



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Diseño, Selección e Instalación Mecánica de los  
Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire  
Comprimido de una Planta Procesadora de Plásticos por  
Inyección”**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**Presentado por:**

**Geovanny Vinicio Encalada Sánchez**

**GUAYAQUIL –ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme culminar una meta más, a mi esposa por todo su apoyo y al Ing. Ernesto Martinez por su dirección en este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, como muestra de agradecimiento por todo su apoyo, esfuerzo y sacrificio constante para ayudarme a ser no solo un profesional sino una persona de bien.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Jorge Duque R.  
**DECANO DE LA FIMCP.**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Ernesto Martinez L.  
**DIRECTOR DEL EXAMEN**  
**COMPLEXIVO**

---

Ing. Jorge Duque R.  
**VOCAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

**Geovanny Vinicio Encalada Sánchez**

## RESUMEN

El presente trabajo se realiza en las instalaciones de una Nueva Planta de Inyección, en la cual se requiere realizar el Diseño, Selección de Equipos e Instalación de Sistemas Auxiliares que generan y distribuyen agua helada, agua de torre y aire comprimido a los equipos de producción, el cual es el objetivo de este trabajo.

En el desarrollo del tema, inicio realizando una breve descripción de lo que es una planta procesadora de plásticos y sobre el proceso de inyección. Continúo con la descripción de los Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido, explicando todos sus componentes y las necesidades de cada sistema.

Para el diseño de los Sistemas Auxiliares se tomó información suministrada por Directivos de la Nueva Planta de Inyección, la cual contiene las demandas de flujo de agua, aire y características de presión y temperatura que deben cumplir en los procesos de la planta; así como también los planos estructurales del galpón. Con esta información se determina el área de equipos de los Sistemas Auxiliares, la trayectoria de tuberías que distribuirán agua y aire a los equipos, así como también los diámetros correspondientes para cada sistema de tuberías. En la trayectoria de tuberías se diferencian tres secciones, Sección de Alimentación de Anillos de Distribución, Sección

de Anillos e Distribución y Sección de Alimentación de Equipos, cuya diferenciación será de ayuda en el desarrollo de la instalación de los Sistemas Auxiliares. Para la selección de equipos de generación y distribución, es decir chiller, torre, compresor, bombas de agua; se usa como referencias algunas de las marcas que son de preferencia de los Directivos.

En el desarrollo de la instalación de los Sistemas Auxiliares, se hace una descripción y análisis de los trabajos a realizar, con ello procedo a la planificación y organización los recursos que se utilizarán y determinar un presupuesto referencial para equipos, mano de obra y materiales. Se arma una base técnica que incluye procedimientos, especificaciones de materiales y equipos, planos y cronogramas de trabajos, para proceder a realizar licitación por la implantación de estos sistemas. Una vez cumplido el proceso de licitación, se da inicio a los trabajos de instalación.

Finalmente realizo un análisis de costos por materiales equipos y mano de obra para cada uno de los sistemas que conforman los Sistemas Auxiliares.

Como resultado general del trabajo realizado, se cumple con el objetivo de Diseño, Selección de Equipos e Instalación de Sistemas Auxiliares, es decir se obtienen las demandas de flujo de agua y aire comprimido, a presiones y temperaturas definidas.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE PLANOS .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES .....	3
1.1. Descripción de una Planta Procesadora de Plásticos .....	3
1.2. Proceso de Inyección .....	9
1.3. Requerimientos de Equipos para Procesos de Inyección.....	20
1.4. Diseño de Planta Procesadora de Plásticos.....	21
CAPITULO 2	
2. SISTEMAS AUXILIARES REQUERIDOS.....	25
2.1. Lay out de los equipos a ser instalados.....	26

2.2.	Sistemas Auxiliares .....	29
2.3.	Descripción de necesidades de Sistemas Auxiliares.....	31
2.4.	Lay out de los equipos auxiliares.....	36
2.5.	Elaboración del Proyecto.....	40

### CAPITULO 3

3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.....	42
3.1.	Diseño del Sistema de Aire Comprimido .....	44
3.1.1.	Trayectoria de tuberías de Aire Comprimido .....	45
3.1.2.	Calculo del diámetro de tuberías de aire comprimido.....	45
3.1.3.	Selección del compresor .....	47
3.1.4.	Selección del tratamiento de aire .....	48
3.1.5.	Selección de tanque pulmón de aire comprimido.....	49
3.2.	Diseño del sistema de Agua helada .....	49
3.2.1.	Trayectoria de tuberías de agua helada .....	50
3.2.2.	Calculo del diámetro de tuberías de Agua helada.....	50
3.2.3.	Selección de materiales, tuberías, accesorios, aislamiento térnico, para sistema de agua helada.....	58
3.2.4.	Selección de bombas para sistema de agua helada .....	59
3.2.5.	Selección de chiller.....	60
3.3.	Diseño del Sistema de Agua de Torre .....	62

3.3.1.	Trayectoria de tuberías de agua de torre Demanda de Agua de Torre.....	62
3.3.2.	Calculo del diámetro de tuberías de agua de torre.....	62
3.3.3.	Selección de materiales, tuberías, accesorios, aislamiento térmico, para sistema de agua de torre.....	64
3.3.4.	Selección de Torre de Enfriamiento. ....	66
3.3.5.	Selección de Ablandador para tratamiento de agua de torre ..	67
3.4.	Diseño de soportes para tuberías.....	67

#### CAPITULO 4

4.	INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.....	70
4.1.	Descripción y Análisis de los Trabajos de Instalación. ....	71
4.2.	Planificación y Organización de los Recursos .....	72
4.3.	Cronograma de Instalación.....	73
4.4.	Ejecución de los trabajos.....	79
4.5.	Pruebas y puesta en marcha de los Sistemas Auxiliares .....	80

#### CAPITULO 5

5.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	82
5.1.	Costos de materiales .....	87
5.2.	Costos de equipos.....	91
5.3.	Costo de mano de obra .....	92

## CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
APÉNDICES .....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	150

## ABREVIATURAS

BAH	Bomba de Agua Helada
BAT	Bomba de Agua de Torre
BRAH	Bomba Retorno de Agua Helada
SA	Sistemas Auxiliares
SAC	Sistema de Aire Comprimido
SAH	Sistema de Agua Helada
SAT	Sistema de Agua de Torre

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Descripción de la fabricación de productos por proceso de inyección .....	7
Figura 1.2 Esquema de una máquina de moldeo por inyección con pistón.....	11
Figura 1.3 Esquema de Cilindro de calefacción con torpedo.....	12
Figura 1.4 Esquema de máquina de inyección con pistón de preplastificación en línea.....	12
Figura 1.5 Esquema simplificado de una máquina de inyección con husillo.....	13
Figura 1.6 Ciclo de inyección .....	16
Figura 1.7 Partes principales de una Inyectora .....	17
Figura 1.8 Unidad de Cierre por pistón (cierre directo).....	18
Figura 2.1 Distribución de Nuevo Galpón de Inyección.....	27
Figura 2.2 Distribución de Máquinas Inyectoras.....	28
Figura 2.3 Esquema general del sistema de agua helada.....	29
Figura 2.4 Esquema general del sistema de agua de torre de enfriamiento .....	30
Figura 2.5 Esquema general del sistema de aire comprimido.....	31
Figura 2.6 Sección Alimentación Anillo, Distribución de Equipos de Sistemas Auxiliares.....	37

Figura 2.7 Sección Anillo, Distribución de Tuberías Principales al interior del Galpón .....	38
Figura 2.8 Sección Alimentación a Equipos, Distribución de Tuberías a los equipos de producción.....	39
Figura 2.9 Diagrama de Gantt, Diseño, Selección e Instalación mecánica de los Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido.....	41
Figura 3.1 Isométrico de estructura soporte de tuberías de alimentación equipos .....	68
Figura 3.2 Distribución de tuberías en soportes.....	69
Figura 4.1 Cronograma de instalación-Resumen.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodologías para Distribución de una Planta Industrial.....	23
Tabla 2. Demanda actual para los Sistemas de Agua y Aire Comprimido.....	32
Tabla 3. Demanda de futuros equipos, para los Sistemas de Agua y Aire Comprimido.....	33
Tabla 4. Demanda actual y futuros de equipos, para los Sistemas de Agua y Aire Comprimido.....	33
Tabla 5. Resumen de características actuales de los sistemas auxiliares.....	35
Tabla 6. Resumen de características proyectadas de los sistemas auxiliares.....	35
Tabla 7. Resumen de características del sistema de agua helada.....	49
Tabla 8. Valores recomendados para diseño de tuberías.....	51
Tabla 9. Coeficiente CH Formula Hazen-Williams .....	52
Tabla 10. Calculo de pérdidas del sistema de tuberías bomba de agua helada.....	55
Tabla 11. Calculo de pérdidas del sistema de tuberías de bomba de agua de chiller .....	57
Tabla 12. Cabezal total de bombas de Sistema de Agua Helada.....	60

Tabla 13. Calculo de pérdidas del sistema de tuberías bomba de agua de Torre.....	63
Tabla 14. Cabezal total de bomba de Sistema de Agua de Torre.....	65
Tabla 15. Presupuesto de Equipos.....	75
Tabla 16. Presupuesto de Instalación de Sistema de Tuberías y Equipos – Sección Alimentación Anillo de Distribución.....	76
Tabla 17. Presupuesto de Instalación de Sistema de Tuberías – Sección Anillo de Distribución.....	77
Tabla 18. Presupuesto de Instalación de Sistema de Tuberías – Sección Alimentación a Equipos.....	78
Tabla 19. Costo de Equipos.	82
Tabla 20. Costo de Instalación de Sistema de Tuberías y Equipos – Sección Alimentación Anillo de Distribución.....	83
Tabla 21. Costo de Instalación de Sistema de Tuberías – Sección Anillo de Distribución.....	84
Tabla 22. Costo de Instalación de Sistema de Tuberías – Sección Alimentación a Equipos.....	85
Tabla 23. Costo de Instalación de Sistema de Auxiliares.....	87
Tabla 24. Costo de Materiales por Instalación de Sistemas Auxiliares.	87
Tabla 25. Costo de Materiales por Instalación de Sistema de Agua Helada.....	88

Tabla 26. Costo de Materiales por Instalación de Sistema de Agua de Torre.....	89
Tabla 27. Costo de Materiales por Instalación de Sistema de Aire Comprimido.....	90
Tabla 28. Costo de Equipos de los Sistemas Auxiliares .....	91
Tabla 29. Costo de Equipos para Sistemas de Agua Helada.....	91
Tabla 30. Costo de Equipos para Sistemas de Agua de Torre.....	91
Tabla 31. Costo de Equipos para Sistemas de Aire Comprimido.....	92
Tabla 32. Costo de Mano de Obra por Instalación de Sistema de Auxiliares.....	92
Tabla 33. Costo de Mano de Obra por Instalación de Sistemas de Agua Helada .....	93
Tabla 34. Costo de Mano de Obra por Instalación de Sistemas de Agua de Torre .....	94
Tabla 35. Costo de Mano de Obra por Instalación de Sistemas de Aire Comprimido .....	95

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 01 - Diagrama Esquemático por Secciones del Sistema de Agua Helada
- PLANO 02 - Diagrama Esquemático por Secciones del Sistema de Agua Torre
- PLANO 03 - Diagrama Esquemático por Secciones del Sistema de Aire Comprimido
- PLANO 04 - Isométrico Esquemático Sistema de Agua Helada
- PLANO 05 - Isométrico Esquemático Sistema de Agua de Torre
- PLANO 06 - Isométrico Esquemático Sistema de Aire Comprimido
- PLANO 07 - Sección Alimentación Anillo Punto de conexión Anillo de Distribución
- PLANO 08 - Sección Anillo de Distribución Tuberías de Agua y Aire
- PLANO 09 - Sección Anillo Distribución Tuberías de Agua y Aire Isométrico
- PLANO 10 - Sección Anillo de Distribución - Altura de Soportes
- PLANO 11 - Sección Anillo de Distribución - Isométrico Tubería Posterior
- PLANO 12 - Sección Alimentación Equipos - Isométrico Tuberías y Soportes
- PLANO 13 - Sección Alimentación A Equipos Vistas Soportes de Tuberías
- PLANO 14 - Soportes de Tubería A y B
- PLANO 15 - Soportes de Tubería Frontal y Posterior
- PLANO 16 - Protección de Tuberías de Alimentación a Equipos
- PLANO 17 - Abrazaderas de Tuberías de Agua Helada
- PLANO 18 - Abrazaderas de Tuberías de Agua de Torre

## INTRODUCCIÓN

No cabe duda que en la actualidad, el plástico es parte del diario vivir de todas las personas en el mundo, pues tan solo basta con abrir la billetera y ver nuestras identificaciones, en casa encontrar algún adorno o utensilio de cocina, en el trabajo usar un bolígrafo o cruzar por una regeneración urbana y ver sistemas de tuberías plásticas. Su aplicación y utilidad van desde productos tan sofisticados como una prótesis de cadera y articulaciones de rodilla hasta un sencillo llavero. La razón de su desarrollo es la amplia gama de propiedades que brindan estos materiales, así como su facilidad para procesarlos.

Las necesidades en el mundo actual han hecho apuntar hacia alternativas que puedan brindar el sector plástico, y en nuestro país no es la excepción, la diversidad de producción de estos productos ha crecido notablemente, y pese a los diferentes factores económicos externos e internos del país, la industria plástica ha tenido un desarrollo sostenible en los últimos años, y como tal la planificación y el correcto crecimiento de las industrias es de suma importancia.

Una planta procesadora de plásticos posee diferentes áreas y secciones productivas, como son Bodega de Materia Prima, Mezclado, Sistemas

Auxiliares, Producción, Bodega de Producto Terminado-Distribución y Oficinas Administrativas. Estas áreas deben ser distribuidas y diseñadas de tal forma que la elaboración del producto sea lo más eficaz y eficiente para para que el negocio sea rentable.

En el área de Producción se realiza todo el proceso de transformación del plástico, la cual puede ser mediante procesos de extrusión, inyección, rotomoldeo, entre otros; cuyos equipos que intervienen en dicha fabricación, requieren principalmente de suministro de energía, agua y aire comprimido, para poder obtener el producto específico.

En una Planta procesadora de plásticos, el Área de Sistemas Auxiliares es una de las áreas más importantes, pues la misma está compuesta de los sistemas que generan y distribuyen energía, agua helada, agua de torre, aire comprimido y energía eléctrica; hacia los equipos de producción y las diferentes secciones que conforman la Planta.

En el presente trabajo se desarrolla el Diseño, Selección e Instalación Mecánica de los Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido, que comprende con el trazado, distribución, dimensionamiento de tuberías, selección de equipos, en base a la demanda requerida en caudal de agua, toneladas de refrigeración y caudal de aire comprimido.

# **CAPITULO 1**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Descripción de una Planta Procesadora de Plásticos**

La combinación de la materia prima, mano de obra calificada y la tecnología apropiada, resulta un proceso de producción para obtener un determinado producto. Para su desarrollo en cuanto al mejoramiento de la calidad del producto y eficiencia de producción (costos, tiempo, etc.), demanda que las múltiples empresas posean una estructura adecuada.

Una planta procesadora de plásticos físicamente se compone de muchas secciones, las cuales se puede resumir en las siguientes áreas:

**Áreas Administrativas**, se encuentran todos los recursos que ayudan a operar de forma eficiente y efectiva el negocio de la empresa, tienen como rol la planeación, organización, dirección y control de la empresa. Están conformadas por Finanzas, Tecnología de la Información, Recursos Humanos, Ventas-Marketing, Producción, entre otros.

**Área de Materia Prima**, en este lugar se recibe y almacena los diferentes materiales necesarios para la fabricación de los productos de la empresa. Como recursos principales están los equipos de manipuleo de carga como montacargas, puentes grúas, así como también equipos de transporte neumáticos, equipos de almacenamiento.

**Área de Mezclas y Compuestos**, aquí se realiza todo el proceso de mezcla para obtener el compuesto requerido según el producto a fabricar, con formulaciones ya establecidas. Se cuenta con equipos

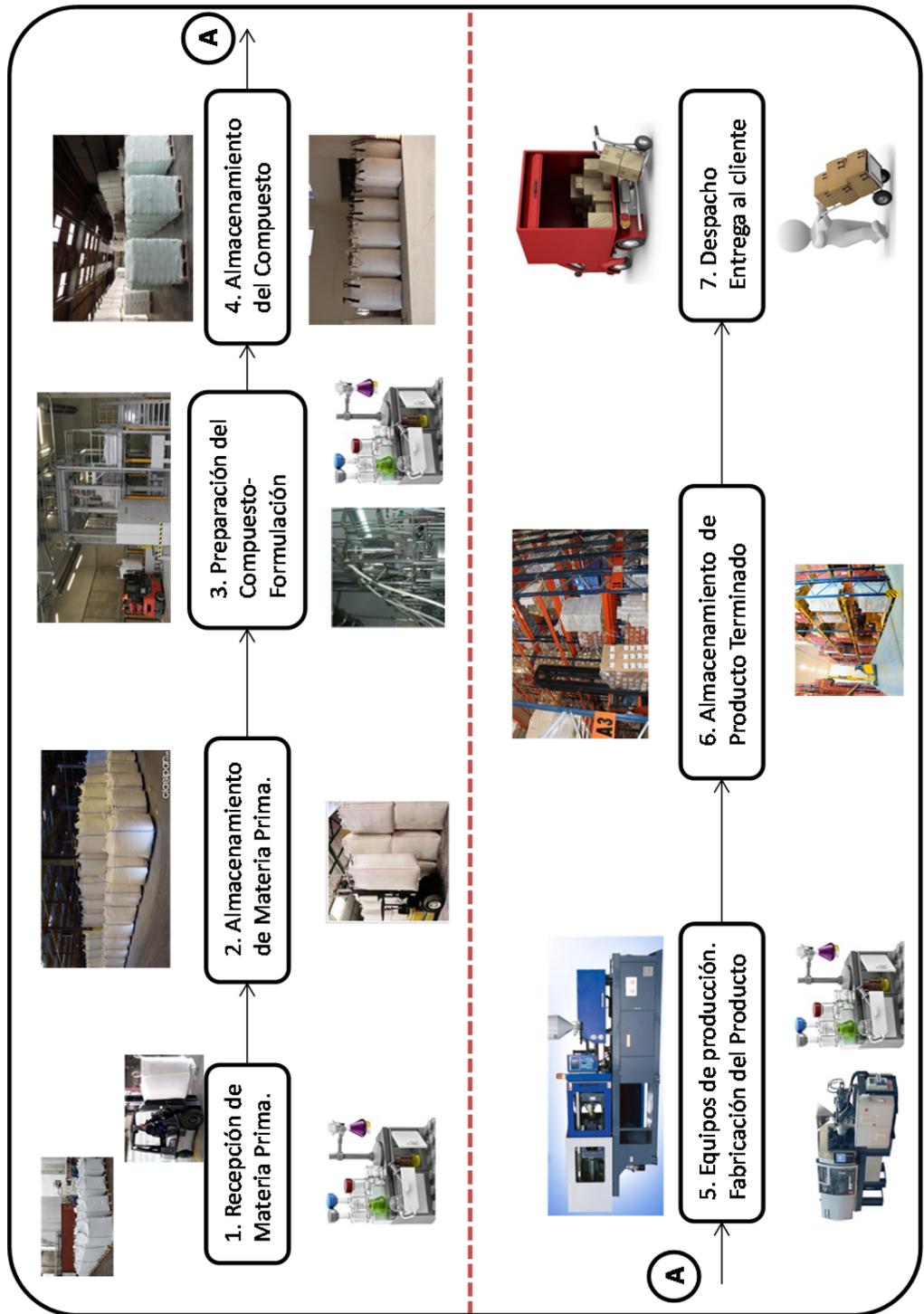
de almacenamiento, de pesaje y mezclas, así como montacargas y equipos neumáticos para transporte y distribución del material.

**Área de Sistemas Auxiliares**, conformada por todos los equipos de generación y distribución de energía eléctrica, agua helada, agua de torre y aire comprimido, los cuales son necesarios para el funcionamiento de los equipos de la empresa y áreas administrativas. Aquí se encuentran equipos y subequipos tales como son tableros de principales de distribución y control de energía eléctrica, generadores, chiller, torres de enfriamiento, bombas de agua, compresores de aire, entre otros. Esta área se considera el pulmón de una empresa de procesamiento de plásticos y el diseño de dichos sistemas, es en el cual se centra esta tesis.

**Área de Producción**, compuesta por los diferentes recursos que realizan la transformación del material (compuesto) en el producto final. Entre estos recursos están las máquinas Inyectoras, transportadores neumáticos, equipos de manipuleo de carga, puentes grúas, entre otros. La distribución de dichos equipos dependerá de la capacidad de producción y del tipo de producto a fabricar.

**Área de Producto Terminado**, lugar donde se realiza la recepción, almacenamiento del producto fabricado y posterior entrega o despacho al cliente. Esta área cuenta con recursos como montacargas, andenes de carga, perchas, etc., necesarios para la correcta clasificación y despacho del producto.

A continuación se describe la fabricación de un producto plástico (ver Figura 1.1). Este Inicia desde la llegada de la materia prima (1), la misma que es evaluada por el departamento de calidad para saber si efectivamente cumple con las propiedades correspondientes según especificaciones de compra. Una vez que pasa los ensayos respectivos, se procede a su respectivo almacenamiento (2).



**FIGURA 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS POR PROCESO DE INYECCIÓN.**

Del área de almacenamiento se transporta la materia prima hacia los equipos de mezclas, donde se procede a preparar el compuesto – formulación (3), dependiendo de la programación de fabricación de productos. Este parte del proceso, también es validado por el departamento de calidad. Cada tipo de compuesto es almacenado e identificado. Cuando se requiere realizar la producción para cierto producto, se procede a transportar el compuesto respectivo hacia el área de los equipos de producción (inyectoras) (5).

Previamente, en los equipos de producción (inyectoras), se está realizando la preparación del molde correspondiente al producto a fabricar, para luego ser montado en el equipo (inyectora). Posteriormente se realiza una configuración inicial y calentamiento del equipo.

Se procede a llevar el compuesto hasta el equipo, luego se habilita el transportador neumático para que realice la carga de compuesto en la tolva de material del equipo y se da inicio a la fabricación del producto. Durante el proceso de fabricación existen pruebas de los productos fabricados, si estos cumplen se continúa con la producción o caso contrario se realizan: modificaciones en los parámetros del equipo, mantenimiento-corrección del molde o cambios en la formulación del compuesto.

El producto fabricado es posteriormente empacado en fundas o cartones, según el tamaño y presentación del producto, para luego ser llevado hacia las bodegas de producto terminado (6), donde se almacenaran en las secciones correspondientes hasta que se realice el despacho al cliente (7).

En el Apéndice A se presenta un esquema del proceso general sobre la realización del producto en una empresa de plásticos, donde se observa la relación de los diferentes secciones que la conforman, desde el proceso de ventas hasta la entrega del producto al cliente.

## **1.2. Proceso de Inyección**

Es uno de los procesos más importante para la fabricación de piezas plásticas. Con el proceso de inyección, es posible obtener producto terminado en un solo paso, a partir de materia prima en forma de polvo o granulada. Su aplicación es diversa pues se pueden fabricar juguetes, elementos eléctricos, accesorios sanitarios, partes de autos, muebles, etc.

En la actualidad en el proceso de Inyección es de mucho interés, debido a la gran variedad de productos que se pueden producir y de formas muy complejas.

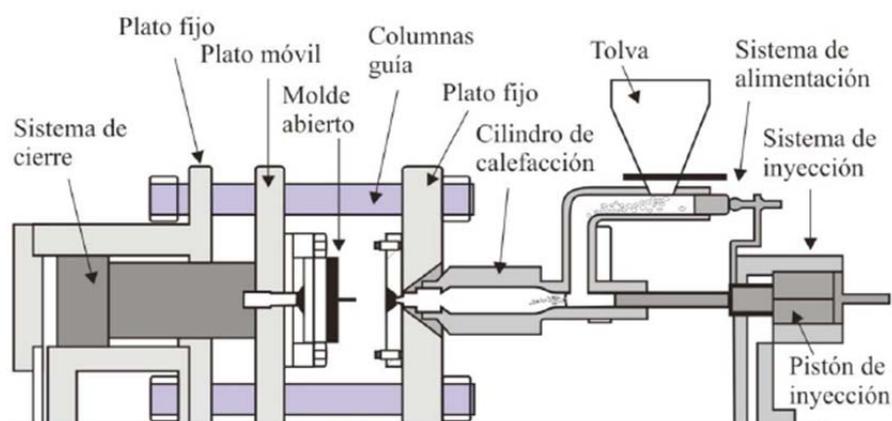
El proceso de inyección [1], consiste esencialmente en: calentar el material termoplástico que viene en forma de polvo o gránulos para transformarlo en una masa “plástica” en un elemento apropiado llamado “conjunto de plastificación” y así inyectarlo en la cavidad del molde, del cual tomará la forma. Otro concepto esencial, consiste en fundir el material en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades del molde, donde se enfría hasta una temperatura a la que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse.

