específicas. |
| | Material, equipo y sistemas para combate de incendios. | Ubicación y localización de los mismos e identificación de tuberías que conducen fluidos para el combate de incendios. |
| AMARILLO | Advertencia de peligro. | Atención, precaución, verificación e identificación de tuberías que conducen fluidos peligrosos. |
| | Delimitación de áreas. | Límites de áreas restringidas o de usos específicos. |
| | Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes. | Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo. |
| VERDE | Condición segura. | Identificación de tuberías que conducen fluidos de bajo riesgo. Señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavajojos, entre otros. |
| AZUL | Obligación. | Señalamientos para realizar acciones específicas. |

Fuente: NOM-018-STPS-2000.

Por la anterior norma la tubería de aire comprimido traía color amarillo para realizar la identificación de las diferentes tuberías utilizadas en planta de accesorios y carnadas de pesca. Esto motivó que se cambiara color de pintura de la tubería de aire comprimido hacia color azul claro. Las tuberías son conductos formados por tubos, los cuales transportan el aire comprimido desde el compresor hasta los lugares de servicio. Pueden clasificarse en rígidas, semirrígidas y flexibles.

Las tuberías rígidas son aquellas que no poseen movimientos relativos, son usadas en las instalaciones permanentes a altas presiones y emplean tubos fabricados de base metálica. La tubería utilizada en la planta de accesorios y carnadas de pesca fue tubería de hierro galvanizado a una presión de salida del compresor de 120 psi.

Entre las tuberías rígidas más utilizadas se encuentran:

- Tuberías de acero galvanizado de peso normalizado, usadas cuando las instalaciones requieren de grandes diámetros (mayor de 4 pulgadas),

Diseño de instalación de tubería:

El diseño original está constituido por 3 naves de producción, las cuales se conforman así:

- Cuarto de máquinas: en esta área se encuentra el compresor Ingersoll Rand de 50 Hp con una capacidad de 206 CFM (pies cúbicos por minuto).
- Bodega A: en la cual se desarrollan los productos constituidos de plomo y recubrimiento de barnices en carnadas.
- Bodega B: en la cual se desarrolla el área de pintura por medio de aerógrafo, empaque, estampado en caliente, sumergidos en barniz UV (ultravioleta) y secado por medio de reactores UV (ultravioleta).
- Bodega C: área de bodega y derivaciones de aire comprimido a cabinas de pintura en aerógrafo.
- Identificación de nomenclatura en cuarto de máquinas y bodega A:

A_1 = bomba de vacío de 30 HP.

I_1 = compresor Ingersoll Rand.

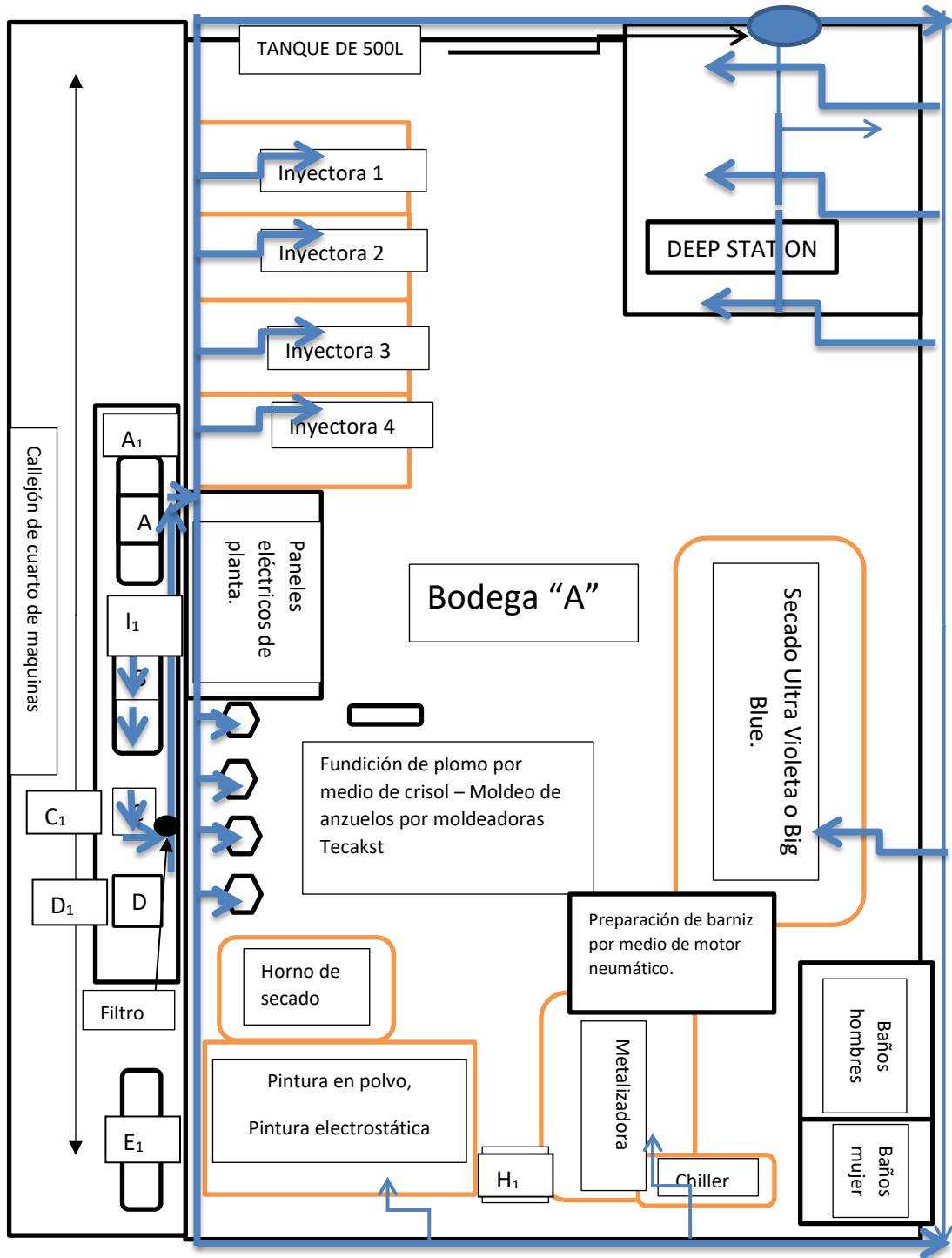
C_1 = tanque de aire comprimido de 1000 Lt.

D_1 = secador refrigerativo Kaeser.

E_1 = tanque de gas de 150 galones.

H_1 = bomba de vacío de 20 HP de metalizadora marca Stanford.

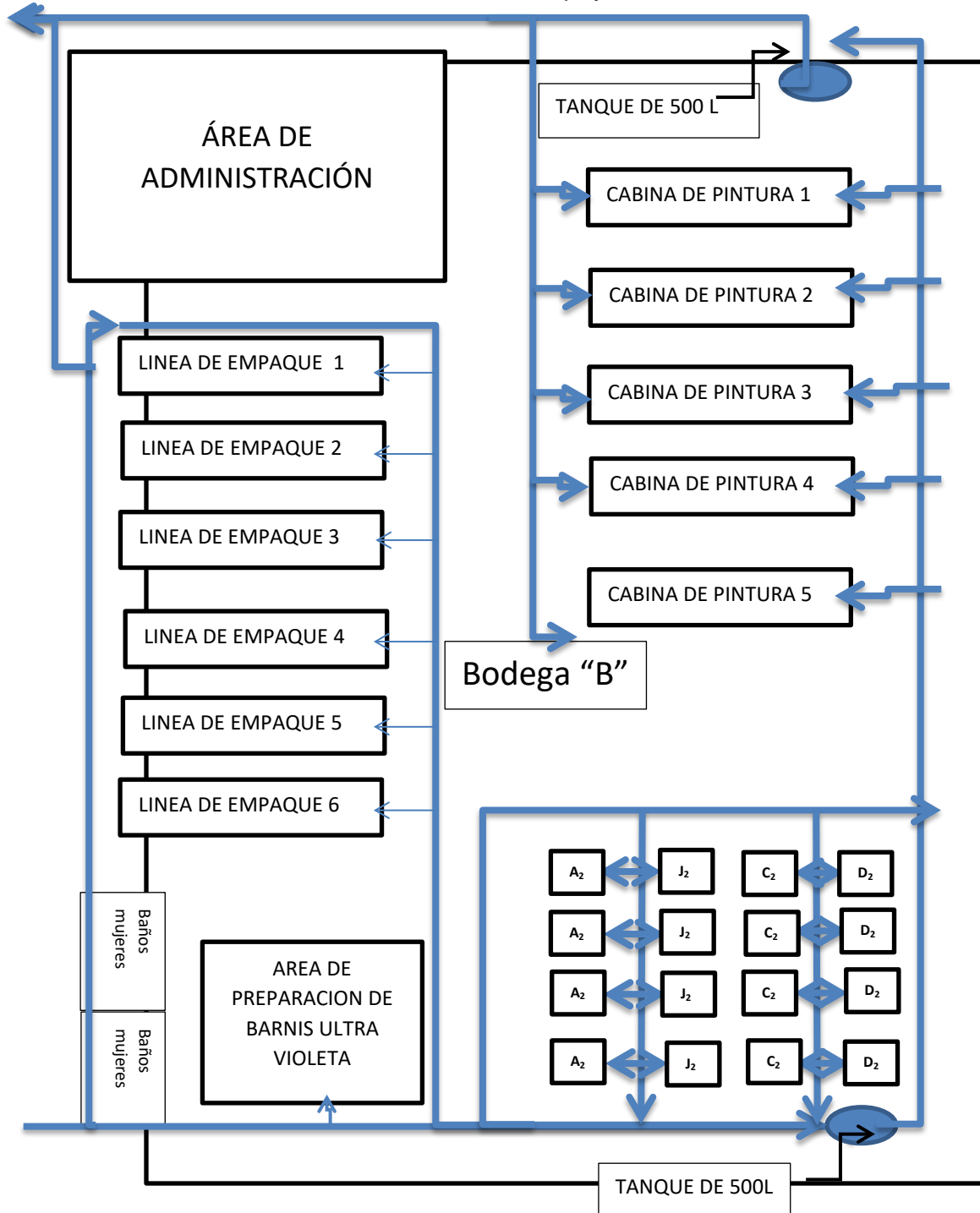
Figura 54. Plano de bodega A. Áreas de plomo, inyección, metalizado y pintura en polvo



Fuente: elaboración propia.

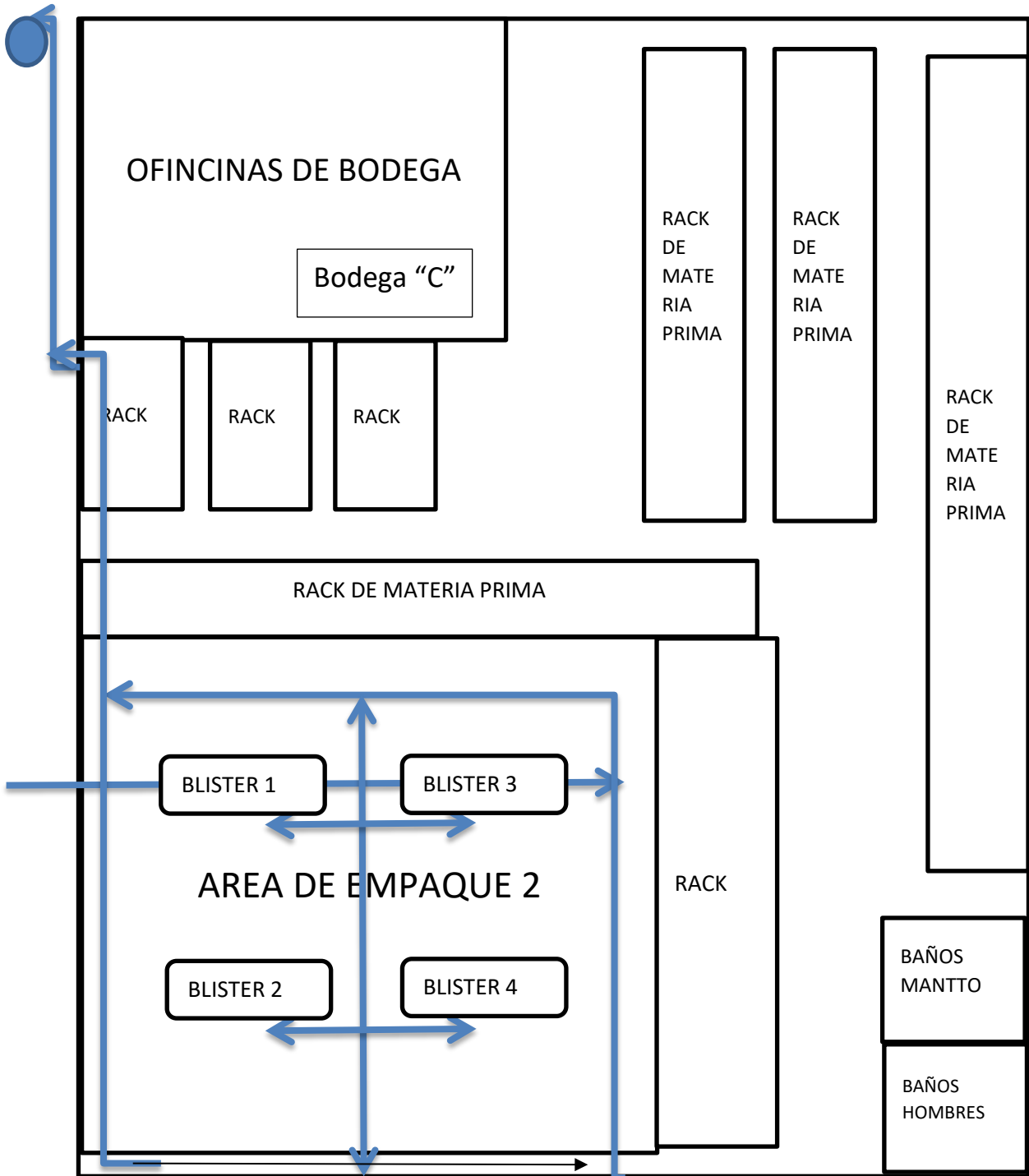
Figura 55. Plano de bodega B. Áreas de empaque y pintura por aerógrafo

A₂ = Imtrán, J₂ = Pad Print, C₂ = Hot stamp y D₂ = Reactores ultravioleta



Fuente: elaboración propia

Figura 56. Bodega C. Área de empaque 2



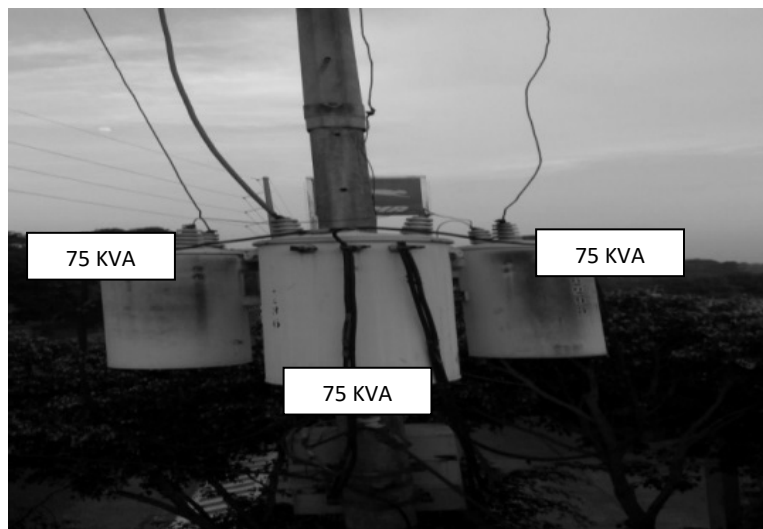
Fuente: elaboración propia.

4. SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO

4.1 Sistema de potencia estrella en primario y delta en secundario

La empresa generadora del sur conocida como Gesur fue la encargada de proporcionar el servicio eléctrico a la planta de accesorios y carnadas de pesca. La empresa solicitó un cambio de servicio de 240 voltios trifásico con configuración estrella-delta con transformadores de 25 KVA en el secundario, tomando en cuenta que la entrada en el primario era de 13800 voltios a un servicio de 460 voltios trifásico con configuración estrella-delta con transformadores de 75 KVA, lo cual aumentó la potencia del sistema eléctrico contratado a 225 KVA. La empresa Gesur realizó el cambio de transformadores y las conexiones debidas para realizar la alimentación de 13800 voltios para la planta.

Figura 57. Banco de transformadores de planta de accesorios y carnadas de pesca conexión Y – Δ .



Fuente: elaboración propia, conexión primaria estrella y conexión secundaria en delta.

4.2. Banco de transformadores estrella – delta Y – Δ, 460 voltios, 3ø

Esta subestación se realiza en líneas de distribución en 13 800 voltios trifásicos a una transformación de 460 voltios trifásicos, en conexión estrella-delta. Se instala equipos en este voltaje para que consuman menos amperaje y que se aproveche la carga para evitar pérdidas por calentamiento.

En esta clase de transformadores las tres fases del bobinado primario están conectadas en estrella y las del secundario en triángulo. Aquí el voltaje de línea primario está relacionado con el voltaje de fase por $V_{L1} = \sqrt{3} V_{F2}$, mientras que el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de fase secundario $V_{L1} = V_{L2}$, por tanto la relación de voltaje de fase es: $m = V_{F1} / V_{F2}$.

Tabla XVI. Ecuaciones de transformación de voltaje de transformadores

| No. | Nomenclatura | Significado de ecuación | Ecuación |
|-----|----------------|---|--|
| 1 | B ₁ | Relación de voltaje primario con voltaje secundario. | $V_{L1} = \sqrt{3} V_{F2}$ |
| 2 | B ₂ | m = relación de voltaje de fase. | $m = \frac{V_{F1}}{V_{F2}}$ |
| 3 | B ₃ | Voltaje de línea 1 es igual al voltaje de línea secundaria. | $V_{L1} = V_{L2}$ |
| 4 | B ₄ | Ecuación de transformación de estrella-delta | $\frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \sqrt{3} * m$ |

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior es un resumen de ecuaciones para realizar una transformación de un voltaje primario de 13 800 voltios, 3ø, a un voltaje secundario 460 voltios, 3ø.

Análisis de ecuaciones B₁ y B₂, de transformación de voltaje:

Parte 1

$$V_{L1} = 13\,800 \text{ voltios}$$

V_{F2} = Voltaje de bobina primaria

$$V_{L1} = \sqrt{3} V_{F2} V_{L1} / \sqrt{3} = V_{F2} 13,800 V / \sqrt{3} = V_{F2}$$

V_{F2} = 7967 voltios en bobina primaria

Parte 2

$$m = V_{F1} / V_{F2}$$

$$V_{F1} = 7967 \text{ voltios} \quad V_{F2} = 460 \text{ voltios}$$

$$m = \frac{7967 \text{ Voltios}}{460 \text{ Voltios}} \quad m = 17.32 \text{ (constante adimensional)}$$

La relación de transformación “m” indica que la conexión Y- Δ es de $\sqrt{3}$ veces mayor que la relación de transformación de voltajes de fase o de espiras.

La conexión estrella – delta o estrella – triángulo se usa generalmente para bajar de un voltaje alto a uno voltaje medio. Una razón de ello es que se tiene un neutro para aterrizar el lado de alto voltaje, lo cual es conveniente y tiene grandes ventajas. La ecuación de capacidad de corriente en banco de transformadores trifásicos de 150 KV es:

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} \text{ Voltaje}}$$

$$I = \frac{225 \text{ KV}}{1.73 \times 480}$$

$$I = 271 \text{ Amperios}$$

Ventajas de la conexión Y – Δ:

- Esta conexión no presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos, puesto que se consume una corriente circulante en el lado de la delta (triángulo).
- Es conveniente para los transformadores reductores de tensión, debido a las características inherentes de los enrollamientos en estrella para altas tensiones y de los enrollamientos en triángulo para las bajas tensiones.
- El neutro del primario se puede conectar con la tierra.
- El neutro del primario se mantiene estable por el secundario en triángulo.
- Es estable con respecto a cargas desequilibradas, debido a que la delta redistribuye cualquier desequilibrio que se presente.

Las empresas dedicadas a instalaciones eléctricas de potencia en Guatemala, instalan conexiones estrella en el primario, que es el voltaje de 13 800 voltios en delta en el secundario transformado, esto se realiza para evitar el tercer armónico. Cuando se habla de armónicos en las instalaciones de energía (perturbaciones en la red), son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos.

Problemas producidos por los armónicos:

- Sobrecarga de los conductores neutros
- Sobrecalentamiento de los transformadores
- Disparos intempestivos de los interruptores diferenciales
- Sobrecarga de los condensadores de compensación del factor de potencia

La empresa dedicada a carnadas y anzuelos de pesca solicitó una instalación de potencia de 460 trifásica para instalar equipos en voltaje de 460 voltios trifásicos, los cuales eran los equipos que se utilizaban para los servicios primarios. El área de mantenimiento es la encargada de encender y apagar los equipos; lo generado por los equipos es utilizado en producción.

Los equipos son: el compresor de aire comprimido de 50 Hp para pintar carnadas y accesorios de pesca, la bomba de vacío de 30 Hp que se utilizaba para limpieza de barnices aplicados en los productos, la metalizadora Stokes Pennwalt y el secador de Big Blue (transporte de secado ultravioleta *home make*) para carnadas de pesca.

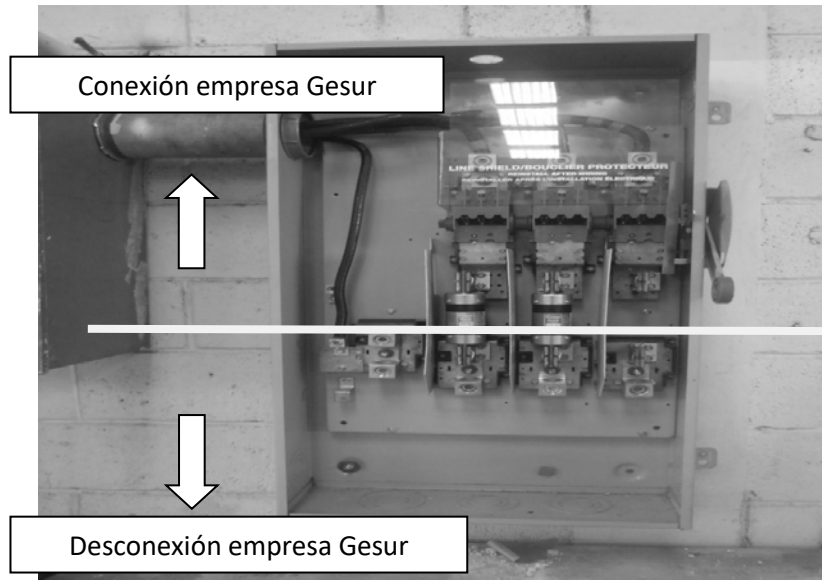
Figura 58. Instalación de tablero principal



Fuente: elaboración propia, se puede observar la caja de los transformadores de corriente del contador de planta.

Se puede ver el panel eléctrico principal en conexión de 460 voltios protegido por fusibles de 600 voltios y 300 amperios por línea. En esta instalación la línea alta quedó en la línea dos, con un voltaje de 406 voltios fase a neutro, con un sentido de rotación derecho.

Figura 59. Tablero principal con fusibles de protección de 300 amperios



Fuente: elaboración propia.

La caja de cuchillas es manual y se instaló para evitar los constantes apagones que se provocan en el área y evitar el retorno de voltaje no regulado, para proteger 225 KVA. Se colocó una caja de cuchillas con protección incorporada, para evitar sobrecargas que se producen por la inestabilidad que se tiene en el voltaje distribuido por Gesur por tener apagones por lo menos tres veces por semana.

Al momento de regresar el voltaje viene no regulado, lo cual provocaba que regresaran dos líneas o, en otro caso, tres líneas en diferentes voltajes, lo cual generaba que los interruptores magnéticos de los equipos se dispararan causando paros.

Esto ocasiona que el Departamento de Mantenimiento reinicie los equipos, por tal motivo se desconectaba la planta para evitar el voltaje no regulado de las líneas y paros más largos en producción. Esta medida ocasiona paros de tiempos mínimos.

Tabla XVII. Consumo de amperaje de equipos conectados en 460V trifásico

| No. | Equipo conectado | Potencia | Lugar de instalación | Amperaje |
|-----|--|------------------|----------------------|-----------|
| 1 | Compresor Ingersoll Rand | 50 Hp | Cuarto de máquinas | 77.71 A. |
| 2 | Metalizadora Penwalt | 25 Hp | Cuarto de máquina | 38.85 A. |
| 3 | Bomba de vacío Atex | 30 Hp | Bodega A | 46.63 A. |
| 4 | Big Blue <i>home make</i> (secado ultravioleta por medio de cadenas) | Aproximado 20 Hp | Bodega A | 31.10 A. |
| 5 | Consumo total de amperaje en 460V trifásico | | | 194.29 A. |

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos con amperímetro.

El panel eléctrico fue cableado con cable 250 MCM para un consumo de corriente de 410 amperios por líneas en voltaje 460, lo cual ocasionaba que en las tres líneas hubiera una línea alta en 406 voltios y las otras dos líneas tuvieran un voltaje 230 voltios. Esto creó la necesidad de instalar un transformador seco para reducir el voltaje de 460 trifásico a un voltaje de 208V trifásico, con la finalidad de utilizar las tres líneas y tener un sistema balanceado, que proveerá las tres líneas balanceadas delta-estrella para no sobrecargar solo dos líneas por tener un transformador delta-delta, por la utilización de sistemas monofásicos en 208 voltios.

| | | |
|-----------------------|-------|-----------------------|
| Y - Δ | ----- | Δ - Y |
| 13,800 V – 460 V | ----- | 460V – 208V |
| Primario – Secundario | ----- | Primario – Secundario |

4.3. Sub estación de distribución de potencia, delta-estrella para sistemas trifásicos en 208 voltios

Una subestación es un conjunto de elementos utilizados para transformar voltajes altos en voltajes bajos. Es una combinación de transformador e interruptores magnéticos que controlan la cantidad de amperaje que se utiliza para realizar la distribución en las bodegas. Se puede observar la figura 60.

Figura 60. Subestación de planta de carnadas y anzuelos de pesca



Fuente: elaboración propia.

Subestación de planta de carnadas y accesorios de pesca, reductor de voltaje 460V a 208V. Configuración $\Delta - Y$.

Este tipo de conexión no presenta muchos inconvenientes, su utilización ha de ser adecuada a las características generales que presenta la conexión en triángulo y estrella. Es empleada como conexión para transformadores como reductor al principio de la línea y no al final, porque cada fase del devanado primario ha de soportar la tensión entre fases de red.

Relación compuesta:

$$\frac{V_{AB}}{V_{ab}} = \frac{E_1}{\sqrt{3} \cdot e_1} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

De manera que la relación compuesta es $\frac{1}{\sqrt{3}}$ de la relación simple.

Figura 61. Transformador seco en conexión delta de 460 voltios a estrella y 208 voltios, trifásica



Fuente: elaboración propia, transformador seco de transformación delta-estrella.

Ventajas $\Delta - Y$:

- No presenta problemas con las componentes en sus voltajes de terceros armónicos.
- Es muy útil bajando el voltaje a un valor muy bajo.
- Al producir un desequilibrio presentado en la carga, no motiva asimetría del flujo, por producirse un reparto entre las tres columnas del primario.

Las ventajas que esta conexión presenta y los escasos inconvenientes motivan la utilización de este transformador en distribución de energía.

Desventajas $\Delta - Y$:

- La falla de una fase deja fuera de operación al transformador.
- No se dispone de neutro en el primario para conectar con la tierra. Esto no es precisamente un inconveniente, por lo general en el circuito del primario del transformador hay una toma de tierra y en el secundario del transformador reductor.
- Debido al desplazamiento que existe en las fases entre las mitades de los enrollamientos que están conectados en serie para formar cada fase, los enrollamientos que están en estrella interconectada requieren de un 15,5 % más de cobre con respecto a NEMA MW 1000, con el consiguiente aumento del aislamiento total.
- El tamaño de la armazón es mayor con el aumento consiguiente del costo del transformador.

Se tomó la decisión de instalar un transformador delta – estrella para la utilización de los equipos monofásicos de 120V y trifásicos de 208 voltios, para dividir la planta en dos diferentes conexiones de potencia con la respectiva señalización de derivaciones de voltaje para prevenir conexiones erróneas.

Se realizó un análisis de consumo de voltaje en los equipos conectados en voltaje 208V trifásico y voltajes de 120V/208V1Ø monofásico, el cual se detalla de la siguiente manera:

4.4. Análisis de distribución de cargas 120/208, 3Ø.

Se realiza un análisis de balanceo de líneas en la transformación 208V trifásica y 208V monofásica, pues balancear las líneas de alimentación permite que no se sobrecargue ninguna línea de alimentación, esto hace que el transformador trabaje de forma eficiente y no se cree ninguna línea sobrecargada.

4.4.1. Área de fundición de plomo. Tablero A, figura 69

En el área donde se realiza la fundición se crea la separación de plomo de primera calidad que se ha utilizado en el moldeo de anzuelo y plomo de rechazo.