El proceso puede dividirse en dos fases; en la primera tiene lugar la fusión del materias y en la segunda la inyección del mismo en el molde. La manera de realizar estas dos fases es la que distingue una máquina de otra.

En la evolución que han tenido estos equipos están las máquinas de pistón y las máquinas con husillo.

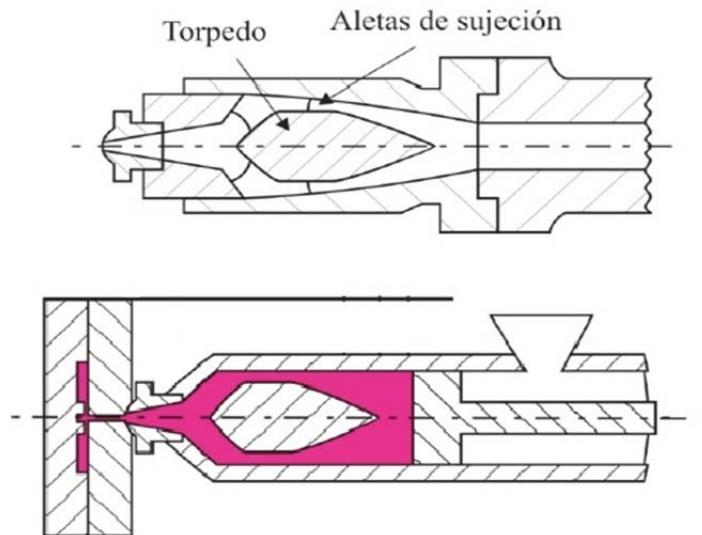
**Máquinas de Pistón [2]**, básicamente la fusión del material se realizaba en una cámara cilíndrica de calefacción. En esta máquinas (ver figura 1.2) el material ingresa al cilindro de calefacción a través de la tolva de alimentación situada en la parte posterior del cilindro. El material se calienta y funde en el cilindro de calefacción, al mismo tiempo que circula hacia la parte anterior de este, empujando en

veces sucesivas por las emboladas de un pistón que se mueve ajustadamente en el cilindro de calefacción. Este embolo actúa de pistón de inyección y obliga al material fundido a pasar por el cilindro de calefacción a las cavidades del molde, realizando así la segunda fase del proceso.

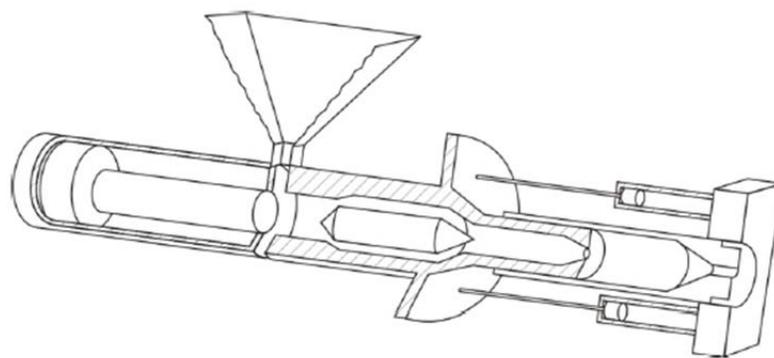


**FIGURA 1.2 ESQUEMA DE UNA MÁQUINA DE MOLDEO POR INYECCIÓN CON PISTÓN [2].**

Una de las principales desventajas de estos equipos, es que poseían una deficiente transferencia de calor e inyección del material, la cual mejoraron adicionando al cilindro de calefacción un accesorio llamado torpedo (ver Figura 1.3), ubicado en el extremo de salida de material del cilindro de calefacción. Luego incluyeron una recámara de precalentamiento del material (ver Figura 1.4), el cual mejoró el proceso de inyección.



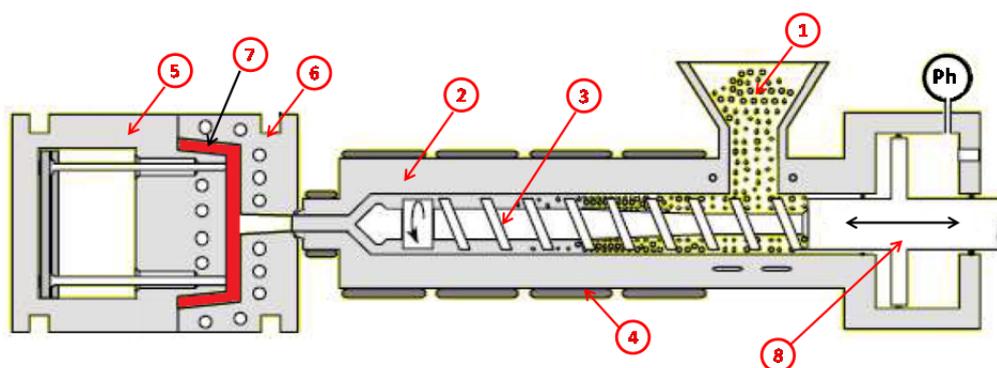
**FIGURA 1.3 ESQUEMA DE CILINDRO DE CALEFACCIÓN CON TORPEDO [2].**



**FIGURA 1.4 ESQUEMA DE MÁQUINA DE INYECCIÓN CON PISTÓN DE PREPLASTIFICACIÓN EN LÍNEA [2].**

Pese a los cambios, este tipo de equipos seguían teniendo sus desventajas y fueron evolucionando, llegando hoy en día a tener las denominadas Máquinas de Tornillo.

**Máquina de Tornillo** o husillo [1], en esta máquina (ver Figura 1.5) la materia prima es depositada en la tolva (1), para luego ser conducida hacia la entrada posterior del conjunto barril-tornillo (2, 3) de inyección. La forma del tornillo y su movimiento giratorio, hacen que el material llene las cavidades formadas entre el barril y tornillo; y se transporten a lo largo de los mismos. A medida que avanza el material, su temperatura va aumentando debido a la fricción que se genera entre el barril, material y tornillo, y además con la ayuda de un conjunto de resistencias (4) que controlan el proceso de plastificación.



**FIGURA 1.5 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UNA MÁQUINA DE INYECCIÓN CON HUSILLO [2].**

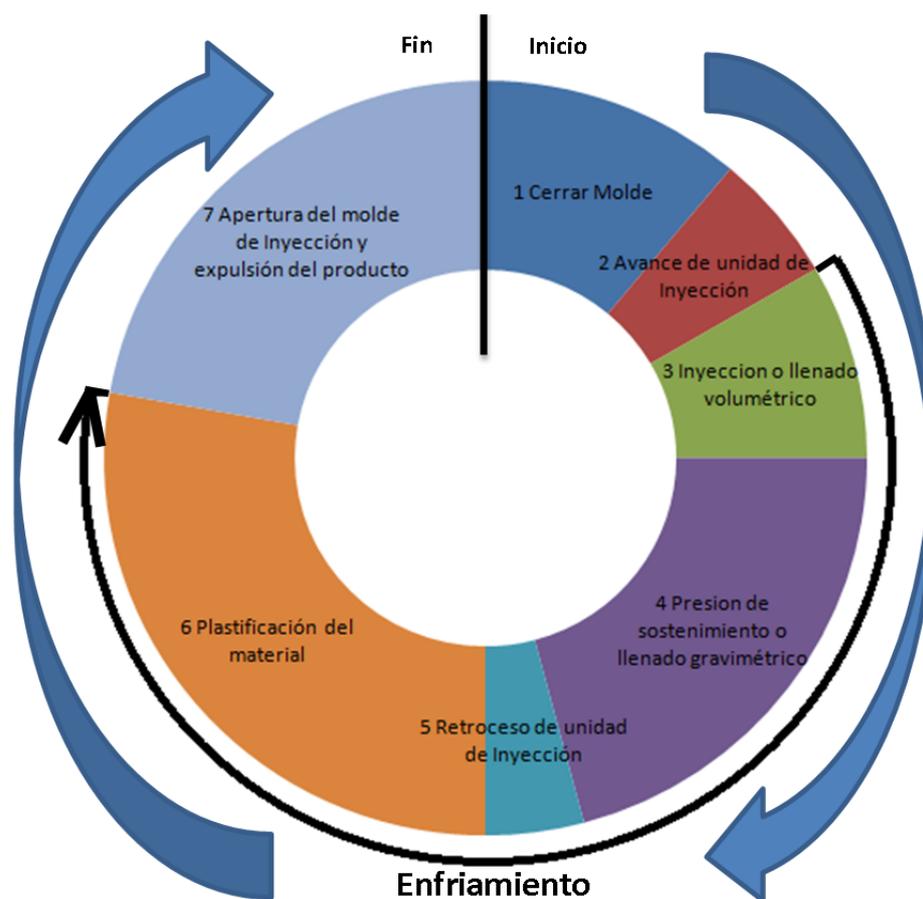
A su vez se realiza el cierre del molde, donde la placa móvil (5) del molde de inyección, se posiciona contra la placa fija (6), quedando lista para que el material sea transferido (inyectado) hacia las cavidades internas del molde (7), evento que sucede por el

movimiento axial del tonillo, realizada por medio del pistón hidráulico de inyección (8). Terminada la transferencia (inyección) del material, existe una pausa de enfriamiento, para posteriormente realizar los movimientos de apertura del molde, se separa la placa móvil de la placa fija y se expulsa de la pieza moldeada (inyectada).

En la actualidad entre las máquinas de pistón y las de tornillo, estas últimas son de mayor utilización.

En los procesos de inyección, es fundamental el tiempo que dura un ciclo de inyección, el mismo que dependerá del tipo de material y la geometría de producto a fabricar, pueden ser segundos y hasta minutos (productos más pesados).

El ciclo de inyección (ver Figura 1.6) [1] [3], inicia con el cerrado del molde (1), la unidad de inyección avanza hasta que la boquilla hace contacto con el molde (2), aplicando la presión necesaria para el sello hermético entre boquilla y el molde, luego se realiza la inyección del material plastificado (3) que se encuentra en el interior del barril. La duración de esta etapa dependerá del volumen de la pieza a inyectar y de la velocidad con la que se mueve el tornillo de inyección mientras bombea el material hacia las cavidades del molde.



**FIGURA 1.6 CICLO DE INYECCIÓN.**

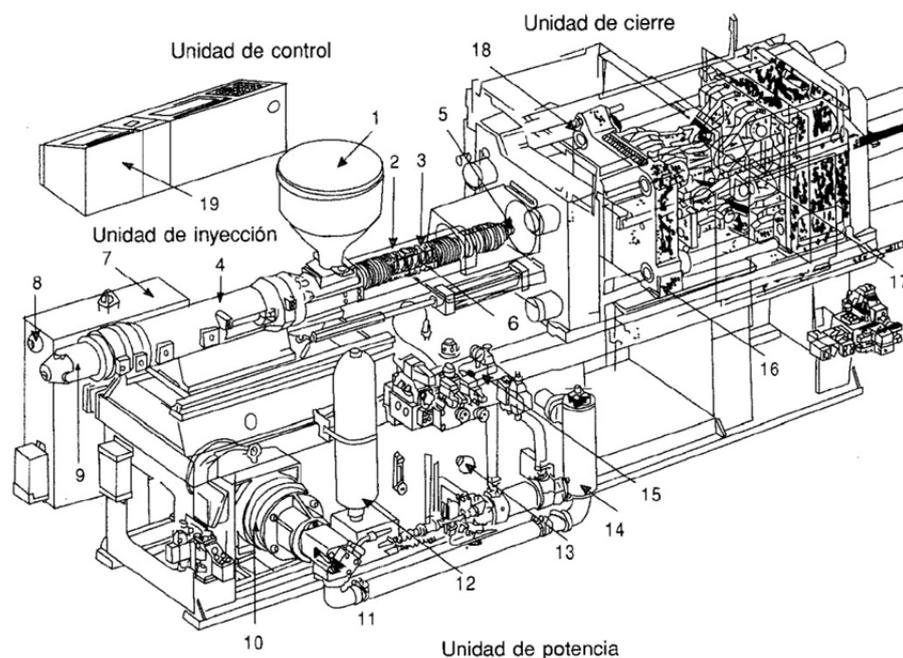
En este instante comienza el enfriamiento del material que durará hasta que la pieza sea extraída del molde. Esta etapa se la conoce también como etapa de llenado volumétrico. La inyección continúa hasta que se genera la señal para que empiece a actuar la presión de sostenimiento o post-llenado (4). Durante esta etapa se logra introducir en la cavidad el material necesario para compensar la contracción de volumen que experimenta la masa que está siendo

enfriada dentro del molde. Así se determina el peso de la pieza, sus dimensiones finales y las características de su estructura interior. Como durante esta fase continua fluyendo material, aunque a una velocidad muy baja, se le llama llenado gravimétrico, pues aunque el volumen de la pieza no aumenta, si lo hace su peso.

Una vez que cesa de actuar la presión de sostenimiento se puede retirar la unidad de inyección (5) del molde (si se necesita) y empezar a plastificar más material (6). Esto solo es posible si la máquina dispone de una boquilla con mecanismo de cierre. Si la boquilla es abierta, normalmente se espera hasta terminar la plastificación para desplazar hacia atrás esta unidad y evitar así que salga el material de la boquilla durante este proceso. En tal caso quedarían invertidas las etapas (5) y (6) en el diagrama.

Por último se realiza la apertura del molde de inyección para extraer el producto del molde (7).

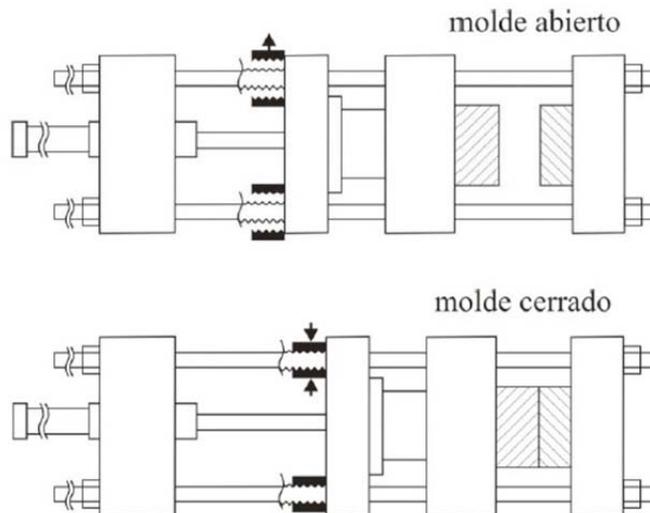
Ya tratado el tema de las fases de operación de un ciclo de inyección, se describen los componentes principales del equipo. Una inyectora está compuesta fundamentalmente por (ver Figura 1.7):



**FIGURA 1.7 PARTES PRINCIPALES DE UNA INYECTORA [4].**

**Unidad de cierre** o prensa (ver Figura 1.8), es el componente de la máquina que sostiene el molde, efectúa el cierre y la apertura, genera la fuerza para mantenerlo cerrado durante la fase de inyección y cuando el molde se abre, expulsa la pieza moldeada. La secuencia del cerrado del molde lo hace en dos pasos, primero arranca a una alta velocidad y momentos antes que las mitades del molde entren en contacto, se reduce la velocidad cerrando lentamente y a baja presión hasta que el molde se encuentre cerrado completamente. Esto se hace con el fin de proteger el molde. Después de cerrado el molde, se eleva la presión de aceite, en el cilindro hidráulico generando la fuerza de cierre para mantener cerrado el molde durante la inyección.

Los tipos más utilizados son el de “cierre por rodillera” (simple o doble), “cierre por pistón” (cierre directo), “cierre hidromecánico o pistón bloqueado”.



**FIGURA 1.8 UNIDAD DE CIERRE POR PISTÓN (CIERRE DIRECTO) [4].**

**Unidad de Inyección**, es la parte de la máquina que efectúa la alimentación, el transporte, la mezcla, la plastificación (calentar hasta fundir) y la inyección al molde del material termoplástico. El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del material, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el tornillo. La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante.

**Unidad De Potencia**, anteriormente el sistema de transmisión de potencia comprendía un motor eléctrico que por medio de engranajes y palancas, transmitían potencia a las partes de accionamiento de la inyectora. Estos han sido reemplazados por sistemas hidráulicos los mismos que han ido evolucionando, sus ventajas hacen que hoy en día las Inyectoras se fabriquen con sistemas hidráulicos que permiten que los diferentes movimientos de la inyectora puedan ser mejor controlados.

**Unidad de Control**, componentes que sirven para controlar el funcionamiento del equipo de una forma predeterminada. La inyectora viene equipada con elementos como PLC, tarjetas electrónicas, sensores de temperatura y presión, transductores de posición, entre otros; que permiten controlar todo el proceso de inyección.

**Molde**, es donde se genera la pieza; para producir un producto diferente simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre. Un molde está formado por las siguientes partes: “cavidad”, que es el volumen en el cual la pieza será moldeada; “canales o ductos”, son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se

encuentra la compuerta; “canales de enfriamiento”, son canales por los cuales circula refrigerante (agua helada) para regular la temperatura del molde. La refrigeración debe ser lo más homogénea posible en toda la cavidad para evitar los defectos en la pieza final, por esto su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde; “barras expulsoras”, barras que expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad al abrir el molde; es posible contar con ayuda externa al sistema (humanos o robots) para realizar esta operación.

### **1.3. Requerimientos de Equipos para Procesos de Inyección.**

Se ha realizado al descripción de una planta procesadora de plásticos, así como las fases de operación y el ciclo de producción de una inyectora; ahora se verá lo que se requiere para las máquinas inyectoras funcionen.

**Suministro de energía eléctrica,** la inyectora como tal posee diferentes componentes eléctricos (motores, PLC, etc.) y electrónicos (tarjetas, sensores, etc.). La energía eléctrica es distribuida hacia los equipos por medio de transformadores, paneles de distribución, acometidas eléctricas, las mismas que se dimensionan de acuerdo a la capacidad (potencia) de cada equipo.

**Suministro de Agua Helada**, requerido para el enfriamiento de moldes. El flujo de agua requerido, dependerá del tipo de molde y material a fabricar.

**Suministro de Agua de Torre**, requerido para el enfriamiento del aceite de las inyectoras. El flujo de agua requerido dependerá de las condiciones de trabajo de la maquina inyectora.

**Suministro de Aire Comprimido**, requerido para el accionamiento de elementos neumáticos de la inyectora y transportadores de material. El objetivo de esta tesis, es la de realizar el diseño de estos sistemas, de acuerdo a las capacidades de los equipos y requerimientos del cliente. El diseño del Sistema Eléctrico no está incluido en esta tesis.

#### **1.4. Diseño de Planta Procesadora de Plásticos.**

Hay muchos aspectos en el Diseño de una Planta Industrial, que deben considerarse, como son:

- El producto a fabricar, de ser necesario distribuirlos por familias, nivel de producción o peso en venta. Analizar los grupos de productos más frecuentes o importantes para la empresa.
- La demanda y la maquinaria que utiliza para cubrir esta demanda.

- La cantidad de materia prima, el producto terminado y el sistema de almacenamiento y manipuleo de materiales que utilice la empresa.
- El tipo y la cantidad de equipos, para el manipuleo de y manejo de materiales de la empresa.
- Los departamentos o espacios físicos que requiere la empresa para crear el producto. El enfoque debe ser principalmente en las áreas por las cuales circula el producto.

En cuanto a la distribución de la planta, es un fundamento de la industria determinar la eficiencia de sus procesos y contribuir en la minimización de los costos de fabricación. La distribución es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y personal del taller.

Existen algunas metodologías para iniciar el Diseño de una Planta Industrial, cuya distribución debe ajustarse de manera adecuada a las necesidades del proceso. A continuación se indica algunas

metodologías, las cuales deberán ser evaluadas por parámetros que defina el cliente (ver Tabla 1).

**TABLA 1. METODOLOGÍAS PARA DISTRIBUCIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL[5].**

<b>Técnica</b>	<b>Características</b>
<b>Distribuciones con posiciones fijas.</b>	Esta distribución se desarrolla cuando los productos son demasiado pesados, por lo que permanecen fijos y la distribución se basa en el tamaño y forma de este.
<b>Distribuciones por proceso.</b>	La distribución por proceso es común cuando los tamaños de producción son de pequeño y mediano volumen. En la cual se agrupa máquinas similares que tienen funciones parecidas y además es efectiva cuando hay una amplia variación en la mezcla de productos. Es común para empresas pequeñas.
<b>Distribuciones basadas en tecnologías de grupo.</b>	Este tipo de distribución es adecuada para compañías grandes que producen una amplia variedad de partes para volúmenes de moderados a altos.
<b>Distribuciones por producto.</b>	En la distribución por producto las máquinas están organizadas para conformar la secuencia de operaciones requerida para generar el producto. Esta distribución es típica en la producción de alto volumen.

Algunos parámetros que puedan tomarse en cuenta para la definición de metodología:

- Movimiento de material: Minimizar la distancia de circulación del material entre las diferentes secuencias del proceso

- Circulación del trabajo: Ahorro de espacio y tiempo, mediante la mejor disposición de áreas de trabajo.
- Utilización efectiva del espacio: Minimizar el costo por área de trabajo como resultado de una mejor utilización del espacio.
- Flexibilidad: Ofrecer la posibilidad de reordenar parte de la integración de la planta con un mínimo costo.

El diseño general de la planta ya fue realizada por el cliente en base a la experiencia que ellos tienen con otras de sus empresas.

# **CAPITULO 2**

## **2. SISTEMAS AUXILIARES REQUERIDOS**

El proyecto general que requiere el cliente, es la construcción de un nuevo galpón para el proceso de Inyección, esto incluye la obra civil, mecánica, eléctrica, entre otros.

Como se explicó en el capítulo I, en el proceso de fabricación de plásticos, se tienen los sistemas auxiliares, que comprenden los sistemas que generan y distribuyen energía, agua helada, agua de torre y aire comprimido. El cliente necesitaba contratar el diseño de estos sistemas (exceptuando la parte eléctrica), así como también su implementación, por lo que estuve a cargo tanto del diseño, licitación, y control de la ejecución del proyecto.

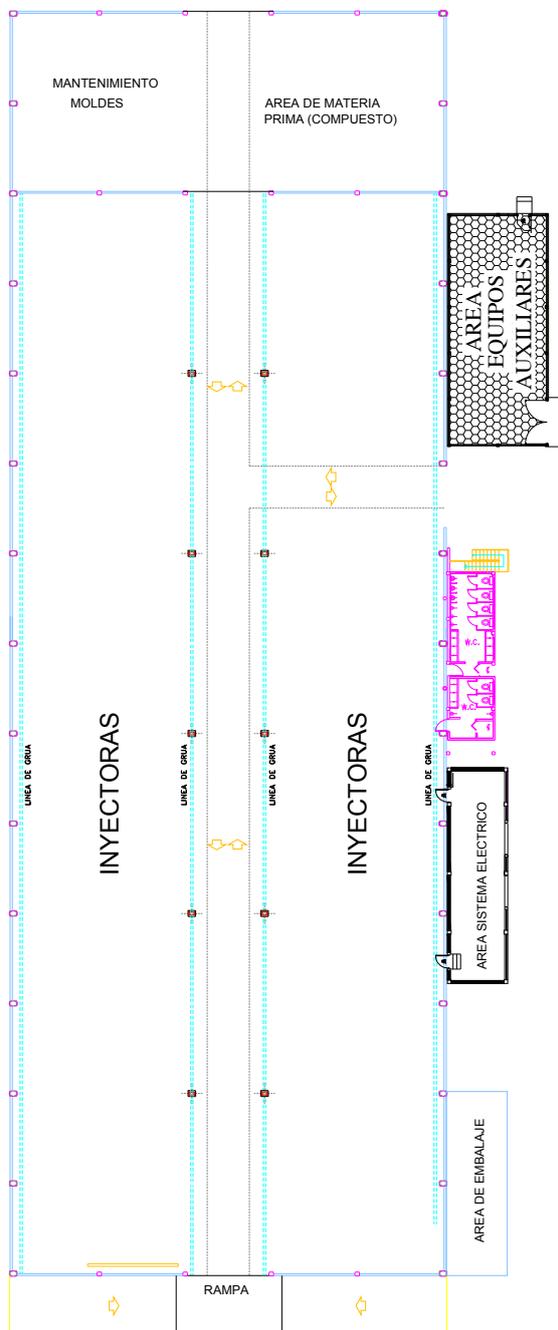
## **2.1. Layout de los equipos a ser instalados**

La distribución correspondiente de las diferentes áreas de la empresa ya fue determinada por el cliente. Los espacios que se asignaron a las diferentes áreas del proceso de fabricación del producto y del área de los sistemas auxiliares ya estaban parcialmente definidos. Estas distribuciones son el punto de partida para definir el detalle de los componentes de todos los sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido. En la Figura 2.1, se muestra la distribución de la planta que definió el cliente.