Figura 62. Área de fundición y moldeo de plomo



Fuente: elaboración propia

Tabla XVIII. Consumo de amperios para carga 3Ø en el área de plomo

| No. | Equipos Utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|-------------------------------|----------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1. | Ollas de plomo eléctricas | 3 | 13.5 A. | 13.5A | 13.5A | 13.5A. | 120/208V monofásico |
| 2. | Moldeadoras TEKCAST -1-112-A1 | 2 | 6.4 A | 6.4A | 6.4A | --- | 120/208V monofásico |
| 3. | Moldeadora | 1 | 8.4 A. | --- | --- | 8.4A. | 120 V |
| 4. | Olla recicladora de plomo | 2 | 5.3 A. | 5.3A | 5.3A | --- | 120V |
| 5. | Máquina medidora de tensión | 1 | 4.5 A. | --- | --- | 4.5A | 120 V |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 25.2A | L ₂ = 25.2 ^a | L ₃ = 26.4A | |

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Área de pintura electrostática –Powder Cooling–. Tablero B, figura 69

El área de pintura electrostática es el área donde se pintan los anzuelos moldeados de plomo por medio de pistolas electrostáticas que adhieren la pintura por ondas de anión y catión.

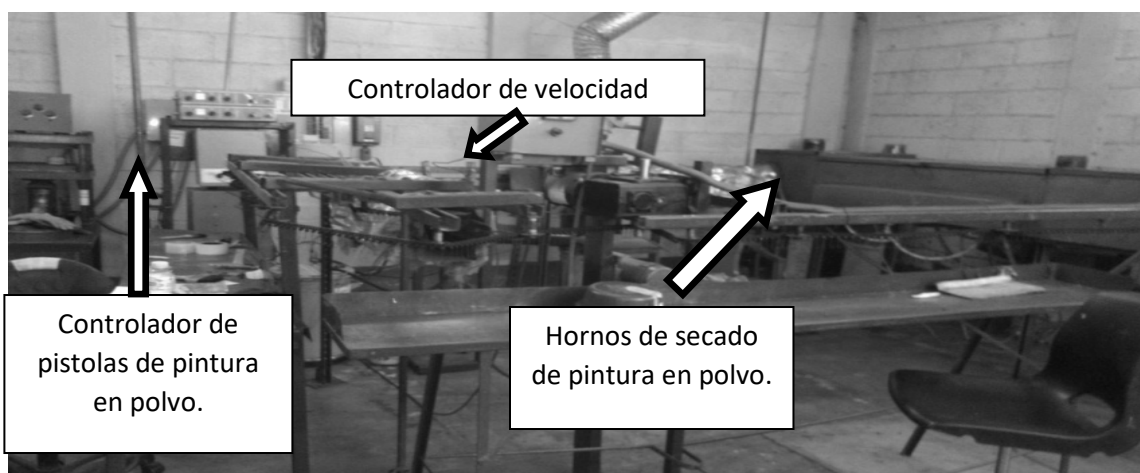
La pintura electrostática, para que tenga su brillo adecuado, es secada por medio de un sistema de cadenas que entra en un horno en el cual el anzuelo tiene un recorrido interno de quince minutos.

Tabla XIX. Consumo de corriente en área de pintura en polvo

| N0. | Equipos Utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|---|----------|--------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1. | Extractor de pintura | 1 | 2.69 A. | 2.69A | --- | --- | 120/208 V monofásico |
| 2. | Motor reductor con variador de frecuencia | 1 | 5.18 A | --- | 5.18A | --- | 120/208 V Trifásico |
| 3. | Controladores de temperatura | 4 | 1.4 A. | 1.4A | 1.4 A | 2.8 A | 120/208 V monofásico |
| 4. | Pistolas electrostáticas con tarjeta controladora de distribución de pintura en polvo | 2 | 1.2 A. | 1.2 A | --- | 1.2 A | 120V |
| 55. | Válvulas solenoides con distribuidoras de gas | 5 | 0.6 A. | 0.6 A | 0.6 A | 1.8A | 120/208 V monofásico |
| 66. | Controladores chisperos | 5 | 0.3 A | 1.5 A | --- | --- | 120 V |
| 77. | Vulcanizadoras | 2 | 13 A. | --- | 13 A | 13 A | 120/208 V monofásico |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 7.39 A | L ₂ = 20.18 A | L ₃ = 18.8 A | |

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en el área de pintura en polvo, secado de pintura en polvo por medio de calentadores de gas.

Figura 63. Área de pintura en polvo



Fuente: elaboración propia.

La figura anterior es la máquina de pintura en polvo con sistema de movimiento por medio de cadena que transporta carnadas de plomo fundido.

4.4.3. Área de pintura por aerógrafo. Tablero C, figura 69

El área de pintura en aerógrafo es la encargada de pintar las carnadas y anzuelos de plástico así como de aplicar el barniz acrílico.

Tabla XX. Consumo de amperaje en el área de pintura

| Nº. | Equipos Utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|--|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1. | Motores extractores de pintura por ductos | 5 | 8.1 A. | 16.2A | 8.1 A | 16.2A | 208 V Trifásico |
| 2. | Motor extractor de cabinas de aplicación de barniz | 2 | 5.18 A | 5.18A | --- | 5.18A | 208 V Trifásico |
| 3. | Horno de secado de carnadas | 1 | 13.5 A. | --- | 13.5 A | --- | 120/208 V monofásico |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 21.38 A | L ₂ = 21.6 A | L ₃ = 21.38 A | |

Fuente: elaboración propia.

Área de pintura por medio de aerógrafos y extracción de pintura por medio de cabinas con ductos.

Figura 64. Área de pintura por aerógrafo. Bodega B



Fuente: elaboración propia.

4.4.4 Área de decorado, impresión y estampado. Tablero D, figura 69

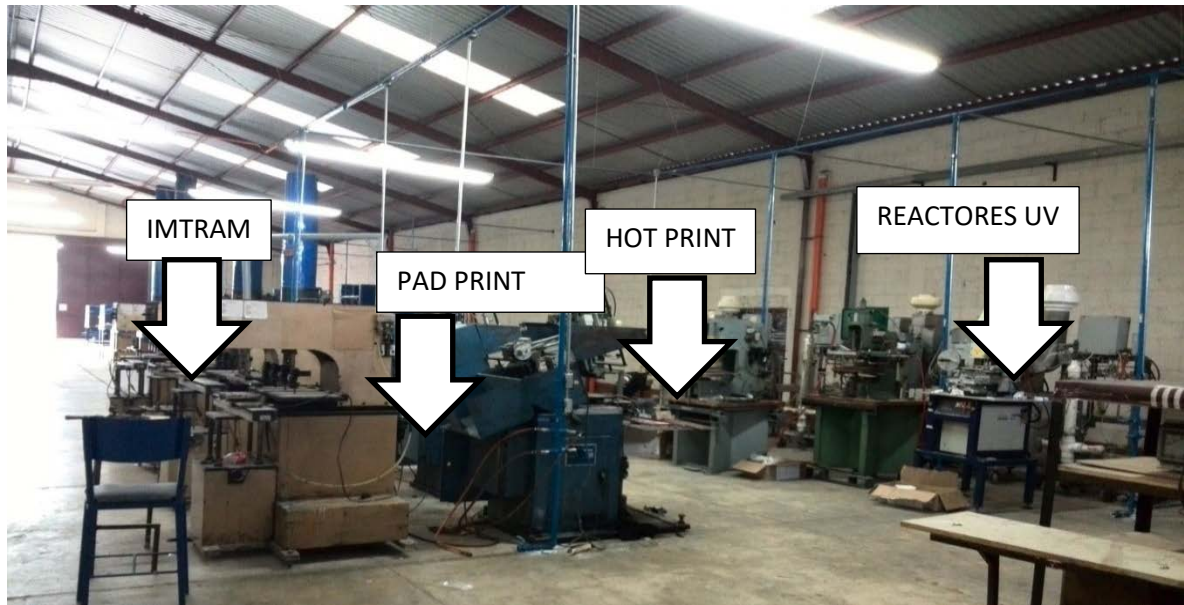
Es el área donde se aplica la impresión de la carnada en troquel con temperatura y se aplica el nombre de la carnada por medio de una impresora por goma, códigos de marca y la aplicación de barniz ultravioleta.

Tabla XXI. Consumo de amperaje en área de decorado

| Nº. | Equipos Utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|----------------------------------|----------|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| 11. | Reactors Fusion UV, Systems, INC | 5 | 37 A. | 74 A | 74 A | 37 ^a | 208 V Trifásico |
| 22. | Estampadora Hot print | 3 | 13 A. | 13 A | 13 A | 13 A | 208 V Trifásico |
| 33. | Padprint-Padflexshuttle | 4 | 3.7 A. | 3.7A | 3.7 A | 7.4 A | 120 V |
| 44. | IMTRAN GS-200 | 3 | 1.7 A | 1.7A | 1.7 | 1.7 | 120 V |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 92.4 A | L ₂ = 92.4 A | L ₃ = 59.1 A | |

Fuente: elaboración propia.

Figura 65. Área de impresión de carnadas y accesorios de pesca



Fuente: elaboración propia.

4.4.5. Área de empaque. Tablero E, figura 69

El área de empaque es la encargada de armar los anzuelos con las carnadas y accesorios y colocar en *blíster* el anzuelo de la presentación final.

Tabla XXII. Consumo de amperaje en área de empaque

| N0. | Equipos Utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|----------------------|----------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
| 11. | <i>Blíster</i> AMPAC | 8 | 7.6 A. | 22.8 A | 15.2 A | 22.8 A | 120 V |
| 22. | Banda transportadora | 1 | 4.3 A. | --- | 4.3 A | --- | 120 V |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 22.5 A | L ₂ = 19.4 A | L ₃ = 22.8 A | |

Fuente: elaboración propia.

4.4.6. Área de inyectoras. Tablero F, figura 69

El área de inyectoras es la encargada de realizar la inyección del anzuelo de PVC.

Tabla XXIII. Consumo de amperaje en área de inyección

| Nº. | Equipos utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|---------------------------------|----------|--------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1. | Inyectoras | 4 | 7.5 A | 7.5 A | 7.5 A | 15 A | 120/208 V Monofásico |
| 2. | Agitador de material a inyectar | 1 | 3.5 A | 3.5 A | --- | --- | 120 V |
| 3. | Molino granulador | 1 | 2.6 A | --- | --- | 2.6 A | 120/ 208 V Monofásico |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 11 A | L ₂ = 7.5 A | L ₃ = 17.6 A | |

Fuente: elaboración propia.

4.4.7. Área de oficinas. Tablero G, figura 69

El área de oficinas es el área administrativa de la empresa de carnadas y accesorios de pesca.

Tabla XXIV. Consumo de amperaje en área de oficinas

| Nº. | Equipos utilizados | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|---------------------------------|----------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1. | Aires acondicionados mini Split | 2 | 8 A | 8 A | 8 A | --- | 120/208 V monofásico |
| 2. | Computadora, impresora. | 8 | 0.7 A | 1.4 A | 1.4 A | 2.8 A | 120 V |
| 3. | Oasis | 4 | 7.8 A | 7.8 A | 7.8 A | 15.6 A | 120 V |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 17.8 A | L ₂ = 17.8 A | L ₃ = 18.4 A | |

Fuente: elaboración propia.

4.4.8. Área de iluminación con lámparas de tubo florecientes de 96 pulgadas

Se instaló un tablero general para la iluminación para tener un mayor control de las áreas iluminadas.

Tabla XXV. Consumo de lámparas en bodegas. Tablero H, figura 69

| N0. | Bodega | Cantidad | Amperaje C/U | L ₁ | L ₂ | L ₃ | Voltaje |
|-------------------------------|----------|----------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 11. | Bodega A | 25 | 1.6 A. | 14 A | 13 A | 13 A | 120 V |
| 22. | Bodega B | 30 | 1.6 A. | 16 A | 16 A | 16 A | 120 V |
| 33. | Bodega C | 20 | 1.6 A. | 5 A | 5 A | 6 A | 120 V |
| Total de consumo entre líneas | | | | L ₁ = 35 A | L ₂ = 34 A | L ₃ = 35 A | |

Fuente: elaboración propia.

Se realiza un resumen del amperaje total consumido en las áreas de producción con las que cuenta la planta (ver tabla 25).

Tabla XXVI. Sumatoria total de corrientes en las plantas

| Área de planta | L ₁ | L ₂ | L ₃ |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Área de fundición de plomo | 25.2 A | 25.2 A | 26.4 A |
| Área de pintura en polvo | 7.39 A | 20.18 A | 18.8 A |
| Área de pintura por aerógrafo | 21.38 A | 21.6 | 21.38 A |
| Área de decorado | 92.4 A | 92.4 A | 59.1 A |
| Área de empaque | 22.5 A | 19.4 A | 22.8 A |
| Área de inyección | 11 A | 7.5 A | 17.6 A |
| Área de oficinas | 17.8 A | 17.8 A | 18.4 A |
| Iluminación de bodegas. | 35 A. | 34 A. | 35 A. |
| SUMA TOTAL DE AMPERAJE | 232.67 A | 238.08 A | 219.48 A |

Fuente: elaboración propia.

La sumatoria de consumo por líneas de bodegas en voltaje es de 120/208 monofásico y 208 trifásico. Da un balance de amperaje por líneas para evitar sobrecargas en la red de distribución y evitar accidentes por sobrecalentamiento.

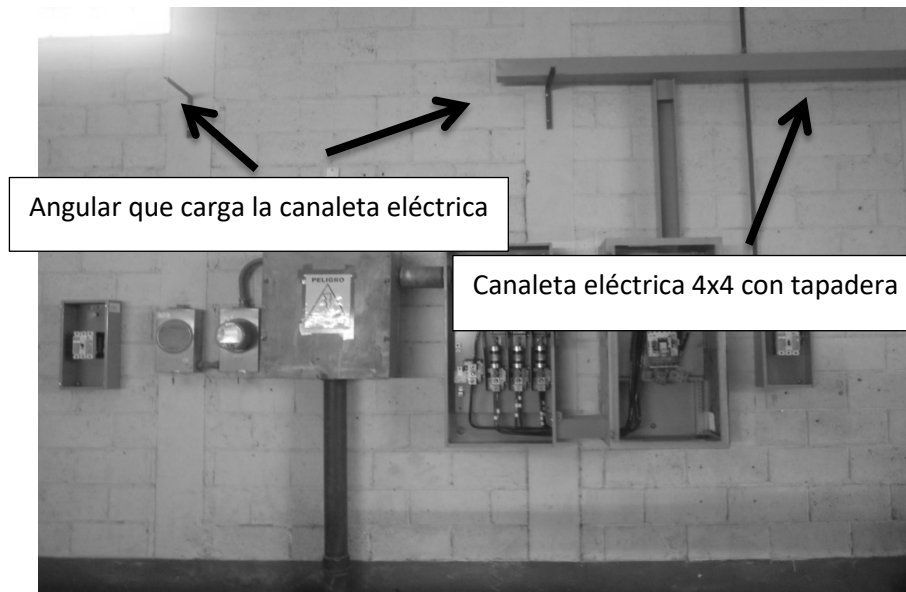
Estos datos se utilizaron para el análisis y cálculo del material eléctrico. Se utilizó canaleta de 4x4 y cargadores en la distribución de las tres bodegas con las que cuenta la empresa, cableado de distribución de la instalación eléctrica de los diferentes departamentos de producción, y se toma en cuenta la instalación de equipos, iluminación y prevención de instalaciones futuras para no sobrecargar las fuentes de alimentación por equipos nuevos o instalaciones.