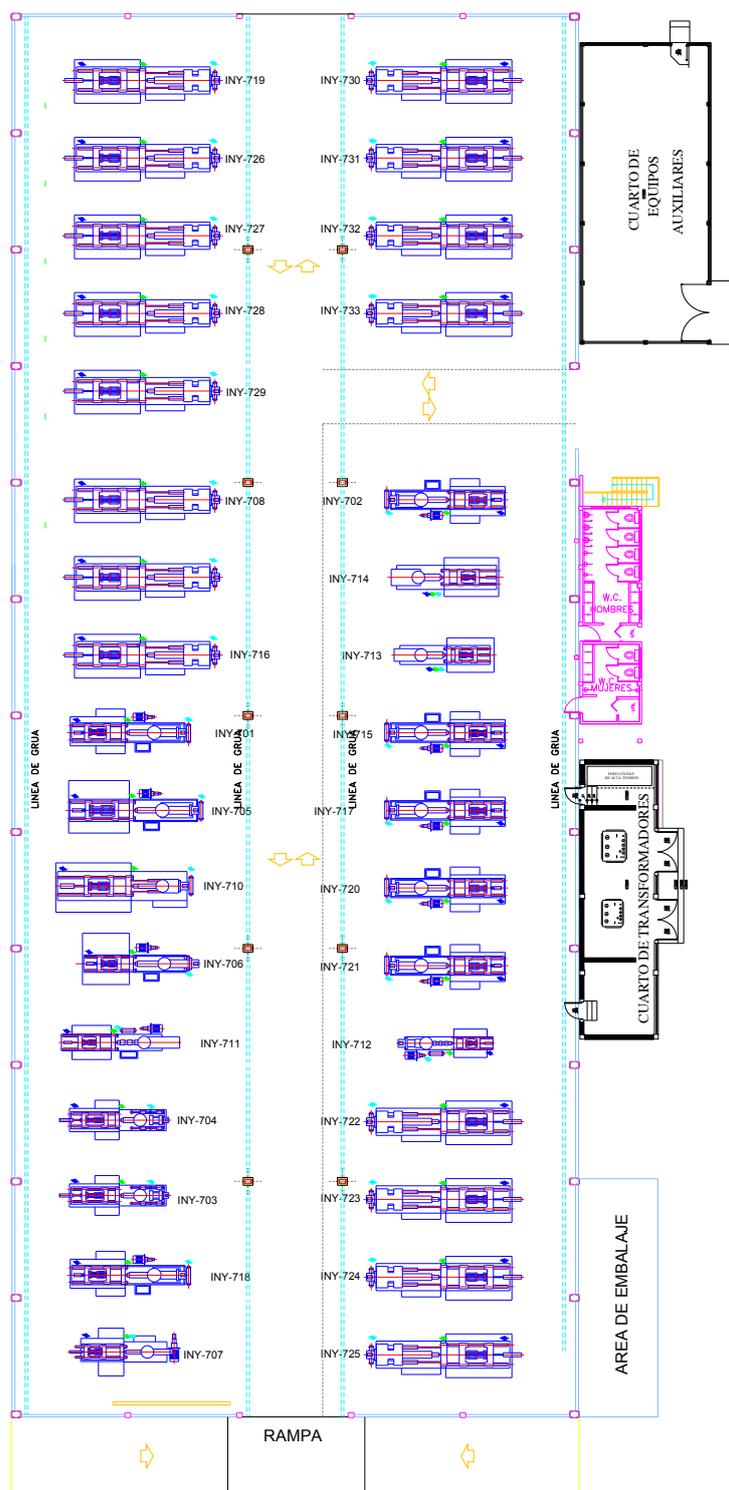
Como se muestra se están considerando las áreas de materia prima, mezclas, compuesto, producción (inyectoras), embalaje de producto terminado, moldes y talleres mantenimiento. No se están considerando el área de almacenamiento de producto terminado, que es parte del proceso de fabricación, esta área la seguirán usando en la planta actual, por las ventajas que aun presentan el mantener esta instalación en el mismo sitio.

En la figura 2.2, se muestra una distribución inicial del grupo de inyectoras a instalarse, cuya ubicación se definirá cuando se valide el

trazado de los sistemas de tuberías que suministrarán agua y aire comprimido.



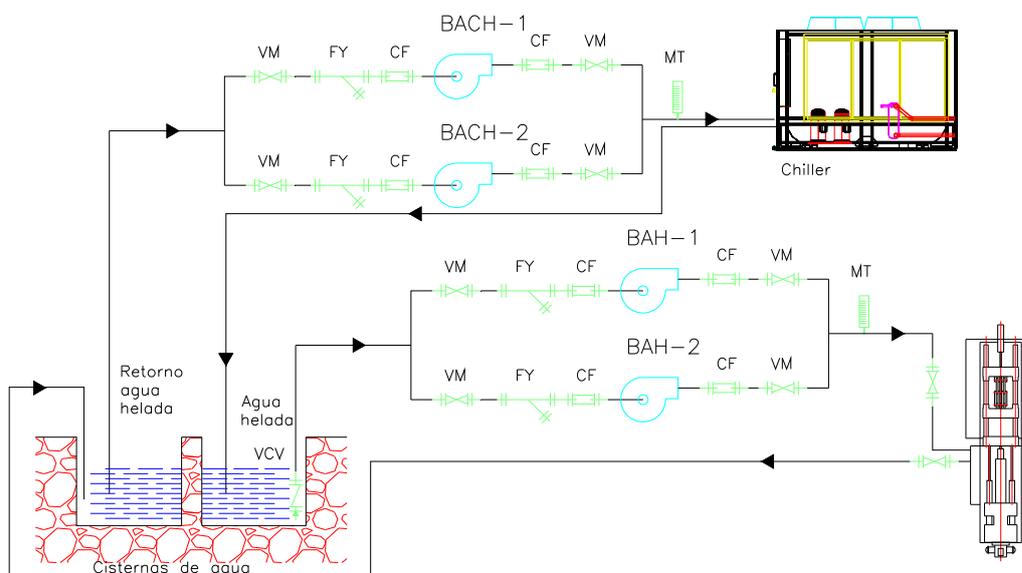
**FIGURA 2.1 DISTRIBUCIÓN DE NUEVO GALPÓN DE INYECCIÓN.**



**FIGURA 2.2 DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS INYECTORAS.**

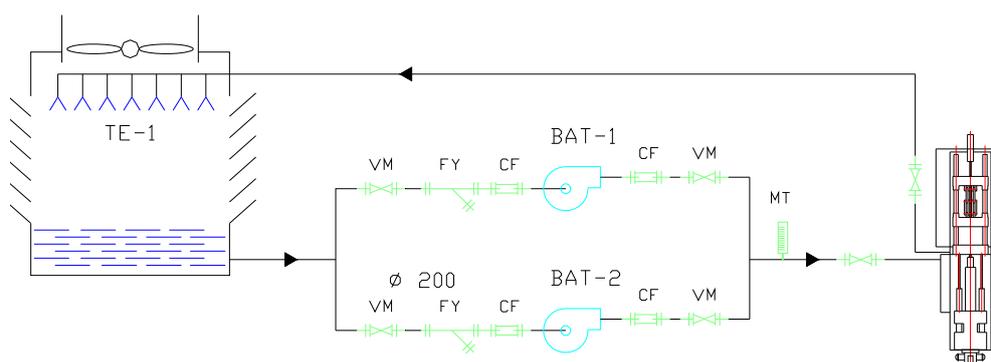
## 2.2. Sistemas Auxiliares

**Sistema de Agua Helada**, usado para el enfriamiento de moldes, comprende de un Equipo de Enfriamiento (chiller, por su traducción al inglés), Cisternas, Bombas de Agua y un Sistema de Tuberías. hay dos cisternas, una de agua helada y otra de retorno de agua helada, por medio de una bomba de agua y un sistema de tuberías, el agua pasa de la cisterna de retorno de agua helada hacia el chiller y se deposita en la cisterna de agua helada. Otra bomba de agua y otro sistema de tuberías, se lleva el agua de la cisterna de agua helada hacia los equipos de producción (Inyectora), para que sea utilizada por el respectivo molde y a su vez retornarla hacia la cisterna de retorno de agua helada.



**FIGURA 2.3 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA HELADA.**

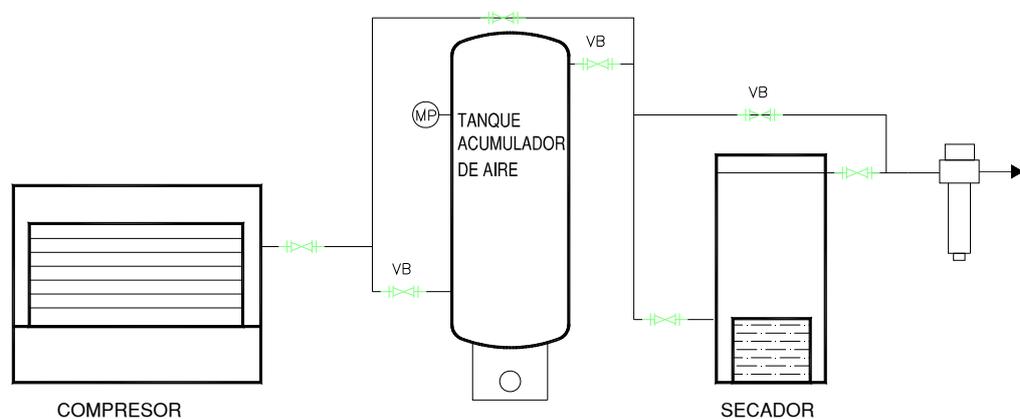
**Sistema de Agua de Torre**, usado para el enfriamiento de intercambiadores de calor del sistema hidráulico (aceite). Comprende de una Torre de Enfriamiento (equipo de refrigeración), bombas de agua y un sistema de tuberías. Según el esquema de la Figura 2.4, por medio de una bomba de agua y un sistema de tuberías, se hace pasar el agua de la Torre de Enfriamiento hacia las inyectoras, para ser utilizada en el intercambiador de calor del aceite, y a su vez la retorna hacia la torre de enfriamiento.



**FIGURA 2.4 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE AGUA DE TORRE DE ENFRIAMIENTO.**

**Sistema de Aire Comprimido**, usado para el accionamiento de elementos neumáticos. Según el esquema de la Figura 2.5 comprende de un compresor, equipo de tratamiento de aire, tanque de almacenamiento y un sistema de tubería. Un compresor genera aire comprimido a determinada presión y por medio de un sistema de

tuberías, transporta el aire a través del secador, tanque de almacenamiento, hasta el punto de utilización del equipo.



**FIGURA 2.5 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.**

### 2.3. Descripción de necesidades de Sistemas Auxiliares

El cliente ya tiene algunos años en el negocio y de la experiencia obtenida en los procesos de producción, tienen una base de datos y demandas de las necesidades agua y aire de sus equipos.

Según los datos suministrados, la demanda de los sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido en los actuales momentos es según la Tabla 2, mientras que en la Tabla 3 se muestra la demanda que se requiere para la instalación de nuevos equipos dentro de 3 a 5 años. En la Tabla 4, se resume la demanda actual y proyectada para el nuevo galpón de inyección.

**TABLA 2. DEMANDA ACTUAL PARA LOS SISTEMAS DE AGUA Y AIRE COMPRIMIDO.**

<b>Equipo</b>	<b>Caudal de Agua Helada (gpm)</b>	<b>Caudal de Agua de Torre (gpm)</b>	<b>Caudal de aire comprimido (l/min)</b>
Inyectora # 01	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 02	3.50	10.00	16.99
Inyectora # 03	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 04	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 05	12.00	22.00	16.99
Inyectora # 06	6.50	12.00	16.99
Inyectora # 07	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 08	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 09	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 10	9.00	16.00	16.99
Inyectora # 11	7.00	12.50	16.99
Inyectora # 12	3.00	10.00	16.99
Inyectora # 13	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 14	3.50	10.00	16.99
Inyectora # 15	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 16	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 17	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 18	7.00	12.50	16.99
Inyectora # 19	7.00	12.50	16.99
Inyectora # 20	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 21	5.50	10.00	16.99
Inyectora # 22	5.50	10.00	16.99
Embalaje			169.90
Talleres			424.76
<b>Total</b>	<b>164.00</b>	<b>311.50</b>	<b>968.44</b>

**TABLA 3. DEMANDA DE FUTUROS EQUIPOS, PARA LOS SISTEMAS DE AGUA Y AIRE COMPRIMIDO.**

<b>Equipo</b>	<b>Caudal de Agua Helada (gpm)</b>	<b>Caudal de Agua de Torre (gpm)</b>	<b>Caudal de aire comprimido (l/min)</b>
Inyectora # 23	16.00	30.00	16.99
Inyectora # 24	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 25	16.00	30.00	16.99
Inyectora # 26	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 27	16.00	30.00	16.99
Inyectora # 28	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 29	16.00	30.00	16.99
Inyectora # 30	14.00	26.00	16.99
Inyectora # 31	16.00	30.00	16.99
Inyectora # 32	14.00	26.00	16.99
Mezcladora	42.00		113.27
<b>Total</b>	<b>192.00</b>	<b>280.00</b>	<b>283.17</b>

**TABLA 4. DEMANDA ACTUAL Y FUTUROS DE EQUIPOS, PARA LOS SISTEMAS DE AGUA Y AIRE COMPRIMIDO.**

<b>Caudal de Agua Helada (gpm)</b>	<b>Caudal de Agua de Torre (gpm)</b>	<b>Caudal de aire comprimido (l/min)</b>
<b>356.00</b>	<b>591.50</b>	<b>1251.61</b>

Tanto para la demanda actual como para la proyectada, las características de temperatura y presión, para los sistemas de agua y aire se mantendrán.

Las características para el sistema de agua helada, se requiere de un caudal de 164 gpm (proyectado 356 gpm), a una temperatura aproximada de 12 °C (53.6 °F), y una vez que pasa por el proceso respectivo, el agua llega a una temperatura aproximada de 14.5 °C (58.1 °F). En los equipos, se tiene una caída de presión aproximada de 1.24 bar (18 psi).

Las características para el sistema de agua de torre, se requiere de un caudal de 311.50 gpm (proyectado 591.50 gpm), a una temperatura aproximada de 30 °C (86 °F), y una vez que pasa por el proceso respectivo, el agua llega a una temperatura aproximada de 32.5 °C (90.5 °F). En los equipos, se tiene una caída de presión aproximada de 1.24 bar (18 psi).

Las condiciones para el aire comprimido, se requiere de un sistema que genere y suministre aire a una capacidad de 968.44 lt/min (proyectado 1251.61 lt/min) con una presión de 6.9 bar (100 psi). En las Tabla 5 y 6, se resume estas características.

**TABLA 5. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS ACTUALES DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.**

Sistema	Demanda	Entrada		Salida		Caída de presión	
		°C	°F	°C	°F	bar	psi
<b>Agua Helada</b>	164.00 gpm	12.0	53.6	14.5	58.1	1.24	18.00
<b>Agua de Torre</b>	311.05 gpm	30.0	86.0	32.5	90.5	1.24	18.00
<b>Aire Comprimido</b>	968.44 l/min	6.9 bar					

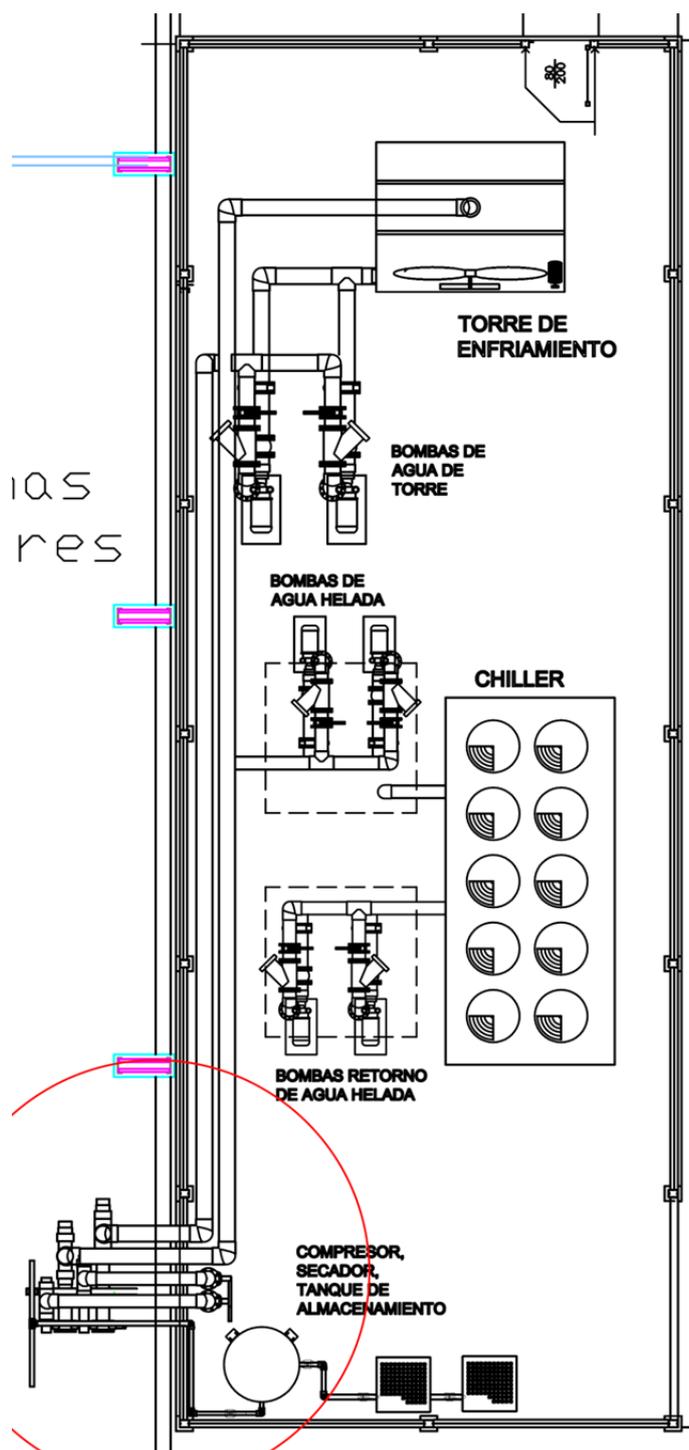
**TABLA 6. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS PROYECTADAS DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.**

Sistema	Demanda	Entrada		Salida		Caída de presión	
		°C	°F	°C	°F	bar	psi
<b>Agua Helada</b>	356.00 gpm	12.0	53.6	14.5	58.1	1.24	18.00
<b>Agua de Torre</b>	591.50 gpm	30.0	86.0	32.5	90.5	1.24	18.00
<b>Aire Comprimido</b>	1251.61 l/min	6.9 bar					

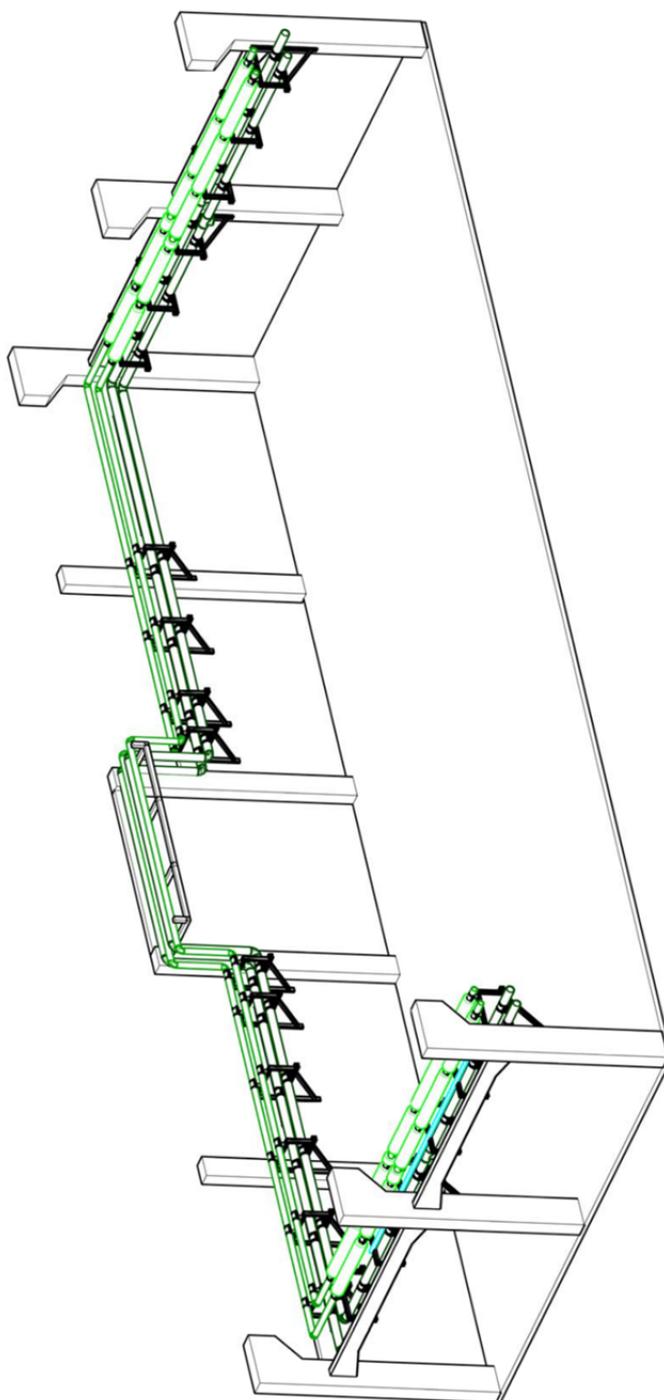
El cliente solicita que se realicen los diseños para la demanda proyectada, es decir que los sistemas de tuberías deberán dimensionarse de acuerdo a la Tabla 6.