La distribución del cableado eléctrico fue por medio de canaleta eléctrica de 4x4 pulgadas. Este canal sirve para alojar conductores eléctricos en ambientes agresivos (aceites, polvo, agua u otros ambientes que puedan dañar el aislamiento eléctrico).

Es fabricado de lámina de acero rolada en frío, con aplicación de pintura horneable, para uso interior en secciones de 2,44 m de largo según las medidas del catálogo de Proelca.

Con respecto a las medidas que tenía se sacó la longitud que tenían las tres bodegas y se solicitaron 144 metros de longitud de canaleta, dando 60 canaletas para realizar la instalación, la cual iba colocada con angulares en forma de escuadra a cada 3 metros de distancia, para cargar el material eléctrico que se utilizó para alimentar las áreas de producción.

Figura 66. Tipo de instalación por canaleta para realizar la distribución de líneas de alimentación en la planta de accesorios y carnadas de pesca



Fuente: elaboración propia.

4.5. Instalación de cargas eléctricas

Tomando en cuenta las áreas de las bodegas de producción se instalaron siete tableros de distribución General Electric, de 42 polos como Squar D trifásicos, los cuales fueron instalados en las siguientes áreas:

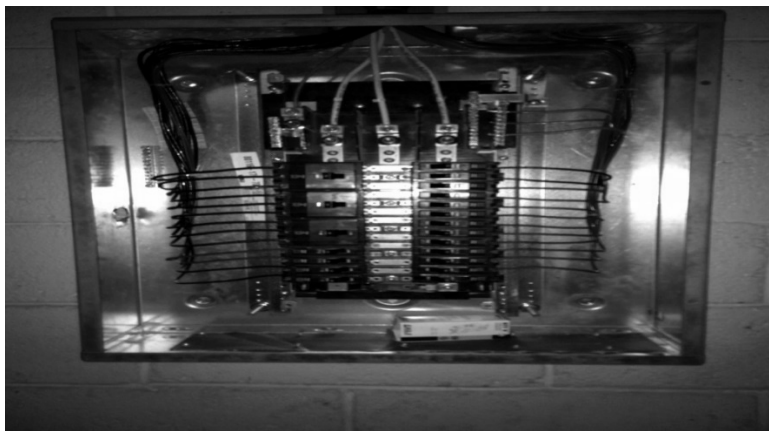
- Área de inyectoras ----- Tablero General Electric de 30 polos.
- Área de fundición de plomo y moldeo de plomo ----- Tablero General Electric de 30 polos.
- Área de pintura en polvo ----- Tablero General Electric de 42 polos.
- Área de decorado ----- Tablero Square D de 42 polos.
- Área de pintura por aerógrafo ----- Tablero Square D de 24 polos.
- Empaque y oficina ----- Tablero General Electric de 30 polos.
- Bodega de materia prima y empaque ----- Tablero General Electric de 42 polos.

Según las características principales de los tableros instalados en la planta de carnadas y accesorios de pesca, se instalaron dos tipos de tableros porque se reutilizaron los tableros Square D provenientes de México, y reconociendo el costo de tableros e interruptores principales se instalaron dos. En Guatemala la Marca Square D no es tan reconocida y es poco comercializada.

Tablero Square D ---- NF. Características de fabricación NF de tableros de alumbrado y distribución:

- Tensión máxima 480 V~ Aplicable también en 240 V~
- Ancho en los gabinetes 508 mm (20 plg)
- Capacidad de corriente nominal 125 - 600 A
- Zapatas principales 100 - 600 A
- Interruptor principal e interruptores derivados atornillables
- Marco E 15 - 125 A 1, 2 y 3 polos
- Sistemas de 1 fase, 3 hilos, 3 fases, 4 hilos
- Capacidad de cortocircuito EDB EGB EJB 18 kA 35 kA 65 kA @480 V~ 25 kA 65 kA 100 kA @240 V~.

Figura 67. Tablero de distribución en área de decorado

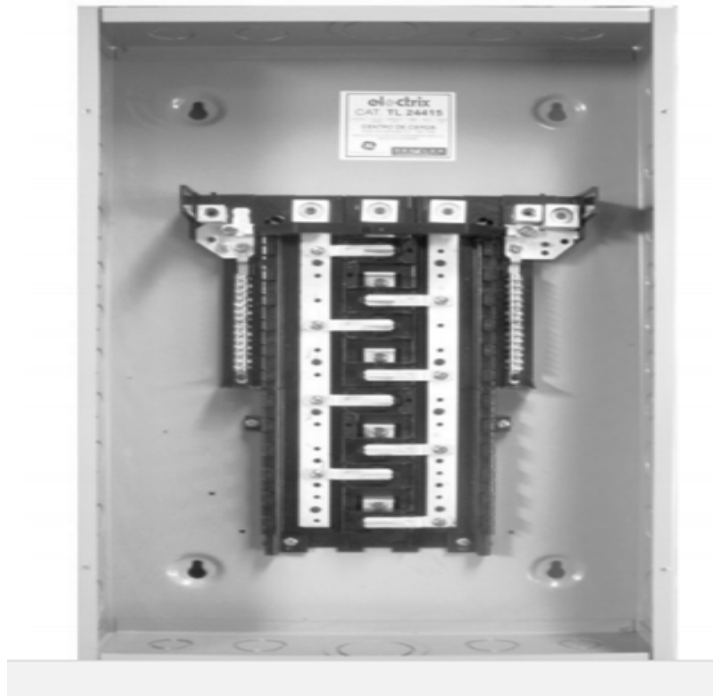


Fuente: elaboración propia, tablero de distribución de área de decorado.

Los tableros de alumbrado y distribución de Square D son diseñados, fabricados y aprobados de acuerdo a los requerimientos de las últimas revisiones de las siguientes normas:

- NMX-J118-1. Tableros de alumbrado y distribución U-67 Panelboards (tableros de distribución). UL50 Enclosures for Electrical Equipment (babinetes para equipo eléctrico). NMX-J-235 Gabinetes para equipo eléctrico CSA C22, 2. No. 29-1989 Panelboards and Enclosed Panelboards (tableros de distribución y gabinetes para equipo eléctrico). NFPA-NEC National Electric Code (código nacional eléctrico). NOM-001 Relativa a instalaciones eléctricas. Tablero General Electric TL42422 E.S. Trifásico.

Figura 68. Tablero utilizado en áreas de fundición de plomo, pintura en polvo, inyectoras y áreas de empaque



Fuente: *Catálogo general de Proelca P24*. www.Proelca.com. Consulta: 2017.

Tabla XXVII. Tipo de terminales que se utilizan para tableros principales

| CÓDIGO | Amps | Fases | Líneas | POLOS | Tipo de Alimentación | Tamaño de Caja |
|---------------|------|-------|--------|---------|----------------------|----------------|
| | | | | THQL 1" | | |
| TQL 370 E,S* | 70 | 3 | 4 | 3 | 1 | J |
| TQL 3100 E,S* | 100 | 3 | 4 | 3 | 1 | K |
| TL 12412 E,S* | 125 | 3 | 4 | 12 | 1 | D |
| TL 18415 E,S* | 150 | 3 | 4 | 18 | 1 | E |
| TL 24415 E,S* | 150 | 3 | 4 | 24 | 1 | F |
| TL 30420 E,S* | 200 | 3 | 4 | 30 | 1 | G |
| TL 42422 E,S* | 225 | 3 | 4 | 42 | 1 | H |

Fuente: *Catálogo general de Proelca P24*. [www. Proelca.com](http://www.Proelca.com). Consulta: 2017.

Características del tablero de instrumentos de A-Series II:

- Diseño simétrico para montaje superior o inferior
- Gabinete galvanizado con paredes de extremo extraíbles
- Montaje superficial o empotrado
- Interiores que permiten realizar cableados directos
- Conexión directa de bus derivado
- Accesorios de montaje sobre interruptores derivados
- TVSS por bus para una máxima protección contra picos de voltaje
- Sistema de puerta en puerta o puerta con bisagra al frente de la caja
- NEMA Tipo 1, gabinetes 3R/12 o 4/4X

Con los tableros eléctricos se analiza la distribución del cableado eléctrico de cada uno de los mismos, tomando en cuenta que existe un tablero principal en la subestación de distribución de la planta dedicada a accesorios y carnada de pesca.

Tabla XXVIII. Distancia de tablero principal a tableros de distribución de áreas de producción

| CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN AMPERES DE CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 2000 VOLTS, 60 °C A 90 °C. NO MAS DE 3 CONDUCTORES EN UN CABLE, EN UNA CANALIZACION O DIRECTAMENTE ENTERRADOS Y PARA UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C | | | | | | | |
|---|---|--|--|---|----------|--|---|
| AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL (AWG-KCM) | AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL (mm ²) | TEMPERATURAS MAXIMAS DE OPERACION (VER TABLA 310_13) | | | | | |
| | | COBRE | | | ALUMINIO | | |
| | | 60°C | 75°C | 90°C | 60°C | 75°C | 90°C |
| | | TW*, UF* | RHW*, THW*, THHW*, THW-LS, THHW-LS, THWN*, XHHW*, USE* | SA, SIS, FEP*, FEPB*, RHH*, RHW-W, THW-W, THHW*, THHW-LS, TT, THWN-2, THHN*, USE-2, XHHW*, XHHW-2 | TW*, UF* | RHW*, THW*, THHW*, THW-LS, THHW-LS, THWN*, XHHW*, USE* | SA, SIS, FEP*, FEPB*, RHH*, RHW-W, THW-2, THHW*, THHW-LS, TT, THWN-2, THHN*, USE-2, XHHW*, XHHW-2 |
| 18 | 0.8235 | | | 14 | | | |
| 16 | 1.307 | | | 18 | | | |
| 14 | 2.082 | 20 | 20 | 25 | | | |
| 12 | 3.307 | 25 | 25 | 30 | 20 | 20 | 25 |
| 10 | 5.26 | 30 | 35 | 40 | 25 | 30 | 35 |
| 8 | 8.367 | 40 | 50 | 55 | 30 | 40 | 45 |
| 6 | 13.3 | 55 | 65 | 75 | 40 | 50 | 60 |
| 4 | 21.15 | 70 | 85 | 95 | 55 | 65 | 75 |
| 2 | 33.62 | 95 | 115 | 130 | 75 | 90 | 100 |
| 1 | 42.41 | 110 | 130 | 150 | 85 | 100 | 115 |
| 1/0 | 53.48 | 125 | 150 | 170 | 100 | 120 | 135 |
| 2/0 | 67.43 | 145 | 175 | 195 | 115 | 135 | 150 |
| 3/0 | 85.01 | 165 | 200 | 225 | 130 | 155 | 175 |
| 4/0 | 107.2 | 195 | 230 | 260 | 150 | 180 | 205 |
| 250 | 126.7 | 215 | 255 | 290 | 170 | 205 | 230 |
| 300 | 152 | 240 | 285 | 320 | 190 | 230 | 255 |
| 350 | 177.3 | 260 | 310 | 350 | 210 | 250 | 280 |
| 400 | 202.7 | 280 | 335 | 380 | 225 | 270 | 305 |
| 500 | 253.4 | 320 | 380 | 430 | 260 | 310 | 350 |
| 600 | 304 | 355 | 420 | 475 | 285 | 340 | 385 |
| 750 | 380 | 400 | 475 | 535 | 320 | 385 | 435 |
| 1000 | 506.7 | 455 | 545 | 615 | 375 | 445 | 500 |

Fuente: *Distancia de tablero principal a tableros de distribución.*

<http://www.paginasprodigy.com/belisariobortega/310-16.html>. Consulta: 2017.

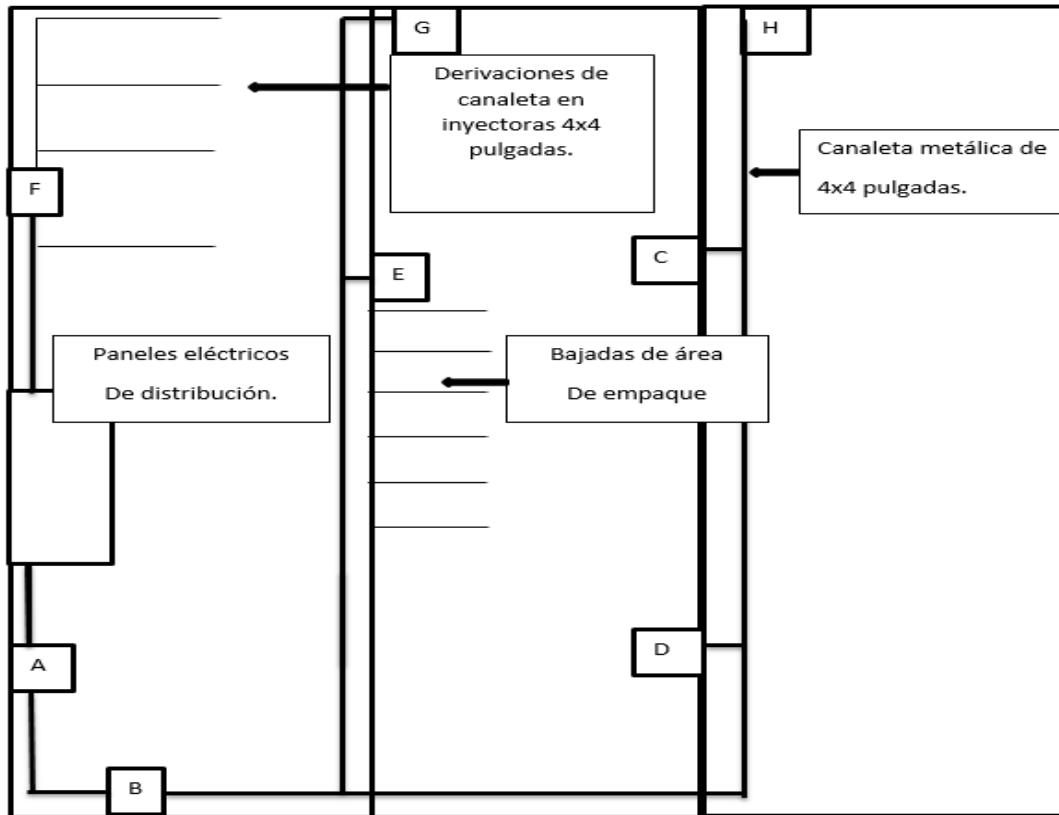
Tabla XXIX. Distancia y calibre de cable a utilizar

| NO. | Área a instalar | Distancia | Voltaje | Corriente de área por línea | Capacidad de corriente de tablero | Calibre de cable THHN |
|-----|--|-----------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 11. | Área de inyectoras | 15 metros | 208 V trifásico | 12.03 | 125 A | # 6 THHN |
| 22. | Área de fundición de plomo y moldeo de plomo | 10 metros | 208 V Trifásico | 25.6 | 125 A | # 4 THHN |
| 33. | Área de pintura en polvo | 13 metros | 208V trifásico | 15.56 | 125 A | # 4 THHN |
| 34. | Área de decorado | 34 metros | 208 V trifásico | 81,3 | 125 A | # 1/0 THHN |
| 55. | Área de pintura por aerógrafo | 46 metros | 208 V trifásico | 21.45 | 125 A | # 4 THHN |
| 66. | Empaque y oficina | 53 metros | 208 V trifásico | 21.70 | 125 A | # 2 THHN |
| 77. | Bodega materia prima y empaque | 41 metros | 208 V trifásico | 28.6 | 125 A | # 2 THHN |

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior explica el calibre y tipo de cable utilizado en alimentación del tablero del área de producción.

Figura 69. Plano de colocación de tableros en planta de carnadas



Fuente: elaboración propia.

En la planta se utilizó la siguiente nomenclatura para identificar los tableros en una distribución de las diferentes áreas de producción y los procesos que tienen relación entre sí:

- A = Tablero de distribución del área de plomo
- B = Tablero de pintura en polvo
- C = Tablero de pintura por aerógrafo
- D = Tablero de decorado
- E = Tablero de empaque
- F = Tablero de inyección
- G = Tablero de oficinas
- H = Tablero de bodega

5. SISTEMA DE GAS PROPANO Y BOMBA DE VACÍO

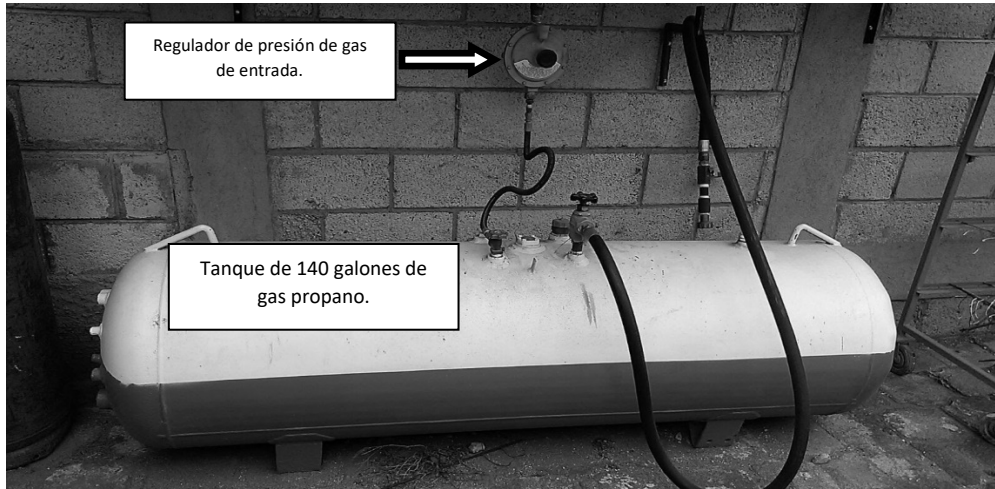
5.1. Análisis de consumo de gas

GLP es el acrónimo de los gases licuados del petróleo butano y propano comerciales. Los GLP son hidrocarburos combustibles que en estado normal se encuentran en estado (fase) gaseosa. Se obtienen del refinado del petróleo por la estilización fraccionada, del mismo modo que se obtienen otros derivados del petróleo como la gasolina. Los GLP se almacenan en botella y depósitos en estado (fase) líquida, al someterlos a presión.

Los GLP carecen de color y de olor natural, por lo que para poder detectar, por el olfato, las eventuales fugas que pudieran ocasionarse, se les añade a su distribución un odorizante peculiar a base de mercaptanos. El olor es sentido cuando todavía se encuentra la mezcla muy por debajo del límite inferior de inflamabilidad.

La empresa dedicada a accesorios y carnadas de pesca tiene procesos que utilizan GLP o gas propano para producción: fundición de plomo por medio de crisoles y secado de carnadas de pesca por medio de un horno, el cual cuenta con un calentador con turbina, la cual crea una recirculación del flujo de calor como una caldera y secado de pintura en polvo, por medio de calentadores de mechero infrarrojo. Todo esto crea la necesidad de un consumo de gas no de modo doméstico sino industrial, por lo cual se solicita a una empresa distribuidora de gas a nivel de Guatemala la instalación de un tanque de gas con una capacidad de 140 galones de gas.

Figura 70. Tanque de gas de la planta de carnadas y accesorios. Tanque instalado en el área de máquinas



Fuente: elaboración propia.

Fórmula de consumo diario (Cdiario): el consumo diario de gas de cada aparato se obtiene multiplicando el caudal que consume por el tiempo de funcionamiento diario.

No interviene la simultaneidad. Fórmula de consumo diario: $Q \times T$ (en m^3 por día). Análisis de consumo diario de quemador de crisol:

Tabla XXX. Resumen de datos de quemador instalado en crisol de gas

| Modelo | Dimensión LxWxH (mm) | Peso Kg | Tipo de gas | Material | Salida de calor | | Consumo de gas. | |
|--------|-------------------------|------------|----------------|-------------------|--------------------|------------|-------------------|---------------|
| | | | | | 0 BTU | 480 BTU | NG (M^3/h) | GLP (kg/h) |
| 10-05 | 60*80*85 | 0.5 | GN/GLP | Hierro fundido | 0 BTU | 480 BTU | 1.7 / | 1.6 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 71. Quemador de crisol de gas propano



Fuente: elaboración propia.

Utilizado en fundición de plomo por medio de crisol de hierro fundido, sirve para distribuir la flama en el área del crisol.

Consumo diario de crisol de fundición de plomo:

$$C \text{ diario} = Q \text{ crisol} \times T \text{ diario} = 1,7 \text{ m}^3/\text{h} \times 1\text{h}/\text{día} = 1,7 \text{ m}^3/\text{ día}$$

$$\text{Por 2 crisoles} \quad C \text{ diario} \times 2 = 1,7 \text{ m}^3/\text{ día} \times 2$$

$$C \text{ diario por crisoles} = 3,4 \text{ m}^3/\text{ día}$$

Tabla XXXI. Análisis de consumo diario de quemador de panel

| Modelo | Dimensión | Noroeste | Tipo de gas | Material | Salida de calor | | Consumo de gas | |
|--------|------------|----------|-------------|----------------|-----------------|------|------------------------|------------|
| | | | | | | | NG (M ³ /h) | GLP (kg/h) |
| HD895 | 895*125*85 | 7 | GN/GLP | Hierro fundido | 9.4 | 8120 | 0.75 | 0.68 |

Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

Figura 72. Quemador de panel utilizado en secado de pintura electrostática



Fuente: Quemador de panel. www.cqhdkj.cn/en. Cqhdkj.en.alibada.com. Consulta: 2017.

Consumo diario de quemadores de panel de secado de pintura en polvo:

$$\begin{aligned} C \text{ diario} &= Q \text{ crisol} \times T \text{ diario} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h} \times 1\text{h}/\text{día} = 0,75 \text{ m}^3 / \text{ día} \\ \text{Por 6 crisoles} \quad C \text{ diario} \times 6 &= 0,75 \text{ m}^3 / \text{ día} \times 6 \\ C \text{ diario por crisoles} &= 10,5 \text{ m}^3 / \text{ día} \end{aligned}$$

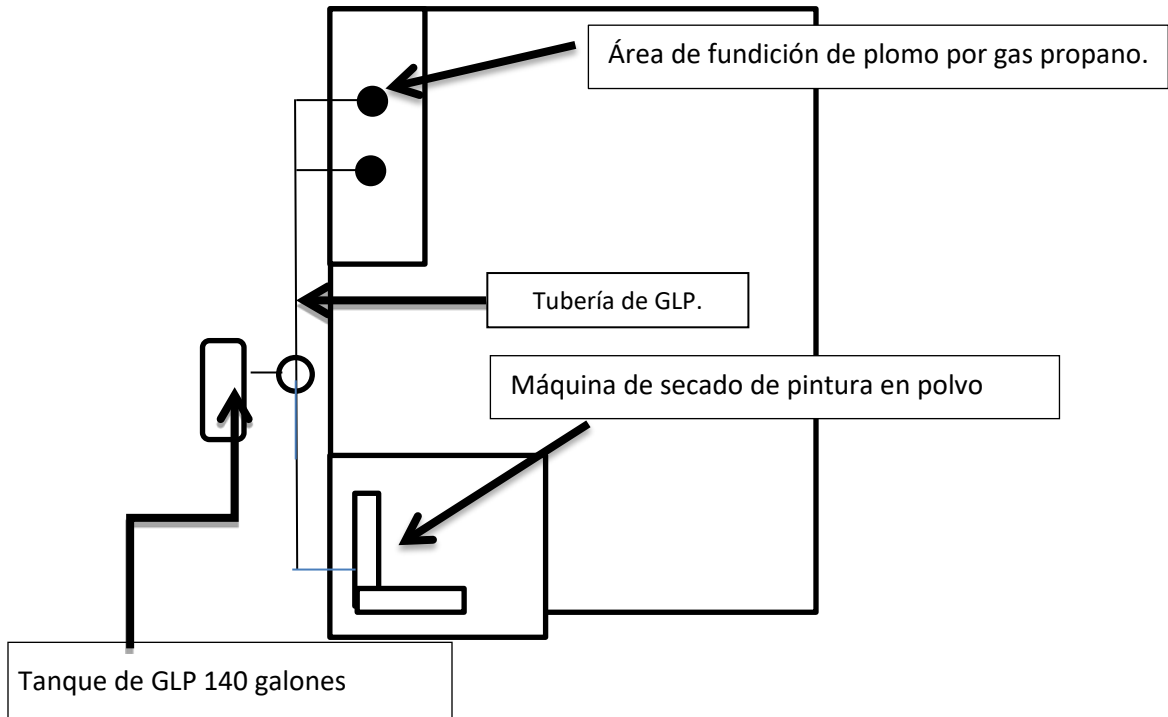
El consumo total diario de GLP en la planta es:

$$\begin{aligned} C \text{ diario total} &= C \text{ diario crisol} + C \text{ diario quemador de panel} \\ C \text{ diario total} &= 3,4 \text{ m}^3 / \text{ día} + 10,5 \text{ m}^3 / \text{ día} \\ C \text{ diario total} &= 13,9 \text{ m}^3 / \text{ día} \end{aligned}$$

5.2. Distribución de tubería de gas propano

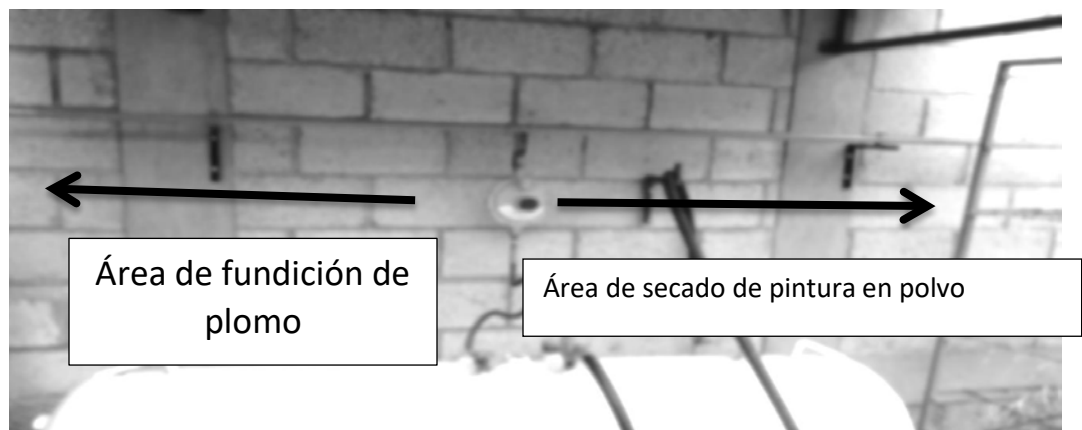
La empresa que suministró el servicio de gas propano solicitó a la empresa estudiada una instalación de tubería de hierro galvanizado de ½ pulgada de diámetro para la instalación del tanque de gas, con el fin de instalar todos los equipos en una sola tubería para evitar fugas de gas y explosiones, lo cual quedó distribuido de la siguiente forma:

Figura 73. Ubicación de tubería de GLP. Áreas de utilización de GLP



Fuente: elaboración propia.

Figura 74. Tubería de distribución de GLP



Fuente: elaboración propia, dos vías de distribución.