#### **2.4. Lay out de los equipos auxiliares**

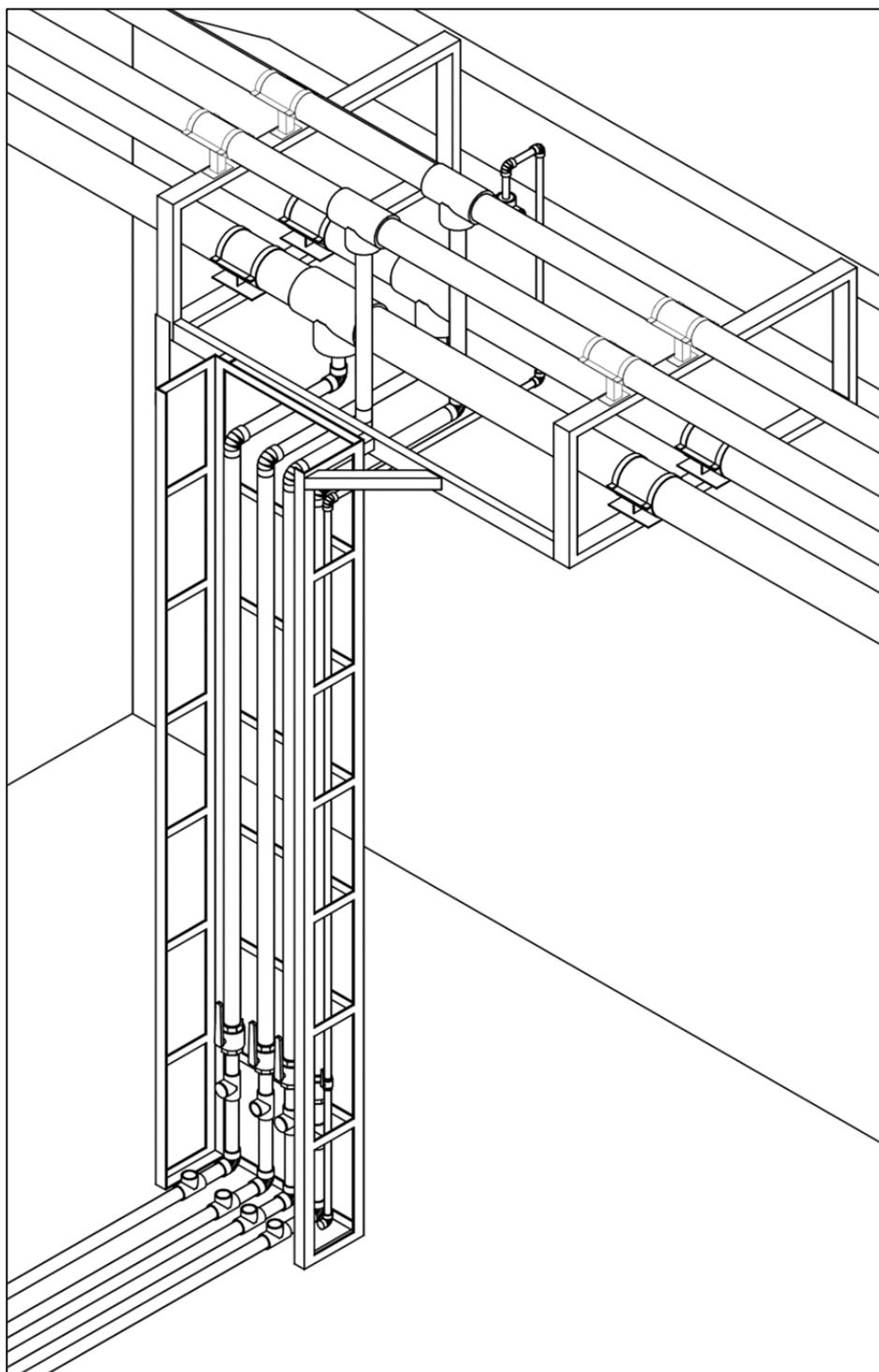
De acuerdo a lo que se verá en el capítulo 3, sobre el diseño de los sistemas auxiliares, la distribución de los equipos quedara como se muestra en las Figura 2.6, y lo que corresponde al sistema de tuberías, en la Figura 2.7 y 2.8.



**FIGURA 2.6 SECCIÓN ALIMENTACIÓN ANILLO, DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE SISTEMAS AUXILIARES**



**FIGURA 2.7 SECCIÓN ANILLO, DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS PRINCIPALES AL INTERIOR DEL GALPÓN**



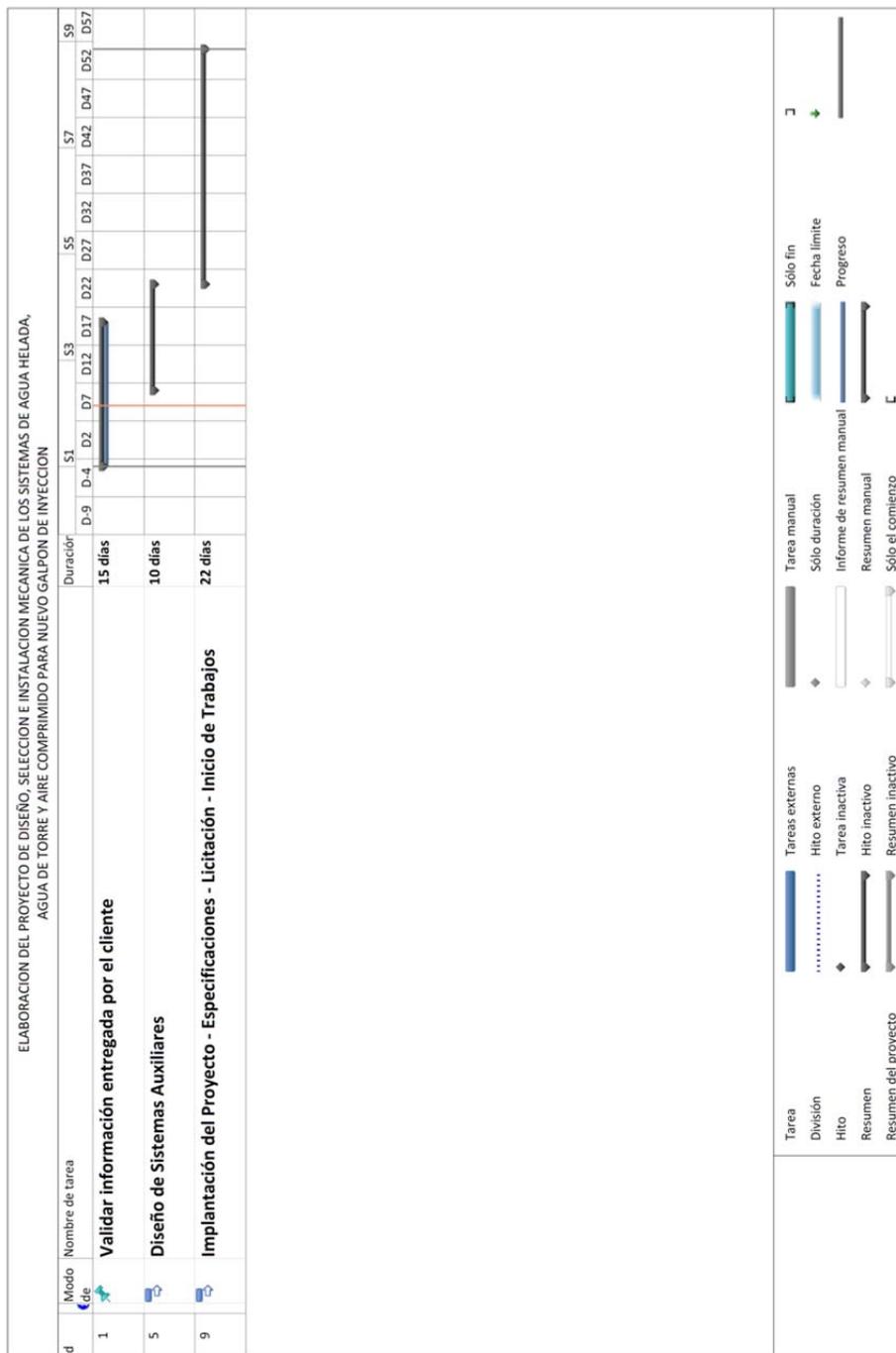
**FIGURA 2.8 SECCIÓN ALIMENTACIÓN A EQUIPOS,  
DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS A LOS EQUIPOS DE  
PRODUCCIÓN**

## **2.5. Elaboración del Proyecto**

En la Figura 2.9, se muestra las fases de la elaboración del proyecto de “Diseño, Selección e Instalación mecánica de los Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido” de la Nueva Planta de Inyección.

Para el inicio de los trabajos de diseño se comienza verificando la información suministrada por el cliente sobre la obra civil, estructuras, área asignadas para los equipos de producción, sistemas auxiliares, bases de datos de demandas, características del agua y aire.

Se realizan visitas de las instalaciones actuales de la planta, dando alternativas de trayectorias de los sistemas de tuberías y sus derivaciones hacia los equipos, así como su dimensionamiento (cálculo de diámetros). Definida las especificaciones de los sistemas se inicia con el proceso de implantación del proyecto, comenzando por el proceso de licitación por la instalación mecánica de los sistemas auxiliares y a la adquisición de los equipos de los sistemas auxiliares. En el Apéndice B se muestra el detalle del cronograma de la elaboración del proyecto.



**FIGURA 2.9 ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO, SELECCIÓN E INSTALACIÓN MECÁNICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA HELADA, AGUA DE TORRE Y AIRE COMPRIMIDO PARA NUEVO GALPÓN DE INYECCIÓN.**

# **CAPITULO 3**

## **3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS AUXILIARES**

Uno de los puntos principales y que tienen mucho que ver con los avances de los diseños y construcción de la obra civil es definir la trayectoria de tuberías y áreas específicas para los sistemas auxiliares.

Una vez realizada la revisión de los planos estructurales, obra civil, se tomó en cuenta otros factores a considerar en la distribución de tuberías, como por ejemplo las entradas principales del galpón, para accesos de grandes equipos como grúas (para los casos de montaje

de maquinaria), el área de acción de puentes grúas y montacargas, los pasos peatonales, entre otros, que pueden afectar la continuidad del proceso de producción.

Dado a que cada uno de los equipos de producción, requiere de los tres sistemas, agua helada, agua de torre y aire comprimido, para la trayectoria de tuberías, se debe considerar que estos sistemas deben ir agrupados y seguir en lo posible el mismo trayecto.

Los sistemas de generación y distribución de agua y aire, deben ser diseñados de tal forma que estos lleguen a los equipos de producción (unidades consumidoras), en la cantidad correcta, calidad necesaria y presiones y temperaturas requeridas por los equipos. Los componentes principales de un sistema de distribución se componen de una **Tubería Principal**, que es la que parte de los equipos de generación hasta la **Tubería de Distribución**, que es la que lleva los suministros hasta las diferentes áreas de consumo, de donde se derivarán la **Tuberías de Alimentación** hacia los equipos de producción (unidades consumidoras).

Por lo indicado se definió durante el desarrollo del diseño de distribución de tuberías, dividir el proyecto en tres secciones

principales. **Sección de Alimentación a Anillos de Distribución** (Tubería Principal), **Sección de Anillos de Distribución** (Tubería de Distribución) y **Sección de Alimentación de Equipos** (Tuberías de Alimentación).

Como se muestra en la Figura 2.6, la Sección de Anillos de Distribución, parte desde la ubicación de los respectivos equipos de generación hasta un punto específico donde ingresan estas tuberías al galpón de Inyección, para empatare con la Sección de Anillos de Distribución, cuya trayectoria será por todo el perímetro del galpón pasando por las diferentes secciones de producción y formando un anillo cerrado. De estos anillos de distribución se derivaran tuberías que corresponden a la Sección de Alimentación de Equipos (ver Figura 2.8), las mismas que abastecerán del suministro de aire y agua.

### **3.1. Diseño del Sistema de Aire Comprimido**

La eficiencia del sistema de aire comprimido dependerá de la cantidad de aire (determinada por el cliente), calidad del aire que tiene que ver con la humedad y la presencia de sólidos en el aire, y por último la caída de presión, determinada por el tamaño de sistema de tuberías, fugas permisibles y presión requerida por el equipo. En

los puntos de consumo dependiendo de su aplicación, pueden requerir de unidades de lubricación, filtración y regulación de presión.

### **3.1.1. Trayectoria de tuberías de Aire Comprimido**

Al inicio de este capítulo, se muestra la definición de las trayectorias de los tres sistemas.

### **3.1.2. Calculo del diámetro de tuberías de aire comprimido**

Según Tabla 5, la demanda proyectada para este sistema es de 1251.61l/min, a una presión de **6.9 bar**. En la determinación de la demanda, son necesarios factores de simultaneidad, proyecciones futuras y fugas permisibles, en los datos suministrados por el cliente, los dos primeros factores ya han sido considerados por el cliente en base a su experiencia, por lo que para el caso de fugas de aire se considerara un valor adicional del 5% permisible de fugas.

Por lo indicado para el cálculo del diámetro de la tubería, se lo realiza con respecto a una demanda de 1314.19 l/min a 100 psi, para una longitud de tubería total de 128 m. En este punto del diseño del sistema, el cliente solicita que se trabaje con diámetros de 2" con

tubería galvanizada, por razones de uso futuro de un sistema de transporte de materiales.

Sin embargo para validar estas dimensiones, se hace el cálculo correspondiente a los datos definidos, usando una formula empírica del manual de Festo [6] para determinar el cálculo del diámetro de tubería.

$$d = \sqrt[5]{1.6 * 10^3 * \dot{V}^{1.85} * \frac{L_{total}}{\Delta p * p_1}} \quad (3.1)$$

Dónde:

$d$  = Diámetro interior del tubo en metros

$p_1$  = Presión de funcionamiento en Pascal

$\Delta p$  = Perdida de presión en Pascal (no superior a 0.1 bar)

$L_{total}$  = Longitud nominal de la tubería

$V$  = Caudal en  $m^3/s$

Dado a que se tiene un sistema de anillo cerrado, se usa solo la mitad del caudal, es decir 657.1 l/min (0.011  $m^3/s$ ).

$$d = \sqrt[5]{1.6 * 10^3 * 0.011^{1.85} * \frac{128}{10.000 * 6.895}} = 0.037 \text{ m}$$

El diámetro interior de la tubería sería de 37 mm, equivalente a una tubería de diámetro 1 ½" (diámetro interior 40.9 mm).

Con el diámetro de 2", definido por el cliente, se está cubriendo la demanda del sistema.

### **3.1.3. Selección del compresor**

Para la selección de un compresor, uno de los factores que intervienen en su eficiencia es la temperatura y presencia de sólidos en el área a instalarse, estos factores influyen en el rendimiento o generación de los CFM y presión al cual se adquiere un compresor.

Cada fabricante tiene su esquema de selección y para nuestro caso el cliente trabaja con la marca Kaeser[7], con el cual prefiere mantener su uso.

Para las condiciones de demanda de 1314.19 l/min (46,4 cfm) a 100 psi, en la marca Kaeser se obtuvo el siguiente modelo:

<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	SM10
<b>Requerimiento Eléctrico</b>	230/460V/3Ph/60Hz
<b>Capacidad</b>	45 cfm.
<b>Motor</b>	10 HP
<b>Presión de descarga</b>	125 psi.
<b>Eficiencia del Motor</b>	89.5%
<b>Máx. presión de operación</b>	125 psi.
<b>Factor de Servicio motor</b>	1.20
<b>Nivel de Ruido estimado</b>	64 dB(A)
<b>Velocidad Nominal Motor</b>	3600 RPM
<b>Descarga de Aire</b>	3/4" NPT
<b>Enfriamiento</b>	Por Aire
<b>Dimensiones (LxAxH)</b>	630 X 762 X 1100 mm.
<b>Peso</b>	210 Kg.

#### 3.1.4. Selección del tratamiento de aire

De acuerdo a las características ya mencionados del sistema, se definió un secador refrigerativo Kaeser:

<b>Potencia compresor</b>	0.57 Hp
<b>Modelo</b>	TBH 13
<b>Requerimiento Eléctrico</b>	115 V. / 1Ph.
<b>Capacidad</b>	42 cfm.
<b>Enfriamiento</b>	Por Aire
<b>Máxima Presión</b>	230 psi.
<b>Conexión</b>	3/4" NPT
<b>Punto de rocío</b>	3 °C.
<b>Dimensiones</b>	30,25 x14,25 x20 pulg.
<b>Refrigerante</b>	Freón R134a
<b>Peso</b>	104 Lb.

### 3.1.5. Selección de tanque pulmón de aire comprimido.

La capacidad de un tanque pulmón, está ligada a la capacidad del compresor. Tomando como premisa que la presión en el acumulador no varié de 0.7 bar, se considera que la capacidad del depósito no debe ser menor al caudal en m<sup>3</sup>/min [8].

Si se tiene un caudal de 1314.19 l/min, quiere decir que nuestro tanque de almacenamiento debe ser mínimo 1.31m<sup>3</sup>.

Se define un tanque de almacenamiento de 1 m de diámetro y una altura de 2 m, nos da un volumen aproximado de 1.57 m<sup>3</sup> (414 gal).

### 3.2. Diseño del sistema de Agua helada

Según Tabla 7, las características de este sistema son:

**TABLA 7. RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGUA HELADA.**

Sistema	Demanda	Entrada		Salida		Caída de presión	
		°C	°F	°C	°F	bar	psi
Agua Helada	356.00 gpm	12.0	53.6	14.5	58.1	1.24	18.00

El sistema requiere que se genere agua a 12 °C, que implica que es necesario el uso de equipo de refrigeración Chiller, que deberá enfriar el agua de retorno de la planta de 14.5 °C, a 12 °C.

Se requiere que el sistema distribuya una capacidad de 356 gpm, y adicional a las propias pérdidas de tuberías y accesorios, venza las pérdidas de 1.24 bar, generadas en el punto de consumo, para que pueda retornar el agua hacia el chiller.

### **3.2.1. Trayectoria de tuberías de agua helada**

Al inicio de este capítulo, se muestra la definición de las trayectorias de los tres sistemas.

### **3.2.2. Calculo del diámetro de tuberías de Agua helada**

Para el cálculo del diámetro y pérdidas del sistema de tuberías, se usaran las recomendaciones de diseño indicadas en la Tabla 7, donde la caída de presión debe ser máximo 452.41 Pa (0.046m) por cada metro de longitud y la pérdida por fricción admisible debe estar entre 0.00787 y 0.045 m de agua por cada metro de tubería.

**TABLA 8. VALORES RECOMENDADOS PARA DISEÑO DE TUBERÍAS.**

Caída de presión por fricción	452.41 Pa/m de longitud (max.)
Perdida por fricción	$0.00787 < h_f < 0.045$
Velocidad del agua	$V > 0.60$ m/s (diámetros < 63 mm)
	$V < 1.80$ m/s (diámetros > 75 mm)

Aplicando la ecuación de energía [8]:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + h_b = \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_f \quad (3.2)$$

Considerando que la superficie del agua tanto a la entrada como a la salida es abierta, entonces las presiones y las velocidades de los puntos se anulan, por lo que la ecuación queda:

$$h_b = (Z_2 - Z_1) + h_f \quad (3.3)$$

Donde  $h_f$ , comprende, pérdidas por fricción, que serán determinadas por la fórmula de Hazen-Williams, con la longitud total del sistema y longitud equivalente de accesorios.

Para determinar las pérdidas por longitud de tubería y accesorios, se usara la fórmula de Hazen-Williams [8]:

$$h_f = 1045 \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}}{D^{4.857}} \quad (3.4)$$

Dónde:

$h_f$ = Pérdidas por fricción por cada 100 pies de tubería.

$Q$ = caudal del sistema en gpm.

$D$ = diámetro interior de la tubería (pulgadas).

$C_H$ = coeficiente de la tubería.

**TABLA 9. COEFICIENTE  $C_H$  FORMULA HAZEN-WILLIAMS [9].**

$C_H$	Tipo de Tubería
150	Tubería PVC o PE
145	Tubería Aluminio con acoples
140	Tubería Galvanizada o acero negro
140	Tubería Asbesto Cemento
100	Tubería Hierro Fundido

Como se verá en la sección 3.2.3, el material a utilizar será tubería de PVC, por lo que el  $C_H$  será de 150.

La fórmula a usar para el cálculo de velocidad y verificación del diámetro de tubería:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (3.5)$$

Dónde:

V= velocidad del fluido

Q= caudal del sistema en gpm

D= diámetro interior de la tubería

La metodología a seguir, es obtener la trayectoria del punto de alimentación de agua helada más lejano, se dividirá en tramos de acuerdo al caudal que vaya derivándose y sección de la tubería; esto nos dará una determinada cantidad de tramos donde se medirá su longitud y longitud equivalente de los diferentes accesorios, y para cada tramo aplicar la fórmula de Hazen-Williams (3.4).

Se comienza con los cálculos para la bomba y tubería que distribuye agua helada a los equipos y la retorna a la cisterna.

De los resultados que se muestran en la Tabla # 10, se tiene cuatro diámetros de tubería, 160 mm (Alimentación Anillo), 110 mm (Anillo de Distribución), diámetro 1" y 2", que corresponde a la conexión del equipo. También se tiene el total de pérdidas por fricción que dio un valor de 6.97 m de agua.

**TABLA 10. CALCULO DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS BOMBA DE AGUA HELADA.**

**TABLA DE CALCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN DE SISTEMA DE TUBERIAS AGUA HELADA (BOMBA DE AGUA HELADA)**

$$C_H = 150 \quad V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad h_f = 1045 \frac{(Q/C)^{1.852}}{D^{4.857}}$$

Diámetro Nominal	Diámetro Interior		Flujo gpm	Velocidad m/s	H <sub>f</sub>	Longitud m	Codos		Tee		Reductor		Valvulas compuerta		Valvula Retencion		Total Le		Presion total		
	mm	in					cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	ft	m	ft H <sub>2</sub> O
160 mm	147.60	5.81	356.00	1.31	1.01	24	20	13	1	40	2	20	4	9	2	220	894.72	277.17	8.99	2.74	
110 mm	101.60	4.00	157.50	1.23	1.36	3		8.2	2	25	13		6			140	59.84	18.54	0.81	0.25	
110 mm	101.60	4.00	154.00	1.20	1.31	16		8.2	2	25	13		6			140	102.48	31.75	1.34	0.41	
110 mm	101.60	4.00	148.50	1.16	1.22	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.93	0.28	
110 mm	101.60	4.00	143.00	1.11	1.14	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.87	0.26	
110 mm	101.60	4.00	137.50	1.07	1.06	8	12	8.2	2	25	13	2	6			140	186.64	57.82	1.98	0.60	
110 mm	101.60	4.00	132.00	1.03	0.98	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.75	0.23	
110 mm	101.60	4.00	126.50	0.98	0.91	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.69	0.21	
110 mm	101.60	4.00	123.50	0.96	0.87	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.66	0.20	
110 mm	101.60	4.00	118.00	0.92	0.80	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.61	0.19	
110 mm	101.60	4.00	102.00	0.79	0.61	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.46	0.14	
110 mm	101.60	4.00	88.00	0.68	0.46	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.35	0.11	
110 mm	101.60	4.00	72.00	0.56	0.32	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.24	0.07	
110 mm	101.60	4.00	66.50	0.52	0.28	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.21	0.06	
110 mm	101.60	4.00	59.50	0.46	0.22	68		8.2	2	25	13		6			140	273.04	84.58	0.61	0.19	
110 mm	101.60	4.00	54.00	0.42	0.19	8		8.2	2	25	13		6			140	76.24	23.62	0.14	0.04	
110 mm	101.60	4.00	48.50	0.38	0.15	8											26.24	8.13	0.04	0.01	
110 mm	101.60	4.00	41.50	0.32	0.12	8											26.24	8.13	0.03	0.01	
110 mm	101.60	4.00	35.00	0.27	0.08	8											26.24	8.13	0.02	0.01	
2 plg	51.50	2.03	26.00	0.79	1.31	10	8	3.3		10	5		2.3			55	59.20	18.34	0.78	0.24	
1 plg	24.00	0.94	14.00	1.95	17.03	1	4	2.6		8	4		1.8			43	13.68	4.24	2.33	0.71	
						<b>242</b>											<b>TOTAL</b>		<b>22.86</b>	<b>6.97</b>	

Se observa que las velocidades del caudal de agua para los diámetros seleccionados no superan los 1.8 m/s; que la pérdida de presión admisible para una longitud de 242 m es de 11.15 m, mientras que la del sistema es de 6.97 m. Se cumple con los rangos propuestos. A este valor se le da un 15 % adicional como factor de seguridad, por lo que queda 8.02 m.

De la misma manera se realizan los cálculos para la bomba de agua, que lleva el agua de retorno de la planta, hacia el chiller.

Se repite el esquema de cálculo. En la Tabla 11 se muestran los resultados para la bomba de retorno.

**TABLA 11. CALCULO DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE BOMBA DE AGUA DE CHILLER.**

**TABLA DE CALCULO DE PERDIDAS POR FRICCION DE SISTEMA DE TUBERIA DE BOMBAS DE AGUA DE CHILLER**

$$C_H = 150$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$h_f = 1045 \frac{(Q/C)^{1.852}}{D^{4.857}}$$

Diametro Nominal	Diametro Interior		Flujo gpm	Velocidad m/s	H <sub>f</sub>	Longitud m	Codos		Tee		Reductor		Valvulas compuerta		Valvula Retencion		Total Le		Presion total	
	mm	in					cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	ft	m	ft H <sub>2</sub> O	m H <sub>2</sub> O
160 mm	147.60	5.81	356.00	1.31	1.01	6	3	13	1	40	1	20	1	9	1	220	347.68	107.70	3.50	1.07
						6											TOTAL	3.50	1.07	

### **3.2.3. Selección de materiales, tuberías, accesorios, aislamiento térmico, para sistema de agua helada**

La especificación de los materiales a utilizar:

- Tuberías PVC E/C, en diámetros de 160 mm, 110 mm, 2", 145 psi. Marca Plastigama.
- Accesorios PVC, E/C (codos, tee, reductores), 145 psi. Marca Plastigama.
- Aislamiento térmico, material EVA, fabricado por la CIA PIKA, código 918231N0, descripción Plancha LISA 9MM 1.80MT SH56-62 FORM 40
- Válvulas, las de diámetro igual o mayor a 2½", serán del tipo "Mariposa LUG", PN 200 psi, cuerpo de hierro, cuello extendido, vástago y disco de bronce al aluminio, para instalación entre bridas, Marca NIBCO modelo LD-2000. Las válvulas de diámetro igual o menor a 2", serán del tipo "Bola", roscada, PN 600 psi, cuerpo y vástago de bronce, bola y asiento cromado. marca NIBCO modelo T585-70.

- Juntas Flexibles, para conectar la tubería a los equipos de bombeo, se suministrarán e instalarán juntas flexibles en los lugares y diámetros indicados en el plano.

Las juntas flexibles serán de neopreno y conexiones con bridas clase 150 psi.

#### **3.2.4. Selección de bombas para sistema de agua helada**

El cabezal total de las bombas de agua, es la suma de la altura (perdidas) estática y la altura dinámica. La dinámica que no es más que las pérdidas por fricción de tuberías y accesorios. En la Tabla 12, se resumen y determina el valor del cabezal total para la selección de bombas.

**TABLA 12. CABEZAL TOTAL DE BOMBAS DE SISTEMA DE AGUA HELADA**

Descripción	Bomba Agua Helada (m)	Bomba Agua Chiller (m)
Perdidas por fricción del sistema	6.97	1.07
Factor de seguridad 15 %	1.046	0.161
Perdidas al ingresar al equipo	12.66	12.66
Perdidas por fricción en la succión	1	1
Perdida o altura estática de succión	2	2
<b>Cabezal total de la bomba</b>	<b>23.68</b>	<b>16.89</b>

El cliente trabaja con la marca Berkeley.

Las bombas seleccionadas [10] son:

	Bomba Agua Helada	Bomba Agua Chiller
<b>Marca:</b>	Berkeley	Berkeley
<b>Modelo:</b>	B4ERBM 4x5x8.88	B4ERBM 4x5x7.81
<b>Caudal nominal</b>	360 gpm	360 gpm
<b>Cabezal</b>	24 m	17 m
<b>Motor</b>	10 HP	7.5 HP

### 3.2.5. Selección de chiller

Con el caudal y el diferencial de temperatura, se calcula las TR de refrigeración requerida. Según la siguiente formula:

$$TR = \left( \frac{500}{12008.03} \right) * \Delta ^{\circ}F * GPM \quad (3.6)$$

Dónde:

$\Delta F$  = diferencial de temperatura en grados °F

GPM = caudal en galones por minuto.

Para el caudal de 356 gpm y un  $\Delta F$  de 4.5 °F, se tiene:

$$TR = \left( \frac{500}{12008.03} \right) * 4.5 * 356 = 66.7 TR$$

El cliente trabaja con la marca Trane [11] y prefiere seguir manteniendo su uso.

El equipo seleccionado es un chiller enfriado por aire de 70 TR.

<b>Marca:</b>	<b>Trane</b>
<b>Modelo:</b>	RTAA-70
<b>Compresor:</b>	2 unid
<b>TR nominal:</b>	35/35
<b>Condensador-ventiladores:</b>	4/4
<b>Refrigerante:</b>	HCFC-22

### **3.3. Diseño del Sistema de Agua de Torre**

#### **3.3.1. Trayectoria de tuberías de agua de torre Demanda de Agua de Torre**

Al inicio de este capítulo, se muestra la definición de las trayectorias de los tres sistemas.

#### **3.3.2. Calculo del diámetro de tuberías de agua de torre**

De manera similar al Sistema de Agua Helada, se aplica metodología de cálculo. Se incluye tabla resumen.

**TABLA 13. CALCULO DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA DE TUBERÍAS BOMBA DE AGUA DE TORRE.**

**TABLA DE CALCULO DE PERDIDAS POR FRICCION DE SISTEMA DE AGUA DE TORRE (BOMBA DE AGUA DE TORRE)**

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$h_f = 1045 \frac{(Q/C)^{1.852}}{D^{4.857}}$$

C<sub>H</sub>= 150

Diámetro Nominal	Diámetro Interior		Flujo gpm	Velocidad		H <sub>f</sub>	Longitud		Codos		Tee		Reductor		Valvulas compuerta		Valvula Retencion		Total Le		Presion total	
	mm	in		m/s	m		cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	cant.	Le (ft)	ft	m	ft H <sub>2</sub> O	m H <sub>2</sub> O		
200 mm	184.60	7.27	591.50	1.39	0.87	42.5	12	16	2	50	2	25	2	12	2	280	1065.40	330.04	9.25	2.82		
160 mm	147.60	5.81	297.00	1.10	0.72	3	13	2	40	2	20	2	9	2	220	107.84	33.41	0.78	0.24			
160 mm	147.60	5.81	287.00	1.06	0.67	16	13	2	40	2	20	2	9	2	220	132.48	41.04	0.89	0.27			
160 mm	147.60	5.81	277.00	1.02	0.63	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.67	0.20			
160 mm	147.60	5.81	267.00	0.98	0.59	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.63	0.19			
160 mm	147.60	5.81	257.00	0.95	0.55	8	12	13	2	40	2	20	2	9	2	220	280.24	86.81	1.54	0.47		
160 mm	147.60	5.81	247.00	0.91	0.51	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.54	0.17			
160 mm	147.60	5.81	237.00	0.87	0.47	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.50	0.15			
160 mm	147.60	5.81	227.00	0.84	0.44	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.46	0.14			
160 mm	147.60	5.81	217.00	0.80	0.40	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.43	0.13			
160 mm	147.60	5.81	187.00	0.69	0.31	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.32	0.10			
160 mm	147.60	5.81	161.00	0.59	0.23	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.25	0.07			
160 mm	147.60	5.81	131.00	0.48	0.16	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.17	0.05			
160 mm	147.60	5.81	121.00	0.45	0.14	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.14	0.04			
160 mm	147.60	5.81	108.50	0.40	0.11	68	13	2	40	2	20	2	9	2	220	303.04	93.88	0.34	0.10			
160 mm	147.60	5.81	98.50	0.36	0.09	8	13	2	40	2	20	2	9	2	220	106.24	32.91	0.10	0.03			
160 mm	147.60	5.81	88.50	0.33	0.08	8										26.24	8.13	0.02	0.01			
160 mm	147.60	5.81	76.00	0.28	0.06	8										26.24	8.13	0.02	0.00			
160 mm	147.60	5.81	64.00	0.24	0.04	8										26.24	8.13	0.01	0.00			
2 p/g	51.50	2.03	48.00	1.45	4.09	10	8	3.3	10	8	3.3	5	2.3	55	59.20	18.34	2.42	0.74				
1 p/g	24.00	0.94	26.00	3.63	53.59	1	4	2.6	8	4	1.8	4	1.8	43	13.68	4.24	7.33	2.23				
						<b>261</b>									<b>TOTAL</b>	<b>26.82</b>	<b>8.17</b>					

### **3.3.3. Selección de materiales, tuberías, accesorios, aislamiento térmico, para sistema de agua de torre**

La especificación de los materiales a utilizar:

- Tuberías PVC E/C, en diámetros de 200 mm, 160 mm, 2", 145 psi. Marca Plastigama.
- Accesorios PVC, E/C (codos, tee, reductores), 145 psi. Marca Plastigama.
- Válvulas, las de diámetro igual o mayor a 2½", serán del tipo "Mariposa LUG", PN 200 psi, cuerpo de hierro, cuello extendido, vástago y disco de bronce al aluminio, para instalación entre bridas, Marca NIBCO modelo LD-2000. Las válvulas de diámetro igual o menor a 2", serán del tipo "Bola", roscada, PN 600 psi, cuerpo y vástago de bronce, bola y asiento cromado. Marca NIBCO modelo T585-70.
- Juntas Flexibles, para conectar la tubería a los equipos de bombeo, se suministrarán e instalarán juntas flexibles en los lugares y diámetros indicados en el plano.

Las juntas flexibles serán de neopreno y conexiones con bridas clase 150 psi.

Ahora se obtendrá el cabezal total de la bomba de agua, que es la suma de la altura (perdidas) estática y la altura dinámica.

**TABLA 14. CABEZAL TOTAL DE BOMBA DE SISTEMA DE AGUA DE TORRE.**

Descripción	Bomba Agua de Torre
Perdidas por fricción del sistema	8.17
Factor de seguridad 15 %	1.226
Perdidas al ingresar al equipo	12.66
Perdidas por fricción en la succión	1
Perdida o altura estática de succión	2
Perdida o altura estática de Torre	5
<b>Cabezal total de la bomba</b>	<b>30.06</b>

El cliente trabaja con la marca Berkeley [10], por lo que se realiza la respectiva selección en esa marca.

	Bomba Agua de Torre
<b>Marca:</b>	Berkeley
<b>Modelo:</b>	B4ERM 4x5x10.38
<b>Caudal nominal</b>	592 gpm
<b>Cabezal</b>	30 m
<b>Motor</b>	20 HP

### 3.3.4. Selección de Torre de Enfriamiento.

Con el caudal y el diferencial de temperatura, se calcula las TR de refrigeración requerida. Según la siguiente formula:

$$TR = \left( \frac{500}{12008.03} \right) * \Delta^{\circ}F * GPM \quad (3.6)$$

Dónde:

$\Delta F$  = diferencial de temperatura en grados  $^{\circ}F$

GPM = caudal en galones por minuto.

Para el caudal de 591.50 gpm y un  $\Delta F$  de 4.5  $^{\circ}F$ , se tiene:

$$TR = \left( \frac{500}{12008.03} \right) * 4.5 * 591.50 = 110.83 TR$$

El cliente trabaja con la marca Baltimore [12] y prefiere seguir manteniendo su uso. El equipo seleccionado es una Torre de enfriamiento:

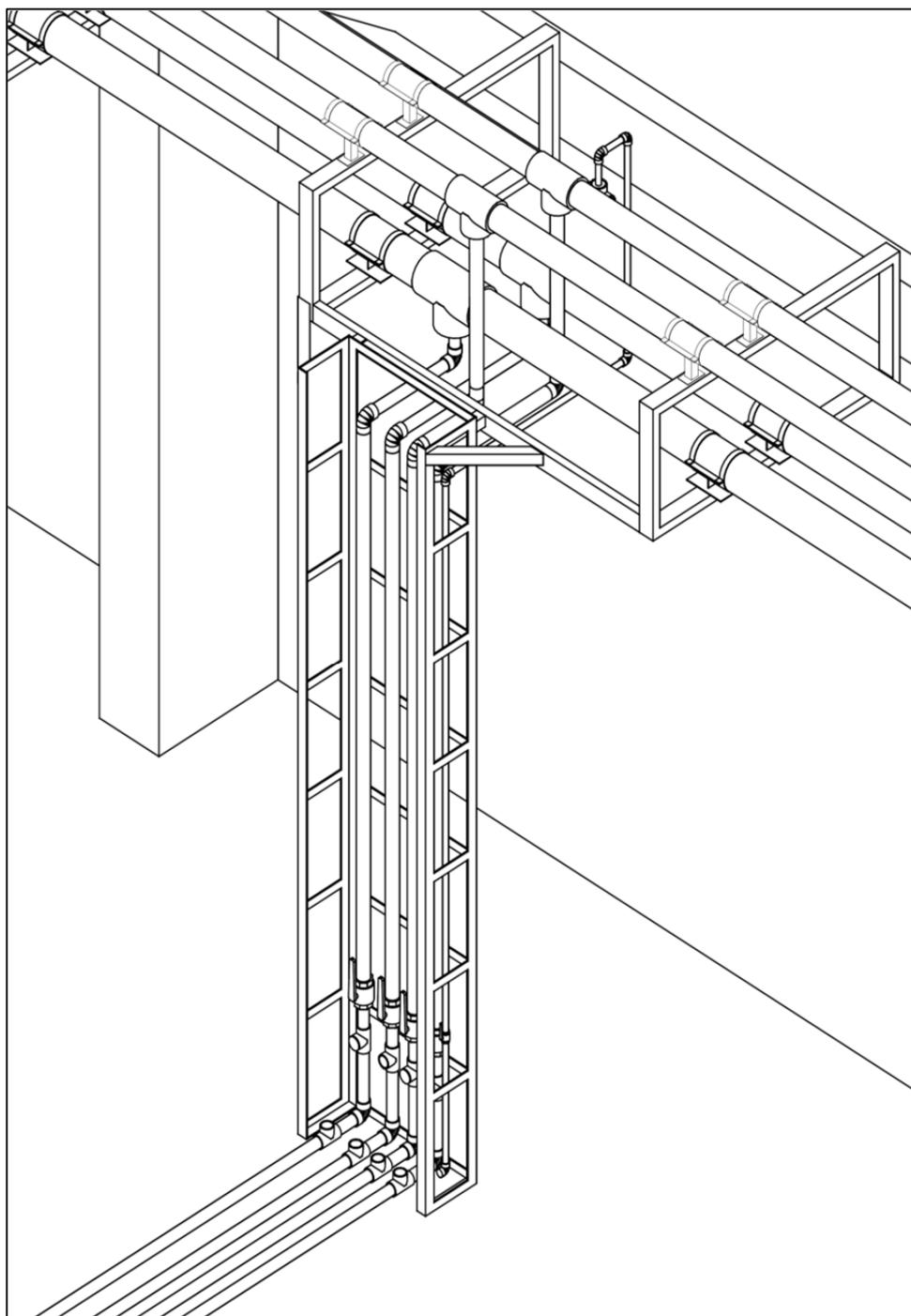
<b>Marca:</b>	<b>Baltimore</b>
<b>Modelo:</b>	FXT-130
<b>TR nominal:</b>	130
<b>Hp</b>	7.5

### **3.3.5. Selección de Ablandador para tratamiento de agua de torre**

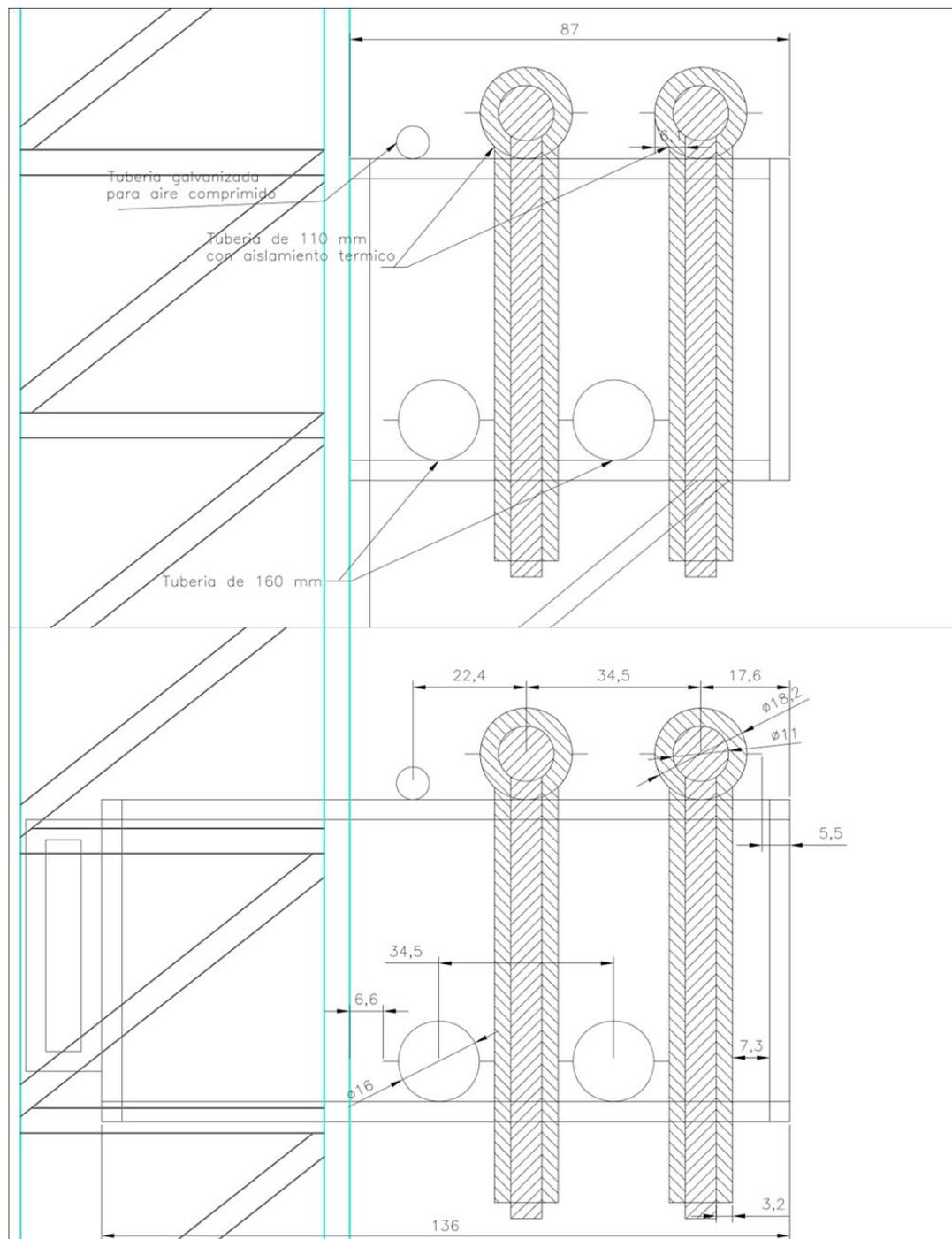
El equipo a que se requiere es para suavizar dureza agua con dureza de 100 ppm de Ca (CO)<sub>3</sub> para caudal de 5 GPM con equipo de regeneración. Actualmente la empresa ya cuenta con un ablandador de estas características y capacidad para abastecer a esta nueva torre, por lo que se hará uso de este ablandador.

### **3.4. Diseño de soportes para tuberías**

Los soportes para los sistemas de tuberías, se muestran en las siguientes figuras. Mayor detalle se encuentra en Apéndice D, planos.



**FIGURA 3.1 ISOMÉTRICO DE ESTRUCTURA SOPORTE DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS**



**FIGURA 3.2 DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS EN SOPORTES**

# **CAPITULO 4**

## **4. INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS AUXILIARES**

Siguiendo el cronograma de tareas planteado, una vez terminado los diseños correspondientes de los sistemas, se da inicio al proceso de implantación del proyecto, que implica realizar el proceso de licitación, adjudicación y control de la ejecución de los trabajos contratados.

En el Apéndice C, se presenta detalle de las bases técnicas realizadas para llamar a licitación.

#### **4.1. Descripción y Análisis de los Trabajos de Instalación.**

En la implantación de los proyectos, existen innumerables tareas, que en su primera identificación de actividades podrían verse todas como muy importantes. Dentro de los proyectos se encuentran actividades administrativas, operativas, entre otras.

Para la implantación de este proyecto se identificaron las siguientes principales actividades:

**Preparación de la tubería**, que son tareas previas al montaje de las mismas. Para el caso de la tubería de PVC E/C, la preparación de las uniones de son de vital importancia, esto implica una preparación y limpieza de la superficie, antes de que se aplique la soldadura para plástico. Para el caso de tubo roscable tanto PVC como galvanizado, pues se requiere que las uniones roscables se realicen de forma perpendicular y con una correcta longitud de rosca. La adecuada preparación de la tubería nos evitar atrasos, pues de no cumplir con las correspondientes pruebas de hermeticidad se deberá desmontar el tramo de tubería que también implica gastos de mano de obra y materiales. **Instalación de aislante térmico**, que corresponde a las tuberías del sistema de agua helada. El aislamiento térmico viene en

planchas con medidas aproximadas de 1x2 m, dependiendo de la medida del tubo, se requiere dos a tres capas de recubrimiento, lo que implica que los corte de la planchase deberán realizar para diferentes perímetros. Además hay que considerar el trabajo que requiere el realizar el recubrimiento para el caso de los accesorios, pues mientras más pequeños, es más laborioso el trabajo.

**Instalación de las tuberías**, que corresponde al montaje de las mismas, cuyas tareas deben ser adecuadamente coordinadas, especialmente al interior del galpón, pues es de suma importancia que tanto las tuberías de agua helada, agua de torre y aire comprimido, estén listas para que la instalación sea simultánea.

**Instalación de equipos**, son las tareas de traslado, montaje, nivelación de los equipos que forman parte de los sistema auxiliares.

#### **4.2. Planificación y Organización de los Recursos**

De acuerdo al capítulo 3, en el proyecto se diferencian tres secciones, por las características que comparten cada uno de los sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido. La distribución de

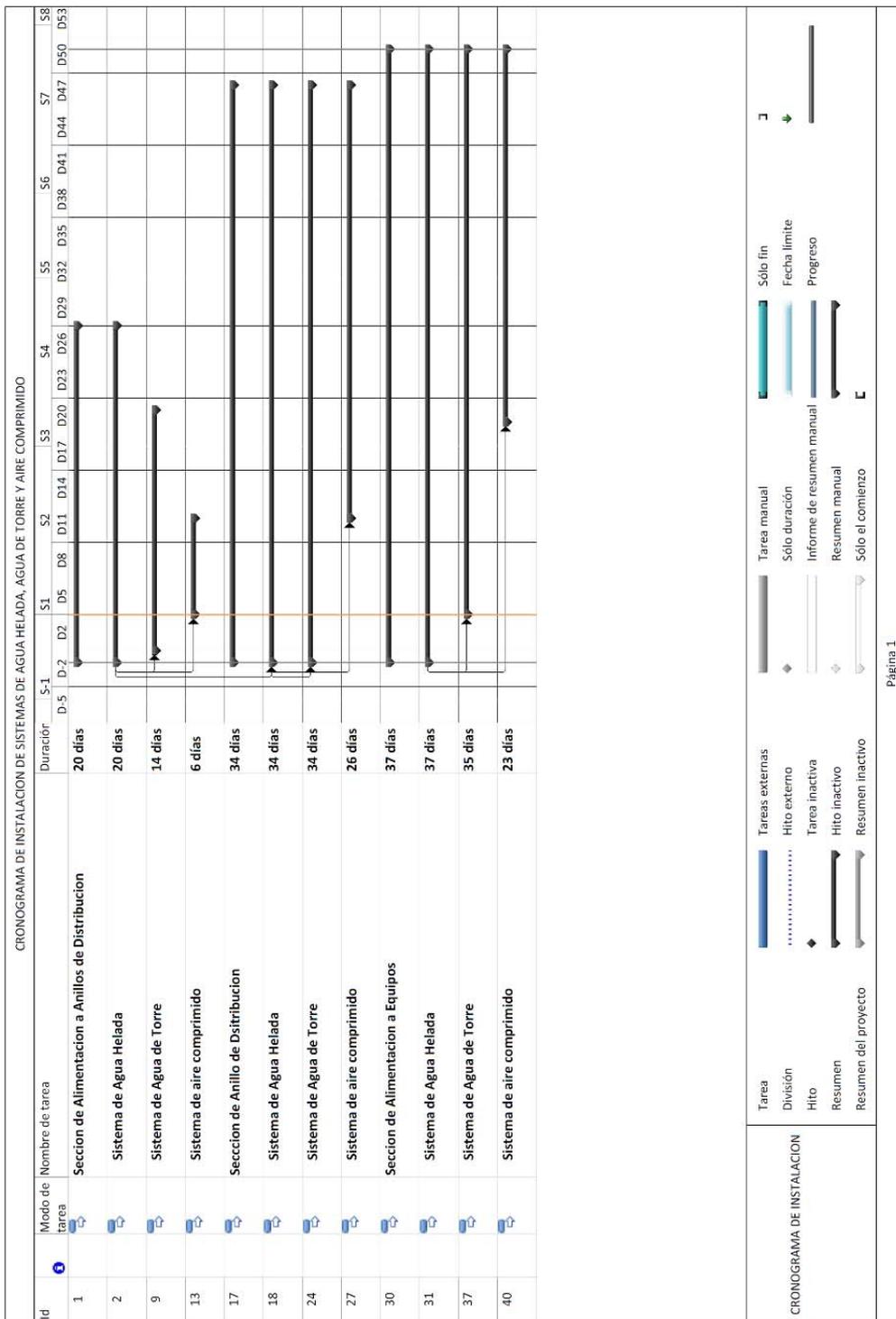
tuberías se compone de una Sección de **Alimentación a Anillos de Distribución** (Tubería Principal), Sección de **Anillos de Distribución** (Tubería de Distribución) y Sección de **Alimentación de Equipos** (Tuberías de Alimentación).