Por el tipo de instalación se debe verificar la tubería de hierro galvanizado y el tipo de presión que se puede tener interno en la tubería, lo cual explica la siguiente tabla:

Tabla XXXII. Material de tubería para GLP o gas propano

| MATERIALES AUTORIZADOS EN LAS INSTALACIONES DE GLP | | | | | | |
|--|------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|
| | Material | BP | MPA | MPB | APA | APB |
| 1.5.1.1 | Acero al carbono | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| 1.5.1.2 | Acero inoxidable | Sí | Sí | Sí | | |
| 1.5.1.3 | Cobre (Cu-DHP) | Sí | Sí | Sí | | |
| 1.5.1.4 | PE (SDR 11, MD) | Sí | Sí | Sí | | |
| 1.5.1.5 | Tubos flexibles | Según naturaleza | | | | |

Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

Los componentes de una instalación son los tubos, los accesorios (piezas de forma, bridas.) y los elementos auxiliares (llaves, filtros, limitadores de presión.). El tubo de acero puede ser al carbono estirado en frío sin soldadura o fabricado a partir de banda de acero laminada en caliente, con soldadura longitudinal o helicoidal, lo cual explica la siguiente tabla:

Tabla XXXIII. Material de tubería para GLP o gas propano

| MATERIALES UTILIZADOS | | |
|-----------------------|--|--|
| Fase gas | Fase líquida | |
| | General | Boca de carga |
| Áreas | Acero al carbono estirado y sin soldadura (UNE 19 040) | Acero al carbono estirado y sin soldadura (UNE 19 040) St 33.2 |
| | Acero inoxidable (UNE 19049) | NO AUTORIZADO |
| | Cobre duro estirado sin soldadura (EN 1057) | NO AUTORIZADO |
| | | Accesorios de soldar de acero ANSI B.16.9 material A-234 WPB Accesorios acero SWE 3000 Libras (1) |
| Enterrada | Polietileno de media densidad SDR-11 (UNE 53 333) | NO AUTORIZADO |
| | | Acero al carbono, estirado y sin soldadura (ASTM-A-106 Gr B/API 5L Gr B (2) |
| | | Accesorios de soldar de acero ANSI B.16.9 material A-234 WPB Accesorios acero SW 3000 Libras (1) |
| | | |

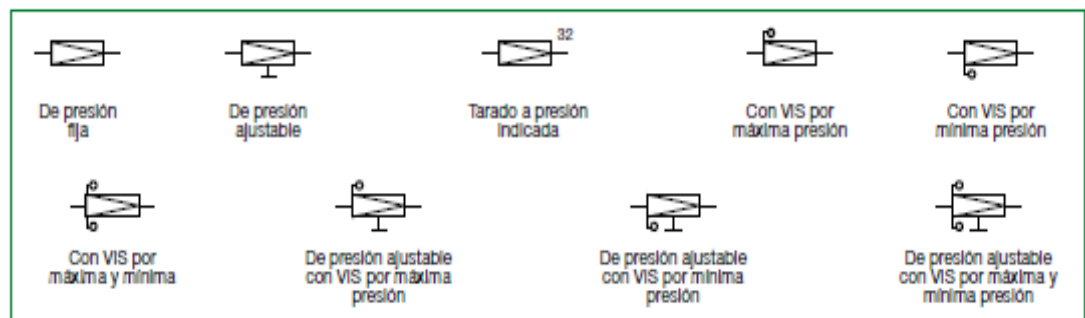
(1) SW = Socket Weld end 3000 psi (lb/in²) "extremo para soldar por enchufe". Para soldaduras no radiografiadas.
 (2) Protección catódica para longitudes mayores de 10 m.

Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

Con base en la anterior tabla se tomó la decisión de hacer la instalación de gas de los quemadores de los crisoles y los quemadores de secado de pintura en polvo, con tubería de acero galvanizado con diámetro de ½ pulgada. Por la rigidez del material se puede tener la seguridad de que no se dañe por el tipo de ambiente en el cual se funde el plomo.

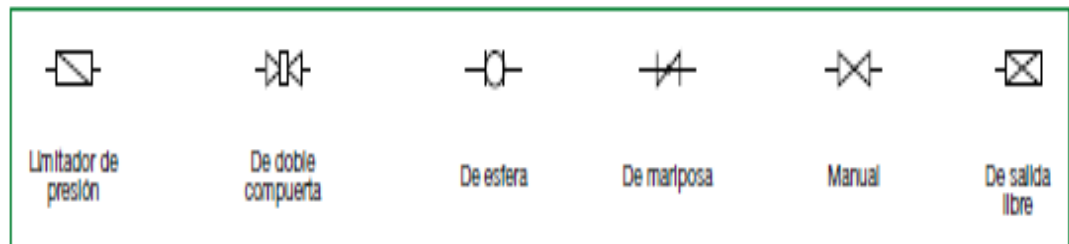
Los reguladores de presión utilizados en instalaciones de GLP para industrias que manejan procesos con gas propano son:

Figura 75. Nomenclatura utilizada en instalaciones de GLP o gas propano



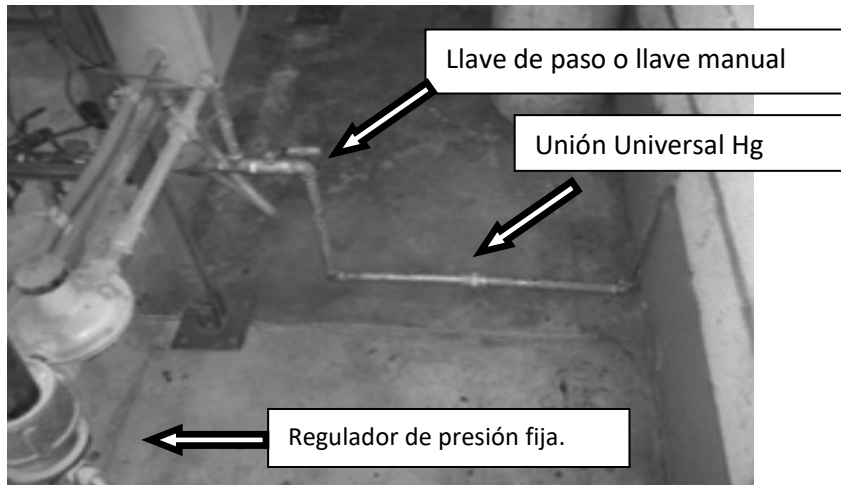
Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

Figura 76. Limitadores de presión y llaves de corte



Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

Figura 77. Utilización de regulador de presión, llaves de paso y accesorios como uniones universales



Fuente: elaboración propia

Así queda descrita la entrada de gas propano hacia la máquina de secado de anzuelos pintados con pintura en polvo.

5.3. Instalaciones suministradas desde cilindros de GLP en el exterior

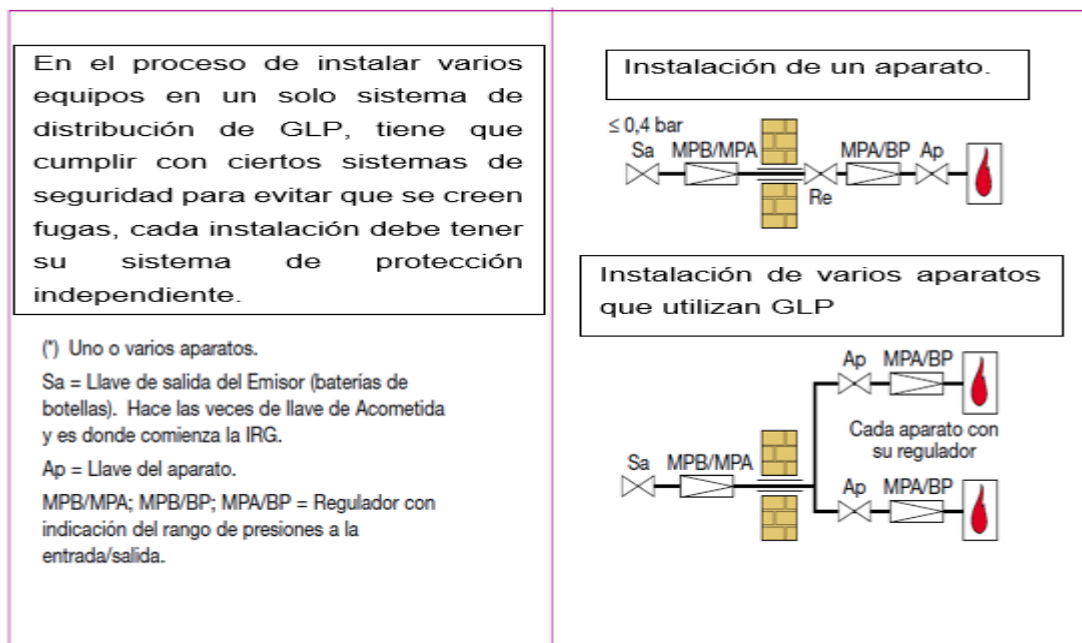
Precisamente para estas instalaciones debe existir un conjunto de regulación dotado de un VISmx que garantice que la presión a la entrada de la IRG no pueda alcanzar valores superiores a la MPA (400 mbar).

- La VISms es una válvula interruptora de seguridad por mínima presión, su finalidad es la de cerrar la entrada de gas a la instalación cuando la presión a la salida del regulador desciende por debajo de un valor prefijado, llamado de seguridad. Esto puede suceder en un exceso de consumo o en un corte de suministro de gas. En Guatemala es el regulador que lleva todo cilindro comercial en una instalación domiciliar o industrial.

- La VISmx es una válvula interruptora de seguridad por máxima presión, evita que la presión de gas a la salida del regulador supere un valor prefijado. Actúa bloqueando el paso al gas. Para reanudar el suministro hay que desbloquearlo manualmente, mediante herramienta. Una de las posibles causas del aumento de presión es la falta de hermetismo de la válvula de regulación para caudal cero y, cuando se avería el regulador situado arriba, los tanques industriales tienen este sistema de protección que se activa con un aumento de presión, en cambio un cilindro domiciliar no cuenta con esta protección.

El conjunto de regulación con presión de salida en MPA con VISmx se colocará delante de la llave de salida (Sa) del emisor (hasta ahora se utilizaba el limitador de presión) que garantiza no le llegue MPB a la IRG.

Figura 78. Diagrama de instalación de uno o varios aparatos en la planta de carnadas y accesorios de pesca. Fue utilizada la instalación de varios aparatos por tener varios procesos de gas propano



Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

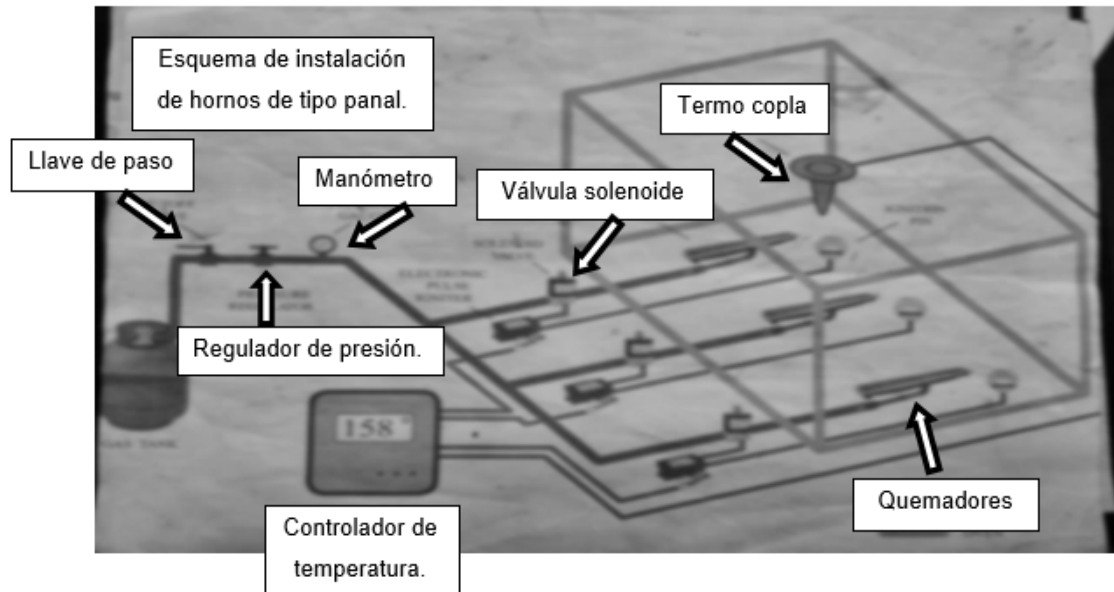
Tabla XXXIV. La implementación de los dos tipos de escalonamiento en instalaciones de GLP o gas propano

| INSTALACIÓN DE GLP A GRANEL Y ENVASADO EN EL EXTEROR | |
|---|--|
| Un solo escalonamiento | Doble escalonamiento |
| 1ra. Forma. Mediante un regulador con presión de entrada en MP y de salida en BP, que se situará en el exterior de las instalaciones. | 2da. Forma. Mediante un regulador con presión de entrada en MPB y salida en MPA, situado en el exterior de las viviendas o locales privados, y otro regulador con presión de entrada en MPA y salida en BP, que puede ser único y situado en el interior de la vivienda o local privado. |
| Las ollas de fundición de plomo están conectadas en un solo escalonamiento. | Los quemadores de panel están conectados en doble escalonamiento. |

Fuente: LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Consulta: 2017.

En la forma de doble escalonamiento es en la que se encuentran las instalaciones conectadas en la planta de accesorios y carnadas de pescas, la primera conexión de la olla de plomo y el horno de gas es el regulador puesto por la empresa distribuidora, la otra conexión se encuentra en el secado de pintura en polvo, el cual está conformado por hornos de mecheros infrarrojos y cuenta con un regulador de GLP de 20 Btu.

Figura 79. Los quemadores de panel están conectados en doble escalonamiento



Fuente: Quemadores de panel. www.cqhkj.cn/en , Cqhkj.en.alibaba.com. Consulta: 2017.

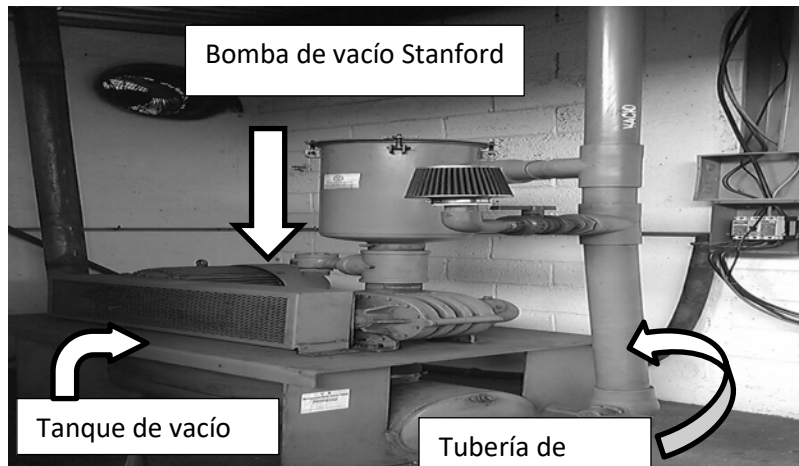
La empresa Cqhkj distribuidora de los quemadores utilizados en el secado de carnadas, entrega el anterior diagrama para instalar los quemadores, regulados por un controlador de temperatura que cuenta con una termocopla, la cual envía la señal para que se active la electroválvula solenoide que permite que ingrese el gas propano y el controlador del chispero para que encienda los quemadores.

5.4. Análisis de consumo de succión de vacío

Es la ausencia total de materia en un determinado espacio o lugar. Esto significa que, cuanto más disminuya la presión, mayor vacío se obtendrá, lo que permite clasificar el grado de vacío en correspondencia con intervalos de presiones cada vez menores.

El término se refiere a cierto espacio lleno con gases a una presión total menor que la presión atmosférica, por lo que el grado de vacío se incrementa en relación directa con la disminución de presión del gas residual.

Figura 80. Sistema de vacío de planta de carnadas y accesorios de pesca



Fuente: elaboración propia.