Para cada una de estas secciones se realizarán las tareas expuestas en la sección anterior, es decir que en la Sección de Alimentación de Anillo de Distribución, estarán los tres sistemas, para el caso del Sistema de Agua Helada, se tendrán actividades de preparación de tubería, instalación de aislamiento térmico, instalación de tuberías ya aisladas e instalación de los equipos de generación y distribución de agua helada, chiller y bombas de agua.

#### **4.3. Cronograma de Instalación**

El resumen del cronograma de instalación queda según como se muestra en la Figura 4.1 y el cronograma en detalle lo encontrará en el Apéndice C, bases para licitación.

Este cronograma de instalación, fue expuesto en las bases de licitación y parte de los compromisos que deberá cumplir el contratista, estimado en 8 semanas.



**FIGURA 4.1 CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN – RESUMEN**

### Presupuesto de Instalación

Con las especificaciones técnicas definidas del proyecto, se presenta el siguiente presupuesto según se indica en las Tablas 15, 16, 17, 8.

**TABLA 15. PRESUPUESTO DE EQUIPOS**

Descripción	Unid	Cant	Equipo	SubTotal (\$)
Torre de Enfriamiento	Unid	1	55,000.00	55,000.00
Compresor	Unid	1	9,000.00	9,000.00
Secador	Unid	1	2,500.00	2,500.00
Filtro coalescente	Unid	1	700.00	700.00
Tanque de almacenamiento	Unid	1	6,000.00	6,000.00
Chiller	Unid	1	50,000.00	50,000.00
Bombas de Agua de Torre	Unid	2	3,000.00	6,000.00
Bombas de Agua Helada	Unid	2	2,400.00	4,800.00
Bombas de Retorno de Agua Helada	Unid	2	2,200.00	4,400.00
			<b>Total Equipos</b>	<b>138,400.00</b>

**TABLA 16. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS Y EQUIPOS – SECCIÓN ALIMENTACIÓN ANILLO DE DISTRIBUCIÓN**

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub Total
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>			
<b>Sistema de Agua Helada</b>			
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26	598.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26	338.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unidad	6	2,280.00
Juntas de Flexible 6 "	unidad	4	1,080.00
Filtros Y 6"	unidad	2	940.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unidad	10	395.00
Tee E/C diámetro 160 mm PVC	unidad	3	136.50
Reductor bridado 160 mm	unidad	4	480.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unidad	6	240.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unidad	12	300.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unidad	1	310.00
Instalación de Chiller de 70 TR	unidad	1	1,200.00
Instalación de bomba de agua de retorno	unidad	2	600.00
Instalación de bomba de agua helada	unidad	2	600.00
<b>Sistema de Agua de Torre</b>			
Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34	1,122.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unidad	6	2,940.00
Juntas de Flexible 6 "	unidad	4	1,080.00
Filtros Y 6"	unidad	2	940.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unidad	10	500.00
Tee E/C diámetro 200 mm PVC	unidad	3	222.00
Reductor bridado 200 mm	unidad	4	700.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unidad	8	320.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unidad	16	400.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unidad	1	310.00
Instalación de Torre de Enfriamiento	unidad	1	1,550.00
Instalación de bomba de agua de torre	unidad	2	600.00
<b>Sistema de aire comprimido</b>			
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5	175.50
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unidad	9	1,575.00
Tee 2", galvanizada.	unidad	8	64.00
Codos 2"X90, galvanizado	unidad	12	78.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unidad	12	104.40
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unidad	3	9.00
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unidad	3	7.50
Construcción e instalación de soportes para tubería galvanizada	unidad	3	570.00
Instalación de compresor	unidad	1	140.00
Instalación de secador	unidad	1	130.00
Instalación de tanque acumulador	unidad	1	240.00

**Subtotal Sección Alimentación Anillo de Distribución 23,274.90**

**TABLA 17. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS – SECCIÓN ANILLO DE DISTRIBUCIÓN**

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub Total
<b><u>Sección Anillo de Distribución</u></b>			
<b>Sistema de Agua Helada</b>			
Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	5,110.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420	3,864.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24	232.80
Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64	1,164.80
Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64	953.60
Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64	563.20
Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20	960.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20	380.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10	2,600.00
Válvula de purga de aire	unid	2	130.00
<b>Sistema de Agua de Torre</b>			
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	9,660.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24	948.00
Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64	2,912.00
Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64	2,041.60
Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64	1,459.20
Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20	1,360.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20	500.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10	3,800.00
Válvula de purga de aire.	unid	2	130.00
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>			
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210	5,670.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5	875.00
Tee 2", galvanizada.	unid	32	256.00
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	78.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8	69.60
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32	96.00
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32	80.00
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>			
Soporte A	unid	24	2,640.00
Soporte B	unid	38	4,370.00
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	370.00
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	350.00

**Subtotal Sección Anillo de Distribución 53,623.80**

**TABLA 18. PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS – SECCIÓN ALIMENTACIÓN A EQUIPOS**

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub Total
-------------	--------	----------	-----------

**Sección Alimentación a Equipos**

**Sistema de Agua Helada**

Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5,653.33
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640	3,392.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	11,200.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	1,305.60
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	819.20
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	4,672.00

**Sistema de Agua de Torre**

Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5,653.33
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	11,200.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	1,305.60
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	819.20
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	4,672.00

**Sistema de Aire Comprimido**

Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320	2,720.00
Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32	1,600.00
Tee 3/4", galvanizada.	unid	32	96.00
Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160	480.00
Unión Universal 3/4"	unid	64	1,056.00

**Soportes para tuberías hacia equipos**

Estructura de protección de tubería	unid	32	5,760.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	12,480.00

**Subtotal Sección Alimentación a Equipos 75,204.27**

Con este presupuesto, por un total de 290,502.97USD, donde 138,400USD es por equipos y 152,102.97USD por materiales y mano de obra, se aprobó el proyecto de la instalación mecánica de los

Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido. En el Apéndice E, se dan más detalles sobre estos rubros. A estos valores se incluye los honorarios correspondientes por el diseño y fiscalización por 14,000USD.

#### **4.4. Ejecución de los trabajos**

Una vez que se realizó la licitación de la implantación del proyecto, así como su adjudicación, firma de contrato y realizado el anticipo por el valor de la obra; se da inicio a la ejecución de los trabajos.

En el control de la ejecución de los trabajos, se realizan inspecciones en situ, para validar las metodologías de trabajos y avances de la obra.

Para el control de los avances, se usa como una de las referencias, el formato de presupuesto, donde se indican los componentes y cantidades que se instalaran.

Los trabajos se cumplieron de acuerdo al cronograma establecido de 8 semanas.

#### **4.5. Pruebas y puesta en marcha de los Sistemas Auxiliares**

Para los Sistemas de Agua Helada y Agua de Torre, antes de operar los equipos de generación, se realizan pruebas hidrostáticas a 150 psi, por 24 horas, al sistema de tuberías, presentándose problemas solo en las uniones bridadas de las válvulas mariposa y accesorios roscables de 2". Las fallas fueron mínimas y no causaron mayor contratiempo. Se identificaron los puntos con fugas y se programó su corrección.

En las siguientes pruebas se programaron ya con los equipos de generación y distribución, es decir se encendieron las bombas de agua, chiller y torres de enfriamiento, previamente se hicieron comunicaciones entre las tuberías de presión y retorno de cada sistema, y restricciones para simular pérdidas del sistema de tuberías, dado a que aún no se trasladan los equipos de producción hacia el nuevo galpón.

Las bombas de agua dieron las siguientes datos, la BAH dio presión 35 psi (24.6 m) y un consumo en el motor de 6.7 Kw (9 hp); la BRAH genero una presión de 25 psi (17.6 m) y un consumo en el motor de 4.85 kw (6.5 hp); y la BAT genero una presión de trabajo de 45 psi (31.7 m) con un consumo en el motor de 13.8 kw (18.5 hp).

Los equipos de enfriamiento tanto chiller como Torre, no se los puede probar su capacidad debido a que no existe demanda alguna, sin embargo una vez que se trasladaron los equipos de producción y comenzaron a funcionar, se validó que cumplen con los parámetros de diseño, es decir se obtuvo Agua Helada a una temperatura de 11.8°C (requerido 12 °C) y Agua de Torre a una temperatura de 29,7 °C (requerido 30 °C).

Para el caso del sistema de aire comprimido, las pruebas se realizaron con el funcionamiento de todos sus equipos, compresor, secador y acumulador, detectándose fugas en uniones universales, que fueron programadas para su corrección. Se cumplió con las presiones de trabajo en el punto de utilización se obtuvo 7.03 bar (102 psi) y se requiere 6.9 bar (100 psi).

# CAPITULO 5

## 5. ANÁLISIS DE COSTOS

A continuación se indican los costos reales de los equipos de los sistemas auxiliares.

**TABLA 19. COSTO DE EQUIPOS.**

Descripción	Unid	Cant.	Costo Unitario (\$)	SubTotal (\$)
Torre de Enfriamiento	Unid	1	52,850.00	52,850.00
Compresor	Unid	1	8,670.77	8,670.77
Secador	Unid	1	2,385.86	2,385.86
Filtro coalescente	Unid	1	561.03	561.03
Tanque de almacenamiento	Unid	1	4,855.00	4,855.00
Chiller	Unid	1	51,350.00	51,350.00
Bombas de Agua de Torre	Unid	2	2,780.00	5,560.00
Bombas de Agua Helada	Unid	2	2,140.00	4,280.00
Bombas de Retorno de Agua Helada	Unid	2	2,080.00	4,160.00
<b>Total Equipos</b>				<b>134,672.66</b>

En las siguientes tablas se detalla los costos reales, en base a la oferta del oferente que gano la licitación.

**TABLA 20. COSTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS Y EQUIPOS – SECCIÓN ALIMENTACIÓN ANILLO DE DISTRIBUCIÓN**

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub Total
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>			
<b>Sistema de Agua Helada</b>			
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26	579.80
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26	330.20
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	6	2,274.00
Juntas de Flexible 6 "	unid	4	1,112.00
Filtros Y 6"	unid	2	896.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	10	384.00
Tee E/C diámetro 160 mm PVC	unid	3	132.90
Reductor bridado 160 mm	unid	4	480.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unid	6	300.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unid	12	290.40
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unid	1	335.00
Instalación de Chiller de 70 TR	unid	1	1,175.00
Instalación de bomba de agua de retorno	unid	2	540.00
Instalación de bomba de agua helada	unid	2	540.00
<b>Sistema de Agua de Torre</b>			
Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34	1,098.20
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unid	6	2,874.00
Juntas de Flexible 6 "	unid	4	1,096.00
Filtros Y 6"	unid	2	900.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unid	10	497.00
Tee E/C diámetro 200 mm PVC	unid	3	218.40
Reductor bridado 200 mm	unid	4	648.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unid	8	352.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unid	16	408.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unid	1	308.00
Instalación de Torre de Enfriamiento	unid	1	1,460.00
Instalación de bomba de agua de torre	unid	2	540.00
<b>Sistema de aire comprimido</b>			
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5	173.88
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	9	1,422.00
Tee 2", galvanizada.	unid	8	62.40
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	75.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	12	102.00
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	3	8.10
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	3	7.20
Construcción e instalación de soportes para tubería galvanizada	unid	3	579.00
Instalación de compresor	unid	1	162.00
Instalación de secador	unid	1	152.00
Instalación de tanque acumulador	unid	1	245.00

**Subtotal Sección Alimentación Anillo de Distribución 22,757.48**

**TABLA 21. COSTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS – SECCIÓN ANILLO DE DISTRIBUCIÓN.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub Total
-------------	--------	----------	-----------

**Sección Anillo de Distribución**

**Sistema de Agua Helada**

Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	4,998.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420	3,801.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24	228.00
Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64	1,171.20
Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64	924.80
Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64	547.20
Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20	1,010.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20	426.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10	2,700.00
Válvula de purga de aire	unid	2	132.00

**Sistema de Agua de Torre**

Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	9,366.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24	921.60
Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64	2,835.20
Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64	1,878.40
Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64	1,430.40
Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20	1,384.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20	524.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10	3,815.00
Válvula de purga de aire.	unid	2	132.00

**Sistema de Aire Comprimido**

Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210	5,617.50
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5	790.00
Tee 2", galvanizada.	unid	32	249.60
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	75.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8	68.00
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32	86.40
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32	76.80

**Soportes para distribución de tuberías**

Soporte A	unid	24	2,625.60
Soporte B	unid	38	4,339.60
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	412.00
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	384.00

**Subtotal Sección Anillo de Distribución 52,949.30**

**TABLA 22. COSTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE TUBERÍAS – SECCIÓN ALIMENTACIÓN A EQUIPOS**

Descripción	Unidad	Cantidad	Sub Total
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>			
<b>Sistema de Agua Helada</b>			
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5,420.80
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640	3,488.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	9,664.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	1,297.92
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	806.40
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	4,147.20
<b>Sistema de Agua de Torre</b>			
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5,420.80
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	9,664.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	1,297.92
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	806.40
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	4,147.20
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>			
Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320	2,768.00
Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32	1,664.00
Tee 3/4", galvanizada.	unid	32	94.40
Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160	472.00
Unión Universal 3/4"	unid	64	188.80
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>			
Estructura de protección de tubería	unid	32	5,424.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	12,544.00

**Subtotal Sección Alimentación a Equipos 69,635.84**

El costo por la instalación de los sistemas auxiliares es por un valor de 280,015.28 USD, donde 134,672.66USD es por equipos y

145,342.62USD por materiales y mano de obra. En el Apéndice F, se dan más detalles sobre estos rubros. A estos valores se incluye los honorarios correspondientes por el diseño y fiscalización por 14,000USD.

Los rubros están definidos por sección y cada sección por sistema, lo que me permite agrupar los costos correspondientes para los Sistema de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido.

Dado a que en las secciones de Anillo de Distribución y Alimentación a Equipos los soportes son compartidos para cada sistema de tuberías, se hace una ponderación para asignar un costo por soportes a cada sistema.

Para la Sección de Anillos de Distribución se asigna un 40% al Sistema de Agua Helada, 45% al Sistema de Agua de Torre y 15% Sistema de Aire Comprimido.

Para la Sección de Alimentación a Equipos se asigna un 50%, 45% y 5% respectivamente.

Con esta ponderación se obtiene los valores para cada sistema, de acuerdo a la Tabla 23.

**TABLA 23. COSTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AUXILIARES**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Materiales (\$)</b>	<b>Equipos (\$)</b>	<b>Mano de Obra (\$)</b>	<b>Subtotal (\$)</b>
<b>Sistema de Agua Helada</b>	43,053	59,790	19,328	122,170
<b>Sistema de Agua de Torre</b>	48,779	58,410	16,981	124,171
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>	9,519	16,473	7,683	33,674
<b>Total general</b>	<b>101,351</b>	<b>134,673</b>	<b>43,992</b>	<b>280,015</b>

En las siguientes secciones se muestra el detalle de los valores obtenidos por materiales, equipos y mano de obra por sistema.

#### **5.1. Costos de materiales**

Los costos de materiales para los Sistemas Auxiliares se indican en las Tablas 24, 25, 26, 27.

**TABLA 24. COSTO DE MATERIALES POR INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AUXILIARES**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Materiales (\$)</b>
<b>Sistema de Agua Helada</b>	43,053
<b>Sistema de Agua de Torre</b>	48,779
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>	9,519
<b>Total general</b>	<b>101,351</b>

**TABLA 25. COSTO DE MATERIALES POR INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AGUA HELADA.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Sub Total
			Unitario	
Materiales				
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26	16.50	429.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26	9.25	240.50
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	6	317.00	1,902.00
Juntas de Flexible 6 "	unid	4	224.00	896.00
Filtros Y 6"	unid	2	380.00	760.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	10	37.00	370.00
Tee E/C diámetro 160 mm PVC	unid	3	42.00	126.00
Reductor bridado 160 mm	unid	4	82.00	328.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unid	6	28.00	168.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unid	12	18.20	218.40
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unid	1	135.00	135.00
Instalación de Chiller de 70 TR	unid	1	350.00	350.00
Instalación de bomba de agua de retorno	unid	2	140.00	280.00
Instalación de bomba de agua helada	unid	2	140.00	280.00
<b>Sección Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	7.55	3,171.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420	6.10	2,562.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24	7.70	184.80
Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64	16.20	1,036.80
Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64	13.60	870.40
Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64	7.70	492.80
Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20	14.50	290.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20	17.50	350.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10	218.00	2,180.00
Válvula de purga de aire	unid	2	18.00	36.00
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>				
Soporte A	unid	24	61.40	589.44
Soporte B	unid	38	66.20	1,006.24
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	232.00	92.80
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	204.00	81.60
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>				
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5.62	3,596.80
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640	2.95	1,888.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	4.10	131.20
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	118.00	7,552.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	4.22	1,080.32
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	5.45	697.60
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	62.00	3,968.00
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>				
Estructura de protección de tubería	unid	32	92.50	1,480.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	202.00	3,232.00

Subtotal Materiales de Sistema de Agua Helada

43,053

**TABLA 26. COSTO DE MATERIALES POR INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AGUA DE TORRE.**

Descripción	Unidad	Cantidades	Costo Unitario	
			Materiales	Sub Total
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34	24.70	839.80
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unid	6	399.00	2,394.00
Juntas de Flexible 6 "	unid	4	224.00	896.00
Filtros Y 6"	unid	2	380.00	760.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unid	10	47.50	475.00
Tee E/C diámetro 200 mm PVC	unid	3	69.50	208.50
Reductor bridado 200 mm	unid	4	97.00	388.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unid	8	26.00	208.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unid	16	19.00	304.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unid	1	128.00	128.00
Instalación de Torre de Enfriamiento	unid	1	780.00	780.00
Instalación de bomba de agua de torre	unid	2	140.00	280.00
<b>Sección Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	16.50	6,930.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24	37.00	888.00
Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64	42.00	2,688.00
Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64	28.50	1,824.00
Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64	21.50	1,376.00
Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20	24.60	492.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20	21.30	426.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10	320.00	3,200.00
Válvula de purga de aire.	unid	2	18.00	36.00
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>				
Soporte A	unid	24	61.40	663.12
Soporte B	unid	38	66.20	1,132.02
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	232.00	104.40
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	204.00	91.80
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>				
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5.62	3,596.80
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	4.10	131.20
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	118.00	7,552.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	4.22	1,080.32
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	5.45	697.60
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	62.00	3,968.00
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>				
Estructura de protección de tubería	unid	32	92.50	1,332.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	202.00	2,908.80

**Subtotal Materiales de Sistema de Agua de Torre**

48,779

**TABLA 27. COSTO DE MATERIALES POR INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	
			Materiales	Unitario
				Sub Total
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>				
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5	12.75	82.88
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	9	118.00	1,062.00
Tee 2", galvanizada.	unid	8	4.80	38.40
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	3.25	39.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	12	5.30	63.60
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	3	1.70	5.10
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	3	1.40	4.20
Construcción e instalación de soportes para tubería galvanizada	unid	3	73.00	219.00
Instalación de compresor	unid	1	70.00	70.00
Instalación de secador	unid	1	70.00	70.00
Instalación de tanque acumulador	unid	1	85.00	85.00
<b>Sección Anillo de Distribución</b>				
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210	12.75	2,677.50
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5	118.00	590.00
Tee 2", galvanizada.	unid	32	4.80	153.60
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	3.25	39.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8	5.30	42.40
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32	1.70	54.40
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32	1.40	44.80
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>				
Soporte A	unid	24	61.40	221.04
Soporte B	unid	38	66.20	377.34
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	232.00	34.80
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	204.00	30.60
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>				
Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320	4.65	1,488.00
Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32	37.00	1,184.00
Tee 3/4", galvanizada.	unid	32	1.45	46.40
Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160	1.45	232.00
Unión Universal 3/4"	unid	64	1.45	92.80
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>				
Estructura de protección de tubería	unid	32	92.50	148.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	202.00	323.20

**Subtotal Materiales de Sistema de Aire Comprimido**

9,519

## 5.2. Costos de equipos

En lo que respecta a los costos de equipos, de los Sistemas Auxiliares, se muestran en las Tablas 28, 29, 30 y 31.

**TABLA 28. COSTO DE EQUIPOS DE LOS SISTEMAS AUXILIARES**

Etiquetas de fila	Equipos (\$)
Sistema de Agua de Torre	58,410
Sistema de Agua Helada	59,790
Sistema de Aire Comprimido	16,473
<b>Total general</b>	<b>134,673</b>

**TABLA 29. COSTO DE EQUIPOS PARA SISTEMAS DE AGUA HELADA**

Descripción	Unidad	Cant	Equipo	SubTotal (\$)
Chiller	Unid	1	51,350.00	51,350.00
Bombas de Agua Helada	Unid	2	2,140.00	4,280.00
Bombas de Retorno de Agua Helada	Unid	2	2,080.00	4,160.00
<b>Total Equipos</b>				<b>59,790.00</b>

**TABLA 30. COSTO DE EQUIPOS PARA SISTEMAS DE AGUA DE TORRE**

Descripción	Unidad	Cant	Equipo	SubTotal (\$)
Torre de Enfriamiento	Unid	1	52,850.00	52,850.00
Bombas de Agua para Torre	Unid	2	2,780.00	5,560.00
<b>Total Equipos</b>				<b>134,672.66</b>

**TABLA 31. COSTO DE EQUIPOS PARA SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO**

Descripción	Unidad	Cant	Equipo	SubTotal (\$)
<b>Compresor</b>	Unid	1	8,670.77	8,670.77
<b>Secador</b>	Unid	1	2,385.86	2,385.86
<b>Filtro coalescente</b>	Unid	1	561.03	561.03
<b>Tanque de almacenamiento</b>	Unid	1	4,855.00	4,855.00
<b>Total Equipos</b>				<b>16,472.66</b>

### 5.3. Costo de mano de obra

Los costos de mano de obra para los Sistemas Auxiliares se indican en las Tablas 32, 33, 34 y 35.

**TABLA 32. COSTO DE MANO DE OBRA POR INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AUXILIARES**

Etiquetas de fila	Mano de Obra (\$)
<b>Sistema de Agua Helada</b>	19,328
<b>Sistema de Agua de Torre</b>	16,981
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>	7,683
<b>Total general</b>	<b>43,992</b>

**TABLA 33. COSTO DE MANO DE OBRA POR  
INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE AGUA HELADA**

Descripción	Unid ad	Cant idad	Costo Unitario	
			Mano de Obra	Sub Total
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26	5.80	150.80
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26	3.45	89.70
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	6	62.00	372.00
Juntas de Flexible 6 "	unid	4	54.00	216.00
Filtros Y 6"	unid	2	68.00	136.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	10	1.40	14.00
Tee E/C diámetro 160 mm PVC	unid	3	2.30	6.90
Reductor bridado 160 mm	unid	4	38.00	152.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unid	6	22.00	132.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unid	12	6.00	72.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unid	1	200.00	200.00
Instalación de Chiller de 70 TR	unid	1	825.00	825.00
Instalación de bomba de agua de retorno	unid	2	130.00	260.00
Instalación de bomba de agua helada	unid	2	130.00	260.00
<b>Sección Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	4.35	1,827.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420	2.95	1,239.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24	1.80	43.20
Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64	2.10	134.40
Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64	0.85	54.40
Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64	0.85	54.40
Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20	36.00	720.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20	3.80	76.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10	52.00	520.00
Válvula de purga de aire	unid	2	48.00	96.00
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>				
Soporte A	unid	24	48.00	460.80
Soporte B	unid	38	48.00	729.60
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	180.00	72.00
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	180.00	72.00
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>				
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	2.85	1,824.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640	2.50	1,600.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	0.90	28.80
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	33.00	2,112.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	0.85	217.60
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	0.85	108.80
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	2.80	179.20
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>				
Estructura de protección de tubería	unid	32	77.00	1,232.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	190.00	3,040.00

**Subtotal Materiales de Sistema de Agua Helada**

19,328

**TABLA 34. COSTO DE MANO DE OBRA POR  
INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE AGUA DE  
TORRE**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	
			Mano de Obra	
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34	7.60	258.40
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unid	6	80.00	480.00
Juntas de Flexible 6 "	unid	4	50.00	200.00
Filtros Y 6"	unid	2	70.00	140.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unid	10	2.20	22.00
Tee E/C diámetro 200 mm PVC	unid	3	3.30	9.90
Reductor bridado 200 mm	unid	4	65.00	260.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unid	8	18.00	144.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unid	16	6.50	104.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unid	1	180.00	180.00
Instalación de Torre de Enfriamiento	unid	1	680.00	680.00
Instalación de bomba de agua de torre	unid	2	130.00	260.00
<b>Sección Anillo de Distribución</b>				
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	5.80	2,436.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24	1.40	33.60
Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64	2.30	147.20
Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64	0.85	54.40
Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64	0.85	54.40
Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20	44.60	892.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20	4.90	98.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10	61.50	615.00
Válvula de purga de aire.	unid	2	48.00	96.00
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>				
Soporte A	unid	24	48.00	518.40
Soporte B	unid	38	48.00	820.80
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	180.00	81.00
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	180.00	81.00
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>				
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	2.85	1,824.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	0.90	28.80
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	33.00	2,112.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	0.85	217.60
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	0.85	108.80
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	2.80	179.20
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>				
Estructura de protección de tubería	unid	32	77.00	1,108.80
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	190.00	2,736.00

**Subtotal Materiales de Sistema de Agua de Torre**

16,981

**TABLA 35. COSTO DE MANO DE OBRA POR  
INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE AIRE  
COMPRESIDO**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	
			Mano de Obra	
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribución</b>				
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5	14.00	91.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	9	40.00	360.00
Tee 2", galvanizada.	unid	8	3.00	24.00
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	3.00	36.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	12	3.20	38.40
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	3	1.00	3.00
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	3	1.00	3.00
Construcción e instalación de soportes para tubería galvanizada	unid	3	120.00	360.00
Instalación de compresor	unid	1	92.00	92.00
Instalación de secador	unid	1	82.00	82.00
Instalación de tanque acumulador	unid	1	160.00	160.00
<b>Sección Anillo de Distribución</b>				
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210	14.00	2,940.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5	40.00	200.00
Tee 2", galvanizada.	unid	32	3.00	96.00
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	3.00	36.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8	3.20	25.60
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32	1.00	32.00
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32	1.00	32.00
<b>Soportes para distribución de tuberías</b>				
Soporte A	unid	24	48.00	172.80
Soporte B	unid	38	48.00	273.60
Soporte para tuberías acceso frontal	unid	1	180.00	27.00
Soporte para tuberías acceso posterior	unid	1	180.00	27.00
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>				
Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320	4.00	1,280.00
Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32	15.00	480.00
Tee 3/4", galvanizada.	unid	32	1.50	48.00
Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160	1.50	240.00
Unión Universal 3/4"	unid	64	1.50	96.00
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>				
Estructura de protección de tubería	unid	32	77.00	123.20
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	190.00	304.00

**Subtotal Materiales de Sistema de Aire Comprimido**

7,683

# **CAPITULO 6**

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

El proceso de instalación se cumplió con el cronograma de trabajo propuesto. Se cubrió las 8 semanas de instalación.

El presupuesto del proyecto, no excedió los costos de instalación. El presupuesto fue de 290,502.97 USD, mientras que los costos reales fueron por 280,015.28 USD, en cuyo rubro el Sistema de Agua Helada fue por 122,170.30 USD, El Sistema de Agua de Torre por 124,170.66 USD y el Sistema de Aire Comprimido por 33,674.32 USD.

Los materiales y equipos usados en la implantación del proyecto, se encuentran en el mercado local. Solo el Chiller y la Torre de Enfriamiento fueron equipos bajo pedido de importación.

Con las pruebas realizadas en los sistemas instalados, se verifico que cumplen con los parámetros y características de demandas de agua y aire, temperaturas y presiones de trabajo. Se tiene que el sistema de agua helada genera y distribuye agua a una temperatura 11.8 °C y una presión a la salida de la bomba de 35 psi (24.6 m), se requiere temperatura a 12 °C a una presión de 33.68 psi (23.68 m). El sistema de agua de torre genera y distribuye agua a una temperatura de 29,7 °C y una presión a la salida de la bomba de 45 psi (31.7 m), se requiere una temperatura de 30 °C y una presión de 42.75 psi (30.06 m). En el sistema de aire comprimido en el punto de utilización se obtiene 7.03 bar (102 psi) y se requiere solo 6.9 bar (100 psi).

Los sistemas auxiliares fueron distribuidos físicamente tanto equipos como sistemas de tuberías, de tal forma que estén en armonía con las instalaciones de la empresa y procesos productivos. De igual forma con respecto a proyecciones de crecimiento no estimadas, se determinaron dimensiones de diámetros en tuberías que pueden

seguir aumentando el flujo actual de aire y agua sin tener mayor incremento de pérdidas de fricción.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda que para proyecciones de crecimiento no estimadas, tomar en cuenta las áreas de trabajo de la torre y el chiller, ambos equipos dependen de la temperatura del aire circundante, si se instalan más equipos como estos deben respetar las distancias indicadas en catálogo.

En el diseño de las trayectorias de tuberías, es importante la colocación de elementos que permitan dividir por tramos la longitud total de la trayectoria de la tubería, esto ayuda para los casos fortuitos, se pueda aislar la parte afectada y continuar trabajando el resto del sistema. Es por esta razón que se optó por hacer un anillo cerrado en la tubería de distribución principal, y con juego de válvulas que sectoricen el total de la trayectoria de tubería.

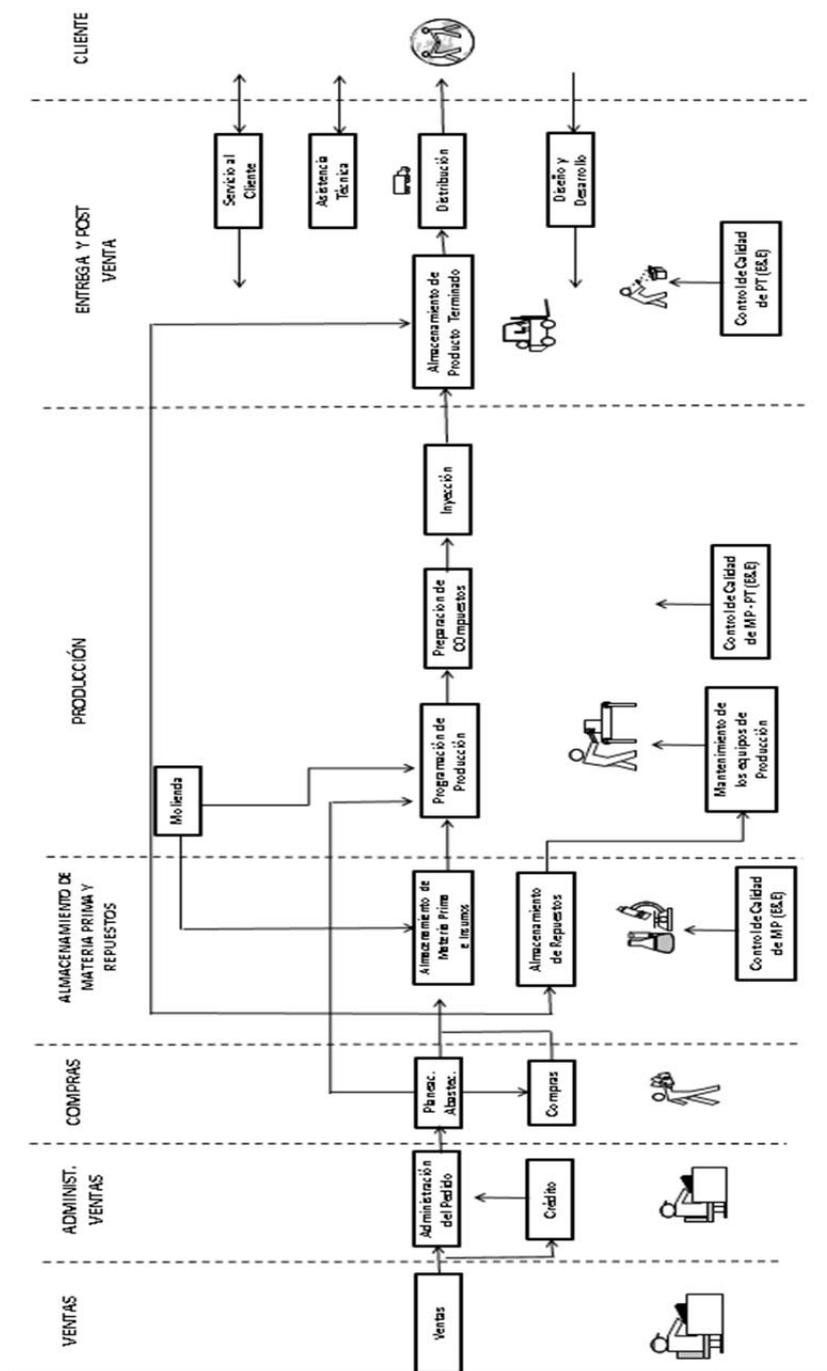
Instalar un sistema de alarmas que midan el valor actual de temperatura y presión de la planta, para cuando existan desviaciones de los correspondientes parámetros, avisen al personal operativo para que se verifiquen si existen problemas en los equipos. Físicamente

existen las facilidades para su implantación, hablando de que se pueden colocar sin problemas instrumentos de medición de temperatura y presión en puntos estratégicos, sin tener que realizar mayor cambio físico en las tuberías.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### Proceso General de la Realización del Producto





## **APÉNDICE C**

### **ESPECIFICACIONES PARA LICITACIÓN DE INSTALACIÓN MECÁNICA DE:**

**“Sistema de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido para  
Equipos de Producción que se instalarán en el Nuevo Galpón de  
Inyección”**

## 1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

<b>Nombre:</b>	Instalación Mecánica de los Sistemas de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido
<b>Lugar:</b>	Duran, junto a la actual Planta de Plásticos

### Documentos suministrados:

Especificaciones del proyecto (9 hojas).  
 Formato de presentación de ofertas (3 hojas).  
 Cronograma de Instalación  
 Planos (14 hojas).  
 Instructivo de instalación aislante térmico(1 hoja)

### Obligaciones del CONTRATISTA

Los oferentes deberán revisar cuidadosamente los documentos entregados y cumplir con todos los requisitos solicitados en ellos. La omisión o descuido del oferente al revisar los documentos no le releva de sus obligaciones con relación a su propuesta.

También será de responsabilidad del proponente inspeccionar y examinar el sitio del proyecto y sus alrededores, para de manera general obtener por su cuenta toda la información necesaria para definir el costo de los trabajos y evaluar la influencia de todos los factores en la elaboración de su propuesta.

El desconocimiento del sitio y sus características no le eximen de la responsabilidad que adquiere como oferente, ni le da derecho a reclamo alguno durante la ejecución del contrato o con posterioridad al mismo. Los oferentes aceptan voluntariamente someterse y respetar todos los procedimientos de Seguridad y Ecoeficiencia que la empresa posee para garantizar la integridad del personal y los equipos, propios y los de la Contratante.

Los oferentes como personas responsables de la ejecución de los trabajos mencionados anteriormente, deberán proveer los materiales(o equipos) necesarios para la correcta realización de las tareas mencionadas, por lo que el contratista deberá proveer algún material adicional que no haya sido mencionado en el listado.

La ejecución del proyecto será programada de acuerdo al cronograma de trabajos adjunto a estas especificaciones.

### Presentación y plazo de entrega de la Oferta.

Las ofertas del proyecto solo se recibirán de acuerdo al "Formato para Presentación de Ofertas" que se adjunta.

Las ofertas deberán entregarse en sobre cerrado, luego de 10 días calendario de haber recibido estas especificaciones.

## 2. COMPONENTES DEL PROYECTO

La Contratante, requiere la Instalación Mecánica de tres Sistemas de Tuberías y sus correspondientes equipos.

- **Sistema de Agua Helada (SAH)**, compuesto por equipos como Chiller, Cisternas, Bombas de Agua y un Sistema de Tuberías.
- **Sistema de Agua de Torre (SAN)**, compuesto por equipos como Torre de Enfriamiento, Bombas de Agua y un Sistema de Tuberías
- **Sistema de Aire Comprimido (SAC)**, compuesto por equipos como Compresor, Equipo de Tratamiento de Aire (Secador), Tanque de Almacenamiento y Sistema de tuberías.

El Proyecto se lo ha dividido en tres secciones principales, por lo que cada parte de la trayectoria de los SAH, SAT, SAC, se los agrupo en las siguientes secciones.

- **Sección de Alimentación a Anillos de Distribución (SAAD)**, comprende el área de los equipos de generación de Agua Helada, Agua de Torre y Aire Comprimido, con su correspondiente sistema de tuberías. Este sistema de tuberías se conectara en un punto estratégico a la siguiente sección (Anillos de Distribución).
- **Sección de Anillos de Distribución (SAD)**, comprende el sistema de tuberías que llevaran agua y aire hacia las diferentes secciones de la planta.
- **Sección de Alimentación de Equipos (SAEQ)**, comprende el sistema de tuberías que alimentan a los equipos de producción. Este sistema parte de la SAD, hasta los puntos de utilización de cada equipo de producción.

Referencias: Planos No. 1.2 y 3.

## 3. SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN A ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN

### 3.1 Sistema de Agua Helada (SAH).

La SAAD para el SAH, está compuesta de:

- Bombas de agua, 2 bombas de agua helada (BAH) y 2 bombas de retorno de agua helada (BRAH)
- Cisternas de agua, una cisterna de agua helada (CAH) y una cisterna de retorno de agua helada (CRAH).
- Chiller, equipo de enfriamiento.
- Sistema de tuberías, conectan entre si las bombas de agua, cisternas, chiller, y a su vez se conectaran con la Sección de Anillos de Distribución.

Los diámetros de tuberías a instalarse son de 110 mm y 160 mm, tubería de PVC E/C. El sistema de tuberías trabajara a presiones entre 45-65 psi, y temperaturas de agua entre 10 °C-13 °C. Debido la temperatura del agua, se debe instalar aislamiento térmico, según las especificaciones que se indican en esta memoria. La longitud aproximada de instalación para la SAAD de SAH es aproximadamente de 24 m.

Referencias: Planos No. 1, 4, 7

### 3.2 Sistema de Agua de Torre (SAT)

La SAAD para el SAT está compuesta de:

- Bombas de agua, 2 bombas de agua de torre (BAT)
- Torre de enfriamiento.
- Sistema de tuberías, conectan entre si las bombas de agua, torre y a su vez se conectaran con la Sección de Anillos de Distribución.

Los diámetros de tuberías a instalarse son de 200 mm, 160 mm, tubería de PVC E/C.  
El sistema de tuberías trabajara a presiones entre 45-65 psi, y temperaturas de agua entre 30 °C - 33 °C.  
La longitud aproximada de instalación para la SAAD de SAT es aproximadamente de 42.5 m.

Referencias: Planos No. 2, 5, 7

### 3.3 Sistema de Aire Comprimido (SAC)

La SAAD para el SAC está compuesta de:

- Compresor de aire
- Tanque de almacenamiento
- Secador
- Sistema de tuberías, conectan entre si el compresor, tanque de almacenamiento, secador y a su vez se conectaran con la Sección de Anillos de Distribución.

Los diámetros de tuberías a instalarse son de 2", tubería galvanizada.  
El sistema de tuberías trabajara a presiones entre 100-110psi.  
La longitud aproximada de instalación para la SAAD de SAC es aproximadamente de 10 m.

Referencias: Planos No. 3, 6, 7

## 4. SECCIÓN DE ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN.

Compuesta por un sistema de tuberías que forman un anillo, a lo largo del perímetro del galpón. Los tres sistemas SAH, SAT y SAC van agrupados formando un solo conjunto. Su configuración estará basada de acuerdo a los soportes de estas tuberías, en la que las tuberías del SAH y SAC, quedaran sobre las tuberías del SAT.

Referencias: Planos No. 8, 9

Los soportes metálicos serán instalados con una separación de 2 metros en toda la trayectoria de la tubería y deberán ser soldados a las vigas y columnas principales del Nuevo Galpón de Inyectoras.

La altura de instalación será de XXX m del nivel del piso interior del nuevo galpón

Referencias: Planos No. 10, 11

#### **4.1 Sistema de Agua Helada (SAH).**

Esta sección comprende dos sistemas de tuberías de PVC E/C de diámetro de 110 mm 145 psi, uno de presión y otro de retorno de agua helada, con accesorios "Tee" y "Bujes reductores" para derivaciones de la Sección de Alimentación de Equipos y válvulas principales, para sectorizar la trayectoria de tuberías.

En esta tubería se instalara aislamiento térmico EVA, según instructivo de esta memoria.

Las tuberías de presión y retorno se instalaran en un mismo plano (nivel), separados 34.5 cm entre sus ejes, paralelas y perpendiculares a las columnas principales del galpón. Para ciertos casos de instalaciones de accesorios, se deberá tomar en cuenta la separación necesaria que se requiera para realizar una correcta instalación de los mismos. Se deberá tener el cuidado necesario al instalar los accesorios "Tee", cuya ubicación debe coincidir con la de los equipos de producción que se instalaran en el nuevo galpón.

El aislamiento térmico de las tuberías no deberá colocarse en las uniones entre tubos y accesorios hasta después de las pruebas de presión y aceptado por la contratante.

Cada anillo (presión y retorno) posee aproximadamente 210 m lineales de tubería, en los que se instalaran 32 Tee de 110 mm, con reducciones de 110 mm a 2" y con tapón macho de 2".

Referencias: Planos No. 4

#### **4.2 Sistema de Agua de Torre.**

Esta sección comprende dos sistemas de tuberías de PVC E/C de diámetro de 160 mm, 145 psi, uno de presión y otro de retorno de agua helada, con accesorios "Tee" y "Bujes reductores" para derivaciones de la Sección de Alimentación de Equipos y válvulas principales, para sectorizar la trayectoria de tuberías.

Las tuberías de presión y retorno se instalaran en un mismo plano (nivel), separados 34.5 cm entre sus ejes, paralelas y perpendiculares a las columnas principales del galpón. Para ciertos casos de instalaciones de accesorios, se deberá tomar en cuenta la separación necesaria que se requiera para realizar una correcta instalación de los mismos. Se deberá tener el cuidado necesario al instalar los accesorios "Tee", cuya ubicación debe coincidir con la de los equipos de producción que se instalaran en el nuevo galpón.

Cada anillo (presión y retorno) posee aproximadamente 210 m lineales de tubería, en los que se instalaran 32 Tee de 110 mm, con reducciones de 110 mm a 2" y con tapón macho de 2".

Referencias: Planos No. 5

### 4.3 Sistema de Aire Comprimido.

Esta sección comprende dos sistemas de tuberías galvanizada de diámetro de 2", 110 psi, con accesorios "Tee" y "bujes reductores" para derivaciones de la Sección de Alimentación de Equipos y válvulas principales, para sectorizar la trayectoria de tuberías. La tubería se instalará en el mismo plano (nivel), que la tubería de agua helada, paralela y perpendicular a las columnas principales del galpón. Para ciertos casos de instalaciones de accesorios, se deberá tomar en cuenta la separación necesaria que se requiera para realizar una correcta instalación de los mismos. Se deberá tener el cuidado necesario al instalar los accesorios "Tee", cuya ubicación debe coincidir con la de los equipos de producción que se instalarán en el nuevo galpón.

El anillo posee aproximadamente 210 m lineales de tubería, en los que se instalarán 32 Tee de 2", con reducciones de 2" a 3/4" y con tapón macho de 2".

**Referencias: Planos No. 6**

## 5. SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN A EQUIPOS.

Compuesta por un sistema de tuberías que se derivan (parten de) de la SAD, y se direccionan hacia los puntos de utilización de los equipos de producción. Los tres sistemas SAH, SAT y SAC van agrupados formando un solo conjunto. Su configuración estará basada de acuerdo a los soportes de estas tuberías.

**Referencias: Planos No. 12**

Los soportes metálicos serán instalados de acuerdo a la distribución de los equipos de producción y estos serán soldados a los soportes de las tuberías del SAD, vigas y columnas principales del Nuevo Galpón de Inyectoras.

**Referencias: Planos No. 13**

Se deberán instalar 32 circuitos.

### 5.1 Sistema de Agua helada

Compuesta de un sistema de tuberías de PVC roscable de diámetro de 2", una línea de presión y otra de retorno de agua helada, las cuales se conectarán a los anillos de Presión y Retorno del SAH respectivamente. La trayectoria de las tuberías irá desde el punto de conexión con los anillos, bajando aproximadamente unos 4 m a través de una parrilla metálica, y continuando unos 5-6 m sobre el piso, hasta el punto de alimentación al equipo industrial.

Para los 32 circuitos a instalar, aproximadamente se instalarán unos 10 m de tubería para la línea de presión y 10 m para la línea de retorno, dando un total por línea de 640 m de tubería.

**Referencias: Planos No. 4**

Se instalará una capa de aislamiento térmico, de material EVA según instructivo de esta memoria.

El aislamiento térmico de las tuberías no deberá colocarse en las uniones entre tubos y accesorios hasta después de las pruebas de presión y aceptado por la contratante.

Las tuberías se instalarán agrupadas en un mismo plano, separadas 15 cm entre sus ejes, paralela y perpendicular a las columnas principales del galpón. Para ciertos casos de instalaciones de accesorios, se deberá tomar en cuenta la separación necesaria que se requiera para realizar una correcta instalación de los mismos.

## **5.2 Sistema de Agua de Torre**

Compuesta de un sistema de tuberías de PVC roscable de diámetro de 2", una línea de presión y otra de retorno de agua de torre, las cuales se conectarán a los anillos de Presión y Retorno del SAT respectivamente. La trayectoria de las tuberías irá desde el punto de conexión con los anillos, bajando aproximadamente unos 4 m a través de una parrilla metálica, y continuando unos 5-6 m sobre el piso, hasta el punto de alimentación al equipo industrial.

Para los 32 circuitos a instalar, aproximadamente se instalarán unos 10 m de tubería para la línea de presión y 10 m para la línea de retorno, dando un total por línea de 640 m de tubería.

**Referencias: Planos No. 5**

Las tuberías se instalarán agrupadas en un mismo plano, separadas 15 cm entre sus ejes, paralelas y perpendiculares a las columnas principales del galpón. Para ciertos casos de instalaciones de accesorios, se deberá tomar en cuenta la separación necesaria que se requiera para realizar una correcta instalación de los mismos.

## **5.3 Sistema de Aire Comprimido**

Compuesta de un sistema de tuberías galvanizada roscable de diámetro de 3/4", las cuales se conectarán a los anillos de Presión y Retorno del SAC. La trayectoria de las tuberías irá desde el punto de conexión con los anillos, bajando aproximadamente unos 4 m a través de una parrilla metálica, y continuando unos 5-6 m sobre el piso, hasta el punto de alimentación al equipo industrial.

Para los 32 circuitos a instalar, aproximadamente se instalarán unos 10 m de tubería, dando un total por línea de 320 m de tubería.

**Referencias: Planos No. 6**

Las tuberías se instalarán paralelas y perpendiculares a las columnas principales del galpón. Para ciertos casos de instalaciones de accesorios, se deberá tomar en cuenta la separación necesaria que se requiera para realizar una correcta instalación de los mismos.