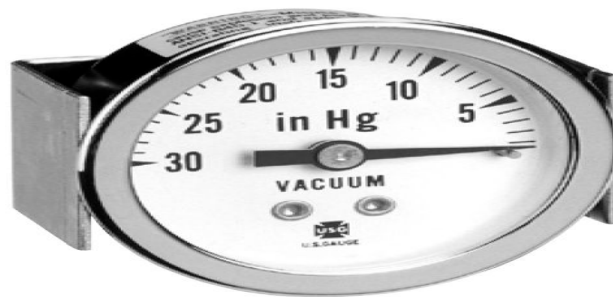
Esta es la bomba de vacío utilizada en los procesos de absorción de barniz en decorado de carnadas y accesorios de pesca en el área de decorado. En la planta dedicada a carnadas y accesorios de pesca la bomba de vacío se utiliza en procesos de succión de barniz en las carnadas, lo cual no permite se vean imperfecciones. Esto se utilizaba para secado en lámparas ultravioleta.

Las aplicaciones del vacío, tanto en la industria como en los laboratorios de investigación, son numerosas. Las bombas de vacío trabajan solamente en un rango de presiones limitado, por ello la evacuación de los sistemas de vacío se realiza en varias etapas. El funcionamiento de una bomba de vacío está caracterizado por su velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuada por unidad de tiempo. Toda bomba de vacío tiene una presión mínima de entrada, que es la presión más baja que puede obtenerse y también un límite superior a la salida o presión previa.

- **Medición de vacío**

La presión atmosférica es la que ejerce la atmosfera o aire sobre la tierra. A temperatura ambiente y presión atmosférica normal, un metro cúbico de aire contiene aproximadamente 2×10^{25} moléculas en movimiento, a una velocidad promedio de 1600 km/h. Una manera de medir la presión atmosférica es con barómetro de mercurio; su valor se expresa en términos de la altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y 760 mm de alto. Con base en esto, se dice que una atmósfera estándar es igual a 760 mmHg. Se utilizará por conveniencia la unidad Torricelli (símbolo, Torr) como medida de presión; 1Torr = 1 mmHg, por lo que 1 atm = 760 Torr. La forma de medición más accesible para una medición de vacío es la colocación de manómetros. En la planta se colocaron para verificar el vacío creado por cada máquina utilizada (ver figura 79).

Figura 81. Manómetro de vacío, utilizado en máquinas de succión de barniz



Fuente: *Manómetro de vacío*. <http://www.directindustry.es/prod/us-gauge/product-14266-442891.html>. Consulta: 2017.

5.5. Tubería de vacío

La planta de carnadas y accesorios de pesca investigó qué tipo de tubería se podía utilizar en el sistema de vacío, siendo la tubería PVC grado 1, lo cual es

RDE, es decir la relación diámetro-espesor, con una presión 220PSI. Para Mayor precisión se recomienda consultar ante todo la norma ICONTEC No. 382(C16.1/68). Se tomó la decisión de instalar la tubería de PVC por el costo que lleva instalar tubería de aluminio, que también es utilizada para procesos de distribución de vacío. El proceso no es de grado alimenticio sino que es industrial, por lo cual se evita que se cree contaminación cruzada en algún proceso.

Figura 82. Sistema de tubería de vacío en área de decorado



Fuente: elaboración propia.

En Guatemala se comercializan tres diferentes tuberías de PVC blanco, que es de agua potable, los cuales tienen diferentes presiones de fisura. Se instaló tubería PVC para una presión de 220 PSI de presión, esto se realizó para evitar que se comprimiera el tubo de PVC por la presión creada por la bomba de vacío, la cual se utilizó para realizar un sistema en serie por el aumento de presión negativa por ciertos puntos utilizados en la limpieza del producto y evitar la contaminación del mismo. El sistema de vacío necesita una trampa realizada con tubería de PVC. Esto se realiza para tener purga de barniz antes de entrar al tanque de la bomba y evitar paros para limpiar el tanque y estar desmontando este. La trampa de vacío se hace de la siguiente manera: la tubería de distribución que se instaló en la planta es de 3 pulgadas y debe llegar a un tubo de 6 que debe tener una "T" de PVC en la entrada de 6 pulgadas, mientras que la tubería de distribución entra un 70 % al tubo.

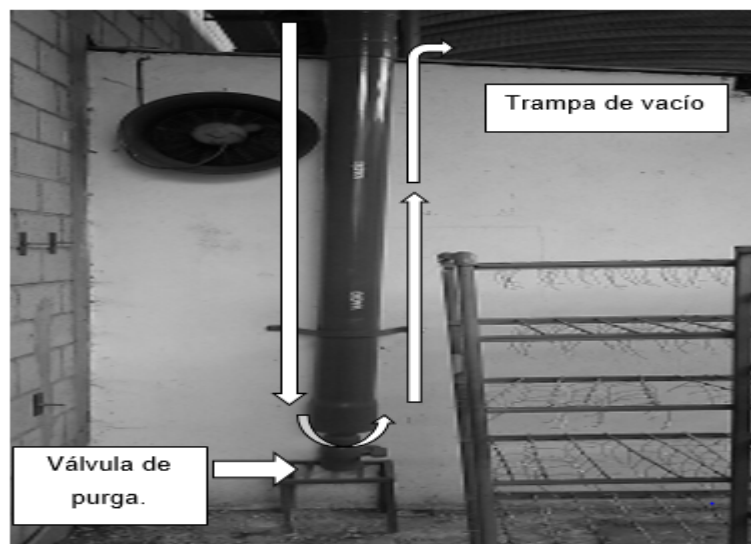
Se utiliza para crear una cámara que, por medio de la gravedad, realiza la separación del vacío para la parte de arriba y del barniz para abajo, donde se coloca una llave de paso para realizar la purga del barniz. El otro lado de la “T” llega hacia la bomba de vacío.

Figura 83. Realización de trampa de vacío



Fuente: elaboración propia.

Figura 84. Función de trampa de vacío

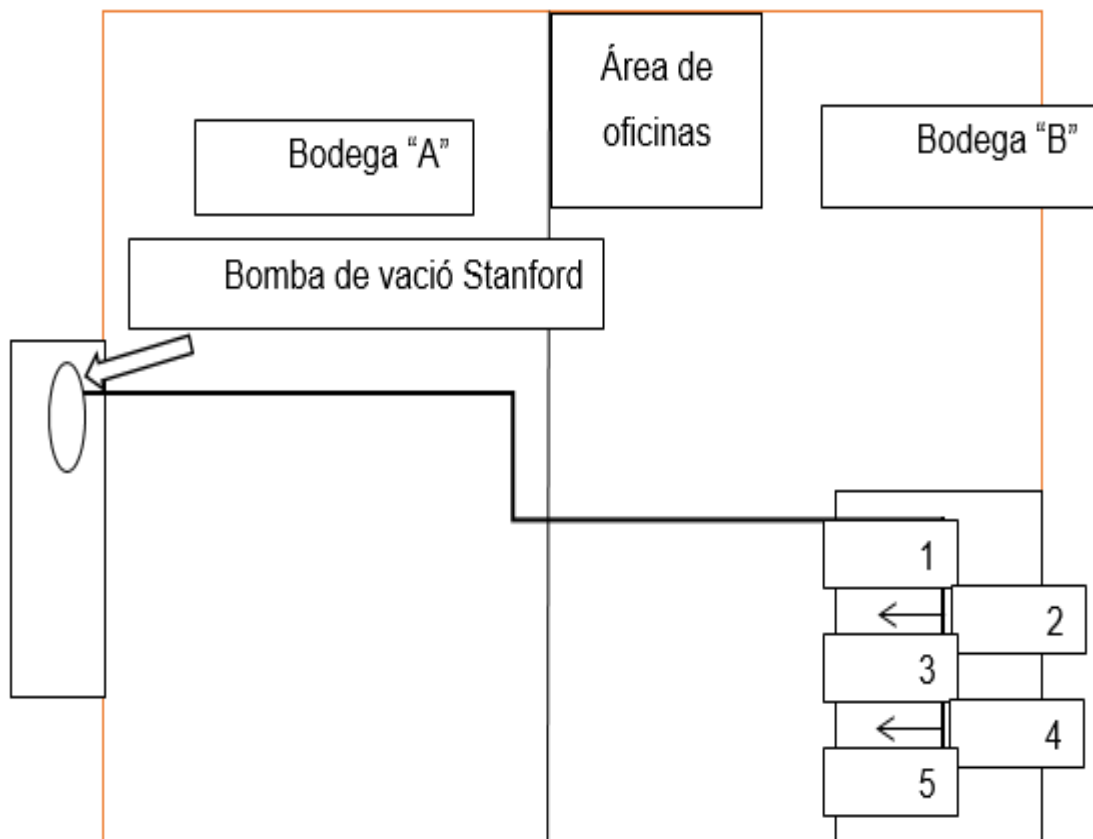


Fuente: elaboración propia.

5.6. Distribución de tubería de vacío

La planta realizó un sistema en serie para la distribución del vacío, y al llegar al punto del área de decorado se realizó un distribuidor para crear cinco tomas de vacío que entran directamente a una trampa, cuyo primer filtro crea un tapón en la tubería.

Figura 85. Distribución de la tubería PVC de la planta



Fuente: elaboración propia.

Al realizar un sistema de tuberías de succión de vacío es recomendable evitar vueltas, derivaciones y colocar purgas en el sistema por creación de fugas de succión, lo cual hace que se pierda presión de absorción.

6. PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO

El plan maestro es la implementación de una guía que debe llevar el Departamento de Mantenimiento constantemente para el mejoramiento de la planta dedicada a carnadas y accesorios de pesca y accesorios. El plan debe ser renovado y evaluado por gerencia y modificado para verificar los intereses que tiene la planta y que se cumpla con cabalidad lo escrito este.

Dentro del sector productivo, el Departamento de Mantenimiento juega un papel importante, ya que de este se desprende que la empresa sea productiva y que sus máquinas sean confiables o no, pero desgraciadamente en la realidad la empresas no le dan la importancia ni los recursos necesarios para aplicar un mantenimiento eficaz. Es por eso de que ahí se desprenden grandes problemas en la calidad y disponibilidad de la máquinas y, a su vez, grandes pérdidas monetarias en mantenimiento correctivo.

La empresa, por la ampliación de su producción en Guatemala, no contaba con un departamento enfocado al mantenimiento, ni con un Plan Maestro para éste, lo que ha originado que la confiabilidad de las máquinas sea muy baja, esto a su vez origina tiempos muertos y costos elevados en la producción.

Debido a estas condiciones, las máquinas se encuentran en mal estado, lo que ha provocado que el mantenimiento correctivo sea cada día más frecuente.

Figura 86. Área de decorado



Fuente: elaboración propia.

Figura 87. Área de pintura por aerógrafo



Fuente: elaboración propia.

Figura 88. Área de pintura en polvo



6.1. Plan maestro de mantenimiento

Diseñar un plan maestro de mantenimiento que coadyuve a mantener la disponibilidad de las maquinas en la utilización de producción.

- **Objetivos específicos**

- ✓ Realizar asignación de responsabilidades al personal
- ✓ Generar e implementar documentación básica de control para las actividades de mantenimiento.
- ✓ Minimizar o reducir las actividades de mantenimiento correctivo.
- ✓ Incrementar la confiabilidad de las instalaciones y equipos.
- ✓ Implementar de manera eficaz el plan maestro de mantenimiento.

- **Alcance**

Proponer el plan maestro de mantenimiento para implementar y aumentar la disponibilidad de las máquinas de la planta, lo cual también permite disminuir costos de mantenimiento y paros. Además, permitirá eliminar pérdidas de materia prima y tiempos muertos.

- **Limitaciones**

- ✓ Falta de información de la maquinaria.
- ✓ Falta de repuestos para implementar una bodega de mantenimiento.
- ✓ Falta de conocimientos técnicos para generar los instructivos de mantenimiento.

- **Responsabilidad**

- ✓ Ejecución: técnico de mantenimiento designado
- ✓ Supervisión: jefe de mantenimiento

- **Procedimiento**

El jefe de mantenimiento genera la orden de mantenimiento preventivo con respecto a la programación que debe existir con respecto al listado maestro de equipos con que cuenta la planta. El registro es entregado al Departamento de Producción para que se programe la orden de trabajo y que no afecte a la producción de la planta. Al programar la fecha el técnico es notificado para que realice el mantenimiento. El plan maestro de mantenimiento debe incluir los servicios que proporcionan mantenimiento a la planta y debe mantener constante mantenimiento como sistema eléctrico, mecánico, sistema neumático, sistema de vacío, así como contar con técnicos capacitados en mecánica e instalaciones de los servicios a cargo de mantenimiento.

- **Mecánica**

En la industria las máquinas cuentan con bielas, chumaceras, cojinetes, engranajes, cadenas, ejes, cajas reductoras, poleas, tipos de aceites y grasas de diferentes utilidades.

El jefe de mantenimiento es el encargado de que su personal esté capacitado para realizar los mantenimientos internos en la planta, si no se tiene el personal adecuado debe buscarse servicios realizados por terceros para que los equipos se encuentren en óptimas condiciones para producir.

- **Sistema eléctrico**

El personal debe tener el conocimiento en instalaciones para evitar sobrecargas en los sistemas eléctricos, y también el mal manejo de sistemas trifásicos y monofásicos, y saber la peligrosidad con que cuenta la corriente eléctrica en plantas, por tratarse de voltajes en 460V y 208V trifásico.

- **Sistema de vacío**

Debe existir conocimiento en bombas de vacío y accesorios controlados por vacío como: válvulas, llaves de paso, válvulas solenoides, interruptores de vacío, diafragmas. El personal es el encargado de los mantenimientos y de instalaciones nuevas.

- **Sistema neumático**

Debe existir conocimiento en compresores de tornillo y accesorios controlados por aire como: pistones, válvulas, llaves de paso, válvulas solenoides, tuberías, diafragmas.

El personal es el encargado de los mantenimientos y de instalaciones nuevas.

- **Frecuencia**

En el caso de los mantenimientos preventivos, se realizarán de acuerdo a las actividades calendarizadas en el programa de mantenimiento anual.

En el caso de los correctivos, se atenderán en el momento que se presente la emergencia y se define si lo realiza una empresa externa o con personal interno del Departamento de Mantenimiento, de acuerdo a la gravedad e impacto de la misma.

6.2 Instructivo de mantenimiento

El instructivo es la guía que debe utilizar el técnico para realizar un mantenimiento preventivo o correctivo.

Se utiliza para verificar el trabajo realizado por el Departamento de Mantenimiento cuando se realizan auditorias por otro departamento de la planta o empresas externas. Este es un ejemplo de instructivo de mantenimiento de planta generadora Stanford 180 KW:

- **Objetivo:**

Garantizar el suministro de energía eléctrica utilizada en las instalaciones de la planta.

- **Alcance:** área de producción.

- **Responsabilidades:**

Ejecución: técnico de mantenimiento designado

Supervisor: jefe de mantenimiento.

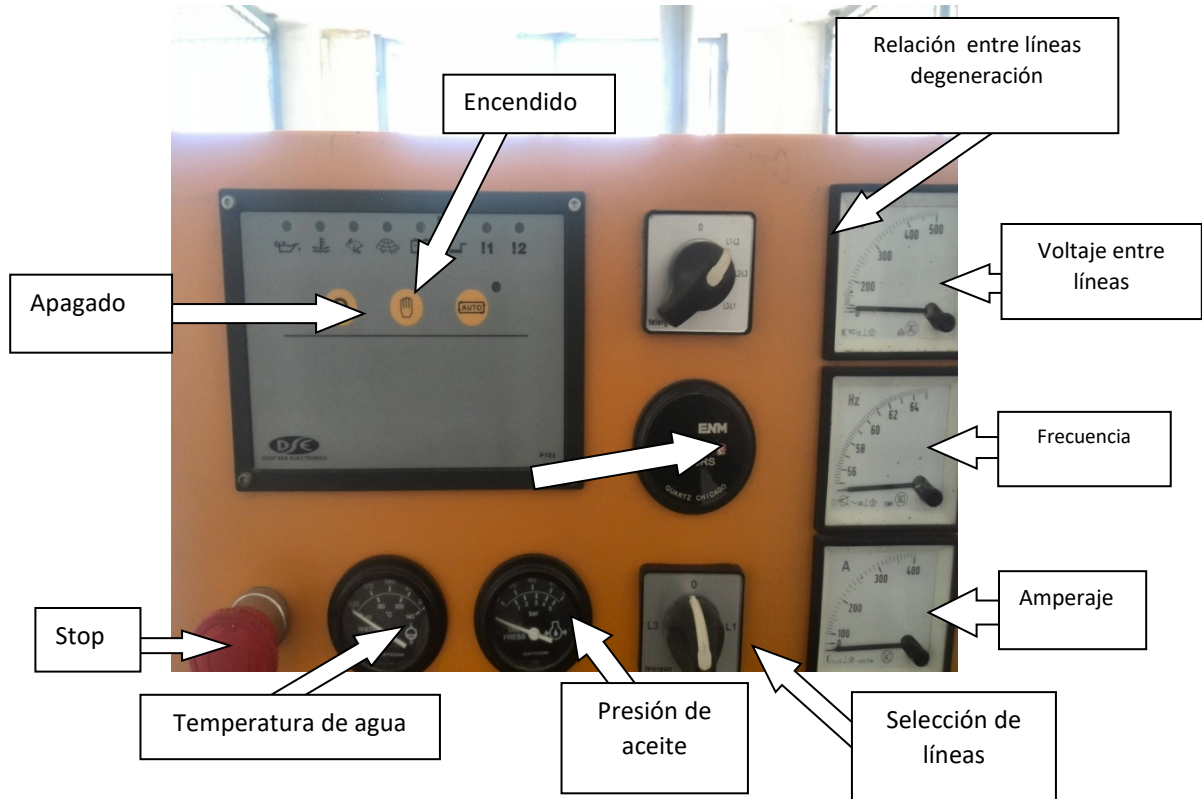
- **Materiales:**

- ✓ Diésel
- ✓ Lubricante
- ✓ Wipe
- ✓ Brocha de 2"
- ✓ Manguera con pistola para sopetear
- ✓ Refrigerante

- **Procedimiento:**

- ✓ El jefe de mantenimiento genera la orden de mantenimiento preventivo y se designa a los técnicos que ejecutarán esta.
- ✓ Se notifica al Departamento de Producción para que se programe la orden de acuerdo al programa de producción.
- ✓ El procedimiento de encendido puede ser de forma automática o de forma mecánica.
- ✓ La generadora, antes de encenderla, debe ser revisada para verificar si los niveles de refrigerante del motor están al nivel adecuado, también se revisa si el nivel de aceite del motor generador es el óptimo para que arranque. Se revisa el nivel de diésel, debe tener un mínimo de medio tanque por cualquier emergencia.
- ✓ Se le debe conectar la batería para que encienda el motor de generación.
- ✓ La planta, por no tener un precalentamiento de aceite, es necesario que trabaje de cinco a diez minutos para que tome condiciones óptimas para comenzar a distribuir energía eléctrica.
- ✓ El encendido de la planta generadora se realiza en el panel que está identificado, con el botón que tiene una mano, el cual se presiona por dos segundos para que encienda, al momento de apagar la planta generadora se presiona el botón que tiene un círculo.

Figura 89. Panel de encendido de equipo



Fuente: elaboración propia.

- ✓ Antes de comenzar a suministrar la energía eléctrica a la planta, el técnico encargado del procedimiento de encendido y de activar la transferencia debe verificar la frecuencia de generación, la cual debe ser de sesenta Hertz (60hz) para evitar desfases de corriente, lo cual ocasionaría daños eléctricos en los equipos que están instalados a la frecuencia de sesenta Hertz.
- ✓ Con el mantenimiento de la planta generadora se procede a hacer una inspección visual antes de realizar el mantenimiento.
- ✓ Con el mantenimiento de la planta generadora se procede a hacer una inspección visual.

- ✓ Revisión de la tensión y del estado de las fajas; si se encuentra alguna anomalía, se deben tensar y/o reemplazar las no conformes.
- ✓ Luego se revisa el nivel de aceite de la planta generadora y la calidad del mismo. Nivelar si es necesario, el cambio del aceite de la planta generadora se realizará según programa de mantenimiento.
- ✓ Se procede a limpiar y a sopetear el exterior de la planta generadora con wiper y con thinner, para quitar restos de grasa o suciedad acumulados.
- ✓ Se revisan las bujías del precalentamiento que tiene la planta generadora y si se requiere cambio se deben cambiar.
- ✓ Se limpian los contactos eléctricos de la transferencia, ya realizado el servicio se vuelve a encender la planta en vacío para ver si quedó todo bien.
- ✓ Probado el funcionamiento, se limpia el área de trabajo y se recogen las herramientas y los insumos utilizados. Se cierra la orden de trabajo.

- **Frecuencia:**

En el caso de los mantenimientos preventivos, se realizarán de acuerdo a las actividades calendarizadas en el programa de mantenimiento (6 meses). En el caso de los correctivos, se atenderán en el momento que se presente la emergencia y se define si lo realiza una empresa externa o con personal interno del Departamento de Mantenimiento, de acuerdo a la gravedad e impacto de la misma.

6.3. Registro de mantenimiento

El registro de mantenimiento es importante para cada equipo, para demostrar que se está cumpliendo con el plan maestro de la planta dedicada a carnadas y accesorios de pesca. Sirve para llevar un historial de qué fallas y qué repuestos se han cambiado y así crear un *stock* de repuestos para próximos mantenimientos o equipos iguales con que cuenta la planta.

Figura 90. Registro de mantenimiento de equipo

| |
|------------------|
| MR-054 MI-139 |
|------------------|

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO DE PLANTA
GENERADOR**

PREVENTIVO

CORRECTIVO

| DESCRIPCIÓN | REALIZADO | FRECUENCIA |
|--|-----------|------------|
| Cambio de aceite de motor | | 6 Meses |
| Cambio de bujías de precalentamiento de diesel | | 6 Meses |
| Limpieza general de planta | | 6 Meses |
| Cambio de filtro de aire | | 6 Meses |
| Cambio de filtro de aceite | | 6 Meses |
| Verificar que las conexiones eléctricas estén en buen estado | | 6 Meses |
| Verificar embobinado de generador | | 6 Meses |
| Cambio de filtro de combustible | | 6 Meses |
| | | |
| | | |
| | | |

OBSERVACIONES GENERALES _____

| ENTREGA | RECIBE |
|--------------------|------------------------|
| NOMBRE DE TÉCNICO: | JEFE DE MANTENIMIENTO: |
| EMPRESA | |
| FECHA | FECHA |
| FIRMA | FIRMA |

Fuente: elaboración propia.

6.4. Registro de operación

El registro de operación es implementado por el Departamento de Producción de la planta de carnadas y accesorios de pesca. Indica cuántas horas es utilizado por día el equipo y qué operario fue el que lo utilizó, por cualquier desperfecto que ocurra en el proceso de producción o alguna negligencia encontrada al momento de iniciar a operar el equipo. Ejemplo de registro de operación de equipo:

Figura 91. Registro de operación de equipo

MR - 053

MI - 139

CONTROL DE OPERACIÓN DE PLANTA DE GENERACIÓN

| FECHA | HORA ARRANQUE | HORA PARO | ENCARGADO | REVISÓ | HZ | T. AGUA | P. OIL | OBSERVACIONES |
|---------------------------------------|---------------|-----------|-----------|--------|----|---------|--------|---------------|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| firma de entrega de trabajo realizado | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para realizar el montaje e instalación de la planta en una ubicación nueva fue adecuado realizar un análisis de qué tipo de instalación había que realizar, para priorizar los tipos de servicios que necesitaba la planta en el área de producción y para trabajar en óptimas condiciones como: aire comprimido, agua potable, electricidad, vacío, gas propano y succión de pintura. Esto fue adecuado para cumplir con el tiempo requerido.
2. Para el montaje de equipo es conveniente contar con personal calificado. En Guatemala no existen carreras técnicas que complementen todos los servicios que puede llegar a tener una planta de producción de carnadas y accesorios de pesca. Fue conveniente contratar personal con experiencia en diferentes áreas para completar un equipo que se apoye y enseñe al resto de personal en áreas que tengan experiencia. Esto ayuda para trabajar en las diferentes áreas que se van a utilizar y para avanzar con el personal distribuido en el proyecto de instalación, para que el encargado del proyecto supervise y lleve el control por medio del plan de trabajo.
3. Se planteó la instalación de un sistema de tubería de hierro galvanizado con sus respectivos reguladores de presión para el área de pintura en polvo, fundición de plomo y horno de secado. También un sistema de distribución en serie para evitar fugas en puntos de conexión.

4. Las bodegas que se utilizaron para el montaje de maquinaria de la planta de accesorios y carnadas de pesca, contaban con un voltaje trifásico de 240V, el servicio contratado no era el requerido por contar con equipos con voltaje de 460V trifásico, y esto ocasionó que se solicitara un cambio de servicio a la empresa Gesur, por ser la empresa que realizaba la distribución de las bodegas. Al modificar el servicio eléctrico se obtuvo una carga de 225KVA con un voltaje 460V, se instaló un transformador seco para la reducción de voltaje de 460V trifásico a un voltaje 208V trifásico, para instalar equipos con ese voltaje y equipos instalados en voltaje monofásico.

5. En una instalación de tubería de vacío es conveniente saber el tipo de bomba que se va a utilizar para conocer la presión de vacío con la cual se trabajará, esto es para realizar una buena instalación y que no se comprima la tubería al momento de encender la bomba y se pierda tiempo y dinero. Por ello se instaló tubería PVC con una presión de 220Psi. Se debe evitar vueltas y derivaciones en la tubería para no tener pérdidas en el sistema de distribución hasta el punto de utilización.

6. Es necesaria la implementación de un plan de mantenimiento con un periodo de un año como plazo para realizarlo. Se realiza para tener un mejoramiento constante en los equipos. El área encargada es la de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Para alcanzar los objetivos propuestos se debe mantener control, análisis y evaluación de los servicios que requiere producción para iniciar operaciones. Esto es fundamental para tomar decisiones que influirán en el rumbo de la empresa. Debe realizarse mensualmente y analizar si el proyecto está avanzando como se necesita o se debe tomar decisiones de trabajar en horarios extraordinarios o contratar personal para avanzar en el proyecto.
2. Con el equipo de trabajo conformado, es pertinente la división de las diferentes áreas, con la realización de equipos dentro del personal encargado en el montaje de máquina: uno dedicado a instalar equipos en las áreas de producción y el otro encargado de la instalación de los servicios a utilizar en la planta para producir aire comprimido, electricidad industrial, succión de vacío y gas propano para fundición de plomo.
3. El sistema de aire comprimido es un sistema primario, por ser una planta que utiliza aire para todos sus procesos.
4. Se recomienda el sistema 460V trifásico modificado que se realizó para instalar equipos en ese voltaje, e instalar un transformador seco de voltaje de 460V a 208V trifásico en conexión delta - estrella, para los equipos que necesiten conexión trifásica de 208V y 120V monofásica. Con la realización de la subestación de la planta se aseguró que el sistema fuera balanceado y que se evitaran problemas de recalentamiento o incendio de líneas.

5. Con respecto al gas propano, se recomienda tomar en consideración la seguridad del personal que trabaja en fundición, para evitar fugas. Esto ocasiona que la tubería esté fuera de la planta y solo las conexiones estén colocadas en la pared para evitar alguna explosión dentro del área. Con la tubería de vacío lo recomendado es instalarla en la parte superior de la planta y evitar vueltas o derivaciones en el trayecto, para tener una presión constante en el sistema en serie que fue instalado para la succión de barniz en el área de decorado.

6. Con el inventario de equipos instalados en Guatemala y tomando en cuenta la falta de información, es adecuado crear un plan maestro de mantenimiento, con instructivos de mantenimiento para cada equipo, así como con un registro de mantenimiento para llevar el historial de trabajos realizados. Por último, es útil un registro de operación para tener un control de trabajo de cada equipo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Compañía Kaeser. *Guía de instalación de sistema de aire comprimido*. Primera edición, 2015. [en línea] <www.Kaeser.com/connect>. [Consulta: 2017].
2. _____ . *Técnica de aire comprimido, fundamentos y consejos prácticos*. Primera edición, 2015. [en línea] <www.Kaeser.com/connect>. [Consulta: 2017].
3. DEL VALLE COLLAVINO, Silvia. *Diseño y dimensionamiento de las instalaciones eléctricas*. 4a ed. Morón, Praia, Argentina, 2007. 108 páginas.
4. LÓPEZ SOPEÑA, José Emilio. *Manual de instalaciones de GLP*. Cepsa, 1a ed. 18/03/2001. [Consulta: 2017]. 84 páginas.
5. MARTÍN, Raúl. *Neumática industrial. Generalidades. El circuito neumático. Aplicaciones industriales*. España, septiembre 2010. 432 páginas.
6. Ministerio de Ciencias y Tecnología; Asociación española de normalización y certificación (AENOR). *Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrumentación técnica complementaria (ITC)*. Real decreto 842, 2 de agosto 2002.

7. ROMERO RUEDA, Nombre Emilio. *Ingenieros industriales*. Universidad de Sevilla. [Consulta: 2017].
8. Scheneider Electrico. *Guía de diseño de instalaciones eléctricas, según normas internacionales IEC*. 1da ed. España: febrero 2008. [en línea] <www.schneiderelectric.es>. [Consulta: 2017].