## **6. ESPECIFICACIONES GENERALES SOBRE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.**

En general y adicionalmente a lo mencionado en cada sección de los sistemas de tuberías de Agua Helada, Agua De torre y Aire Comprimido, se deberá instalar de acuerdo a los siguientes puntos:

- ✓ Las tuberías se instalarán paralela y perpendicularmente a las columnas principales del edificio y de acuerdo a instrucciones dadas en los planos de esta memoria.
- ✓ Todas las tuberías o sus conexiones, válvulas, etc. se instalará lo suficientemente separada de otras obras y así evitar interferencias en su operación, servicio o mantenimiento, de igual manera la ubicación de las válvulas deberá ser cuidadosamente seleccionada, a fin de permitir que en los casos de mantenimiento o reparación de algún equipo, las tuberías se desconecten de ellos sin que esto implique la paralización del resto del sistema. En caso de existir dudas con en este punto se consultara con La Contratante.
- ✓ En las conexiones emperradas (bridas, juntas de expansión, válvulas, etc.), las turecas y pernos no deberán quedar condenados u obstruidos por partes estructurales de equipos, estructuras, paredes, etc. del galpón, de tal forma que los elementos mencionados puedan ser reemplazados por defectos sin ningún inconveniente.
- ✓ Para la instalación de las válvulas hasta 2", se deberá instalar seguido de una unión universal de tal manera que esta pueda ser cambiada fácilmente en caso de algún daño en estas válvulas.

## 7. Especificaciones Técnicas de Materiales y Equipos

### 7.1 Tubería y Accesorios

SECCIÓN DE ALIMENTACIÓN DE ANILLO DE DISTRIBUCIÓN	Material	Diámetro	Especificación - Referencia
Sistema de Agua Helada	PVC	160 mm	Marca Plastigama / Espigo-Campana (E/C) , PN 145 psi
Sistema de Agua de Torre	PVC	200 mm	Marca Plastigama / Espigo-Campana (E/C) , PN 145 psi
Sistema de Aire Comprimido	Galvanizado	2"	PN 250 psi, tubería reforzada

SECCIÓN DE ANILLO DE DISTRIBUCIÓN	Material	Diámetro	Especificación - Referencia
Sistema de Agua Helada	PVC	110 mm	Marca Plastigama / Espigo-Campana (E/C) , PN 145 psi
Sistema de Agua de Torre	PVC	160 mm	Marca Plastigama / Espigo-Campana (E/C) , PN 145 psi
Sistema de Aire Comprimido	Galvanizado	2"	PN 250 psi, tubería reforzada

SECCIÓN ALIMENTACIÓN A EQUIPOS	Material	Diámetro	Especificación - Referencia
Sistema de Agua Helada	PVC	2"	Marca Plastigama / Roscable – PN 145 psi
Sistema de Agua de Torre	PVC	2"	Marca Plastigama / Roscable – PN 145 psi
Sistema de Aire Comprimido	Galvanizado	3/4"	PN 250 psi, tubería reforzada

## 7.2 Válvulas

<b>Diámetro</b>	<b>Especificación - Referencia</b>
<b>4" (aplica en tub. 110 mm)</b>	Marca Nibco, Modelo LD2000 - Válvula Mariposa Tipo LUG - PN 200 psi - cuerpo acero dúctil- cuello extendido - vástago acero inoxidable - disco de bronce al aluminio.
<b>6" (aplica en tub 160 mm)</b>	Marca Nibco, Modelo LD2000 - Válvula Mariposa Tipo LUG - PN 200 psi - cuerpo acero dúctil- cuello extendido - vástago acero inoxidable - disco de bronce al aluminio.
<b>8" (aplica en tub 200 mm)</b>	Marca Nibco, Modelo LD2000 - Válvula Mariposa Tipo LUG - PN 200 psi - cuerpo acero dúctil- cuello extendido - vástago acero inoxidable - disco de bronce al aluminio.
<b>2"</b>	Marca Nibco, Modelo T585-70 / Tipo bola – roscada – clase 600 psi – cuerpo y vástago de bronce – bola y asiento cromado.
<b>3/4"</b>	Marca Nibco, Modelo T585-70 / Tipo bola – roscada – clase 600 psi – cuerpo y vástago de bronce – bola y asiento cromado.

## 7.3 Juntas Flexibles

Usadas en las conexiones de los equipos con las tuberías, se instalarán juntas flexibles en los lugares y diámetros indicados en el plano.

Las juntas flexibles serán de neopreno y conexiones con bridas clase 150 psi.

## 7.4 Aislamiento Térmico

Material fabricado por Plásticos Industriales C.A., PICA.

<b>Código</b>	<b>Nombre Genérico</b>	<b>Descripción</b>
918231N0	EVA	LISA 9MM 1.80MT SH56-62 FORM 40

## 7.5 Soportería para Tuberías

De acuerdo a planos se usaran los siguientes materiales:

<b>SISTEMA</b>	<b>Material</b>	<b>Especificación - Referencia</b>
<b>Sistema de Agua Helada y Torre</b>	A36	Correa 80x40x3 mm Platina 25x2 mm Plancha 3 mm Tubo cuadrado 100x100x3 mm
<b>Sistema de Agua de Torre</b>	A36	Correa 80x40x3 mm Platina 25x2 mm Plancha 3 mm Tubo cuadrado 100x100x3 mm
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>	A36	Correa 80x40x2 mm Platina 25x3 mm

## 7.6 Bombas para Sistema de Agua Helada y Agua De torre.

La Contratista suministrara las bombas centrifugas para cada sistema.

Las bombas para ambos sistemas, se deberán instalar cada una en una base de hormigón  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con doble malla  $\phi 10 \text{ mm}$ . c/15 cm, con una altura de 30 cm, longitud 150 cm y un ancho de 75 cm.

### 7.7 Tanque Pulmón

El tanque pulmón será suministrado por La Contratista .

Se instalara una válvula de purga automática provista por La Contratista manómetro y válvulas de control.

### 7.8 Torre de Enfriamiento

Esta Torre será suministrada por La Contratista

Sus dimensiones son 2.77 m de largo, 2.21 m de ancho y 2.54 m de alto y posee un peso de 2260 kg. Aproximadamente.

### 7.9 Pintura

Toda la tubería de agua de torre y agua helada deberá pintarse de acuerdo a lo siguiente:

SISTEMA	Material	Especificación - Referencia
Sistema de Agua de Torre	Pintura Anticorrosiva	Verde Cromo
Sistema de Aire Comprimido	Pintura Anticorrosiva	Azul Pacifico
Estructuras	Pintura Anticorrosiva	Gris

## FORMATO DE PRESENTACIÓN DE OFERTAS POR INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE AGUA HELADA, AGUA DE TORRE Y AIRE COMPRIMIDO

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
				Materiales	Mano de Obra	
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribucion</b>						
<b>Sistema de Agua Helada</b>						
	Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26			
	Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26			
	Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	6			
	Juntas de Flexible 6 "	unid	4			
	Filtros Y 6"	unid	2			
	Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	10			
	Tee E/C diametro 160 mm PVC	unid	3			
	Reductor bridado 160 mm	unid	4			
	Construccion en instalacion de soporte de tuberias	unid	6			
	Construccion en instalacion de abrazaderas	unid	12			
	Construccion en instalacion de banco metalico para accesorios de bombas	unid	1			
	Instalacion de Chiller de 70 TR	unid	1			
	Instalacion de bomba de agua de retorno	unid	2			
	Instalacion de bomba de agua helada	unid	2			
<b>Sistema de Agua de Torre</b>						
	Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34			
	Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unid	6			
	Juntas de Flexible 6 "	unid	4			
	Filtros Y 6"	unid	2			
	Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unid	10			
	Tee E/C diametro 200 mm PVC	unid	3			
	Reductor bridado 200 mm	unid	4			
	Construccion en instalacion de soporte de tuberias	unid	8			
	Construccion en instalacion de abrazaderas	unid	16			
	Construccion en instalacion de banco metalico para accesorios de bombas	unid	1			
	Instalacion de Torre de Enfriamiento	unid	1			
	Instalacion de bomba de agua de torre	unid	2			
<b>Sistema de aire comprimido</b>						
	Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5			
	Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	9			
	Tee 2", galvanizada.	unid	8			
	Codos 2"X90, galvanizado	unid	12			
	Unión Universal 2", galvanizado.	unid	12			
	Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	3			
	Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	3			
	Construccion e instalacion de soportes para tuberia galvanizada	unid	3			
	Instalacion de compresor	unid	1			
	Instalacion de secador	unid	1			
	Instacion de tanque acumulador	unid	1			

**Subtotal Seccion Alimentacion Anillo de Distribucion**

**0.00**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
				Materiales	Mano de Obra	
<b>Sección Anillo de Distribucion</b>						
<b>Sistema de Agua Helada</b>						
	Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420			
	Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420			
	Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24			
	Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64			
	Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64			
	Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64			
	Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20			
	Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20			
	Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10			
	Válvula de purga de aire	unid	2			
<b>Sistema de Agua de Torre</b>						
	Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420			
	Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24			
	Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64			
	Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64			
	Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64			
	Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20			
	Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20			
	Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10			
	Válvula de purga de aire.	unid	2			
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>						
	Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210			
	Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5			
	Tee 2", galvanizada.	unid	32			
	Codos 2"X90, galvanizado	unid	12			
	Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8			
	Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32			
	Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32			
<b>Soportes para distribucion de tuberias</b>						
	Soporte A	unid	24			
	Soporte B	unid	38			
	Soporte para tuberias acceso frontal	unid	1			
	Soporte para tuberias acceso posterior	unid	1			

Subtotal Seccion Anillo de Distribucion

0.00

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
				Materiales	Mano de Obra	
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>						
<b>Sistema de Agua Helada</b>						
	Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640			
	Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640			
	Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32			
	Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64			
	Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	264			
	Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128			
	Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64			
<b>Sistema de Agua de Torre</b>						
	Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	792			
	Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	33			
	Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	66			
	Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	264			
	Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	132			
	Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	66			
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>						
	Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320			
	Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32			
	Tee 3/4", galvanizada.	unid	32			
	Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160			
	Unión Universal 3/4"	unid	64			
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>						
	Estructura de protección de tubería	unid	32			
	Soportera Angulo 1 1/2", bajante	unid	32			

**Subtotal Sección Anillo de Distribucion**

**0.00**

**TOTAL**

**0.00**

\_\_\_\_\_  
REPRESENTANTE LEGAL

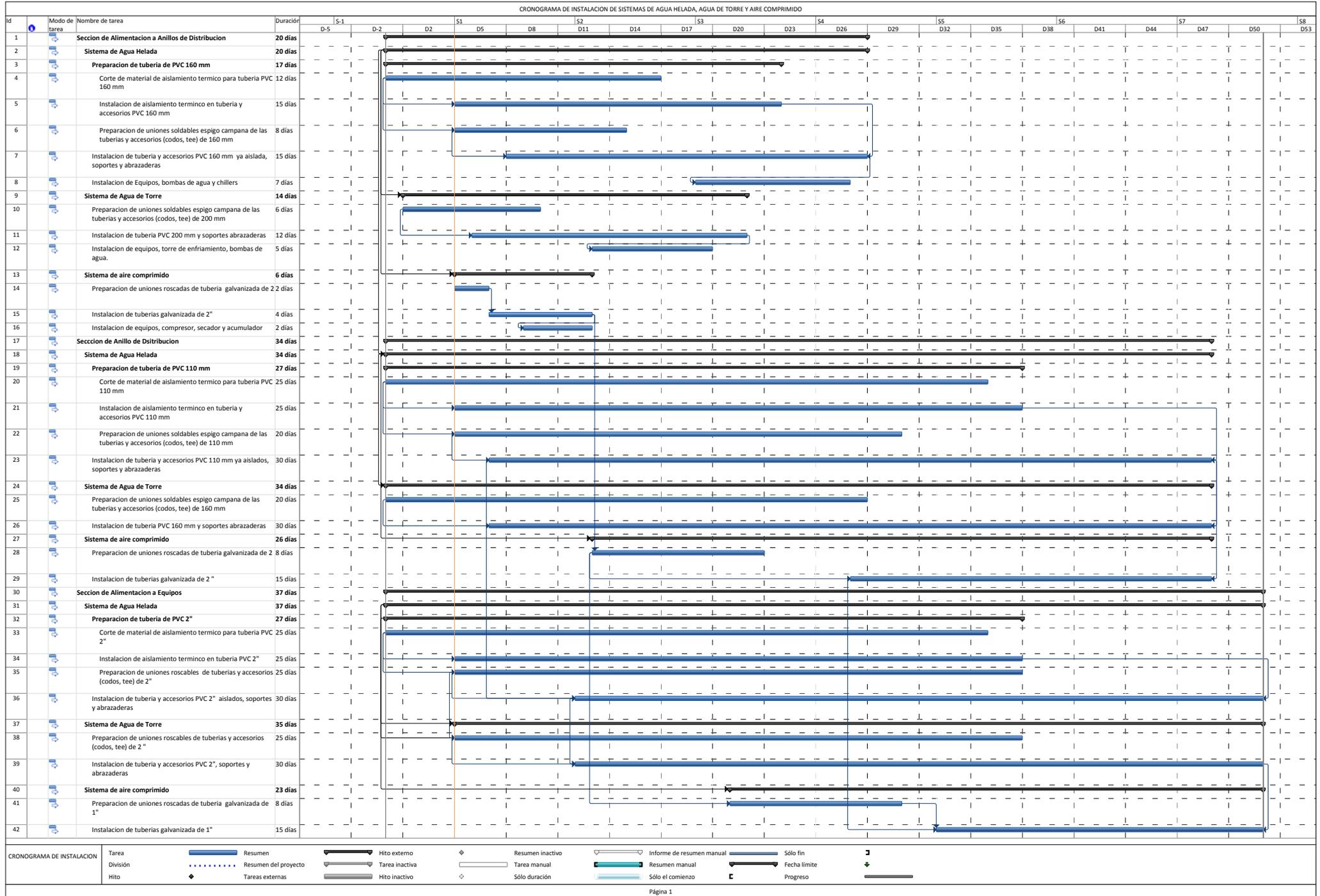
## PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO TÉRMICO EVA.

- Se cortaran las planchas de acuerdo al perímetro de la tubería a la que se instalara el aislamiento térmico.
- Se deberá preparar la superficie de la tubería lijándola y limpiándola de impurezas, usando también un trapo humedecido con polilimpia.
- Una vez cortada las planchas y de haber preparado la superficie de las tuberías se colocara cemento de contacto en la superficie de la plancha y de la tubería.
- Luego se procederá a instalar la tubería con el aislamiento térmico (ver figura).
- Para la instalación entre capa y capa de aislamiento térmico, se procederá de igual forma a los puntos mencionados anteriormente.
- En la capa final, en la unión entre los fillos de la plancha se deberá instalar con el mismo material EVA de menor espesor (3–4 mm) una tira de 2" de ancho a lo largo de esta unión.

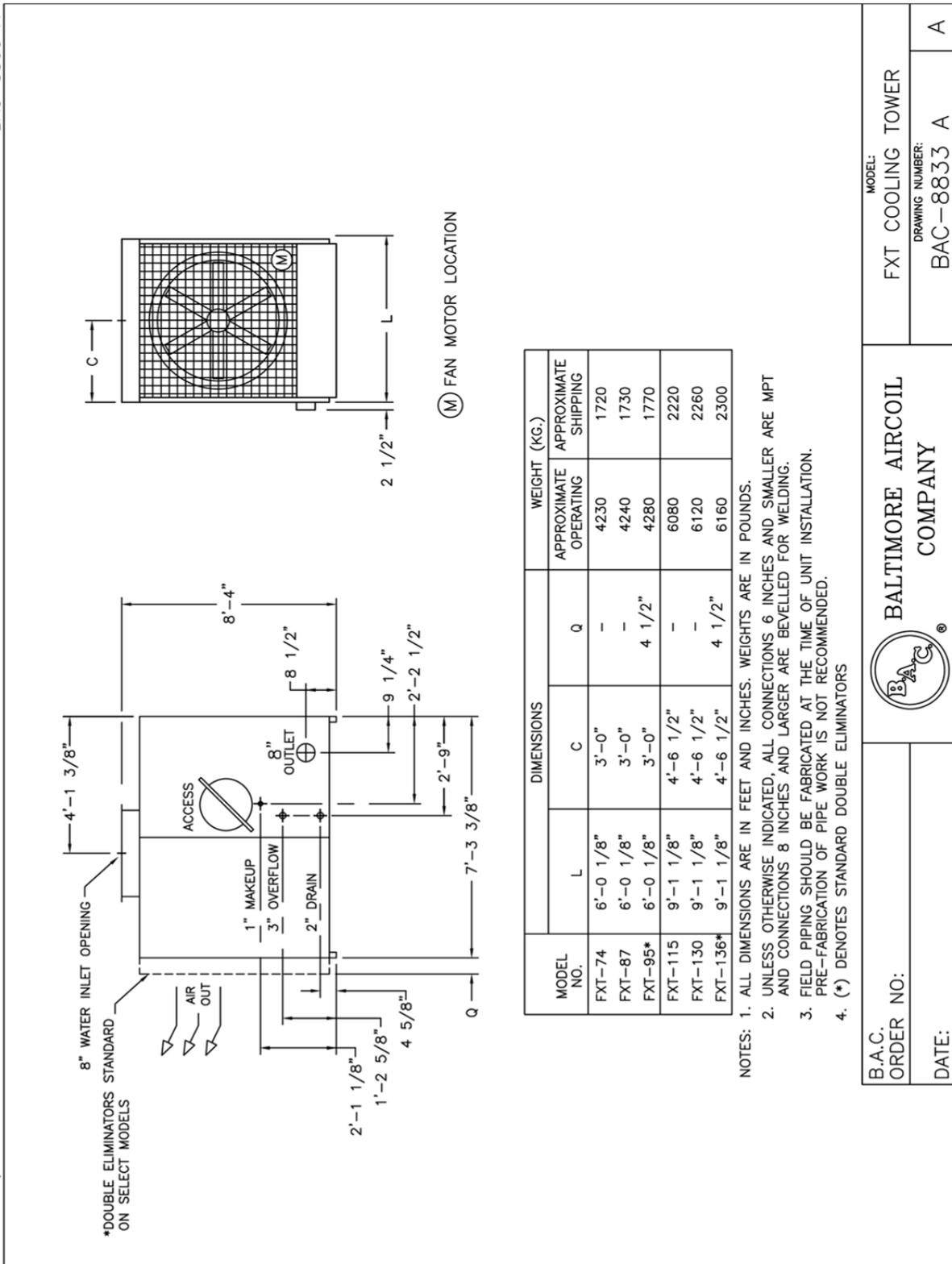


En la siguiente tabla encontrarán un resumen sobre la cantidad de aislamiento térmico que se deberán instalar según el diámetro.

Diámetro	Espesor de plancha	# de capas
110 mm	9 mm	4
160 mm	9 mm	4
200 mm	9 mm	4
2"	9 mm	3







MODEL NO.	DIMENSIONS			WEIGHT (KG.)	
	L	C	Q	APPROXIMATE OPERATING	APPROXIMATE SHIPPING
FXT-74	6'-0 1/8"	3'-0"	-	4230	1720
FXT-87	6'-0 1/8"	3'-0"	-	4240	1730
FXT-95*	6'-0 1/8"	3'-0"	4 1/2"	4280	1770
FXT-115	9'-1 1/8"	4'-6 1/2"	-	6080	2220
FXT-130	9'-1 1/8"	4'-6 1/2"	-	6120	2260
FXT-136*	9'-1 1/8"	4'-6 1/2"	4 1/2"	6160	2300

- NOTES:
1. ALL DIMENSIONS ARE IN FEET AND INCHES. WEIGHTS ARE IN POUNDS.
  2. UNLESS OTHERWISE INDICATED, ALL CONNECTIONS 6 INCHES AND SMALLER ARE MPT AND CONNECTIONS 8 INCHES AND LARGER ARE BEVELLED FOR WELDING.
  3. FIELD PIPING SHOULD BE FABRICATED AT THE TIME OF UNIT INSTALLATION. PRE-FABRICATION OF PIPE WORK IS NOT RECOMMENDED.
  4. (\*) DENOTES STANDARD DOUBLE ELIMINATORS

B.A.C. ORDER NO: \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_

 **BALTIMORE AIRCOIL COMPANY**

MODEL: FXT COOLING TOWER  
DRAWING NUMBER: BAC-8833 A  
A

## Compresor Kaeser Serie SM

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Marca:</b>	KAESER	<b>Procedencia:</b>	Alemania
<b>Modelo:</b>	SM10	<b>Requerimiento Eléctrico:</b>	230/460V/3Ph/60Hz
<b>Capacidad:</b>	42 cfm.	<b>Motor:</b>	10 HP
<b>Presión de descarga:</b>	125 psig.	<b>Eficiencia del Motor:</b>	89.5%
<b>Máx. presión de operación:</b>	125 psig.	<b>Factor de Servicio motor:</b>	1.20
<b>Nivel de Ruido estimado:</b>	64 dB(A)	<b>Velocidad Nominal Motor:</b>	3600 RPM
<b>Descarga de Aire:</b>	3/4" NPT	<b>Enfriamiento:</b>	Por Aire
<b>Dimensiones (LxAxH):</b>	630 X 762 X 1100 mm.	<b>Peso:</b>	210 Kg.

### ALCANCE DE SUMINISTRO:

El compresor de tornillo rotativo Kaeser incluye los siguientes accesorios y características estándar:

- Motor TEFC de alta eficiencia, con protección contra sobrecargas térmicas, aislamiento clase F, factor de servicio 1.20 y cumplimiento de norma EPA ct. Presenta un 150% mínimo de torque, guarda grasa exterior y conexiones para drenes.
- Arrancador Magnético Estrella-Triángulo con panel de control NEMA 12.
- Sigma Control Basic, Sistema de control basado en tecnología de PLC, el cual monitorea las siguientes funciones:



1. Apagado de emergencia/ puerta abierta.
2. Sobrecarga del Motor.
3. Giro incorrecto de rotación.
4. Temperatura de descarga del Airend muy alta.
5. Secador refrigerativo de aire (opcional).
6. Entradas analógicas.
7. Temperatura máxima del gabinete excedida.
8. Reserva para uso futuro.
- S. Horas de servicio límite, excedido.
- p. Contrapresión existente.
- T. Temperatura de arranque muy baja.
- I. Inspección de seguridad activada

- Filtro de aire de dos etapas de 4 micrones, con pre-separación de ciclónica y elemento reemplazable.
- Dispositivos de protección: Válvula de seguridad, interruptor de emergencia, indicador de nivel de aceite, y cerraduras de seguridad en puertas de mantenimiento.
- Cubierta anti-ruido con paneles revestidos y acabado de alta resistencia con pintura electrostática. El compresor está montado sobre una base sólida con piso de metal y soportes anti-vibratorios. Incluye aisladores de vibración adicionales en el bloque compresor, motor y tanque separador. El equipo es de fácil mantenimiento por medio de sus amplias puertas y paneles removibles.
- Acoplamiento por medio de poleas y bandas, con sistema de tensionado automático.

## Secador Kaeser Serie H

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

<b>Marca:</b>	KAESER	<b>Potencia compresor:</b>	0.57 Hp
<b>Modelo:</b>	TBH 13	<b>Requerimiento Eléctrico:</b>	115 V. / 1Ph.
<b>Capacidad:</b>	42 scfm.	<b>Enfriamiento:</b>	Por Aire
<b>Máxima Presión:</b>	230 psig.	<b>Conexión:</b>	3/4" NPT
<b>Punto de rocío:</b>	3 °C.	<b>Dimensiones:</b>	30,25 x14,25 x20 pulg.
<b>Refrigerante:</b>	Freón R134a	<b>Peso:</b>	104 Lb.

Máxima temperatura de aire de entrada: 60 °C.  
Mínima/Máxima temperatura ambiente: 4.0 / 45 °C.

### ALCANCE DE SUMINISTRO:

- La nueva serie **H** de secadores refrigerativos de **KAESER** remueve líquidos eficientemente al enfriar el aire y condensar el vapor de agua. Posteriormente el agua es removida por medio del separador y drenaje automático.
- Intercambiador de calor de acero inoxidable de placa única provee una operación libre de mantenimiento y una baja caída de presión.
- Separador de humedad centrífugo de múltiples etapas construido de malla de alambre en acero inoxidable, para remover **99.9%** del agua, suministrando años de operación libres de problemas.
- Interruptor de encendido y apagado.
- Indicador de punto de rocío.
- Drenaje automático de condensados.
- Refrigerante no dañino al medio ambiente R134a
- La serie de secadores **H** son fáciles de instalar, requieren de muy poco mantenimiento y consumen poca electricidad.

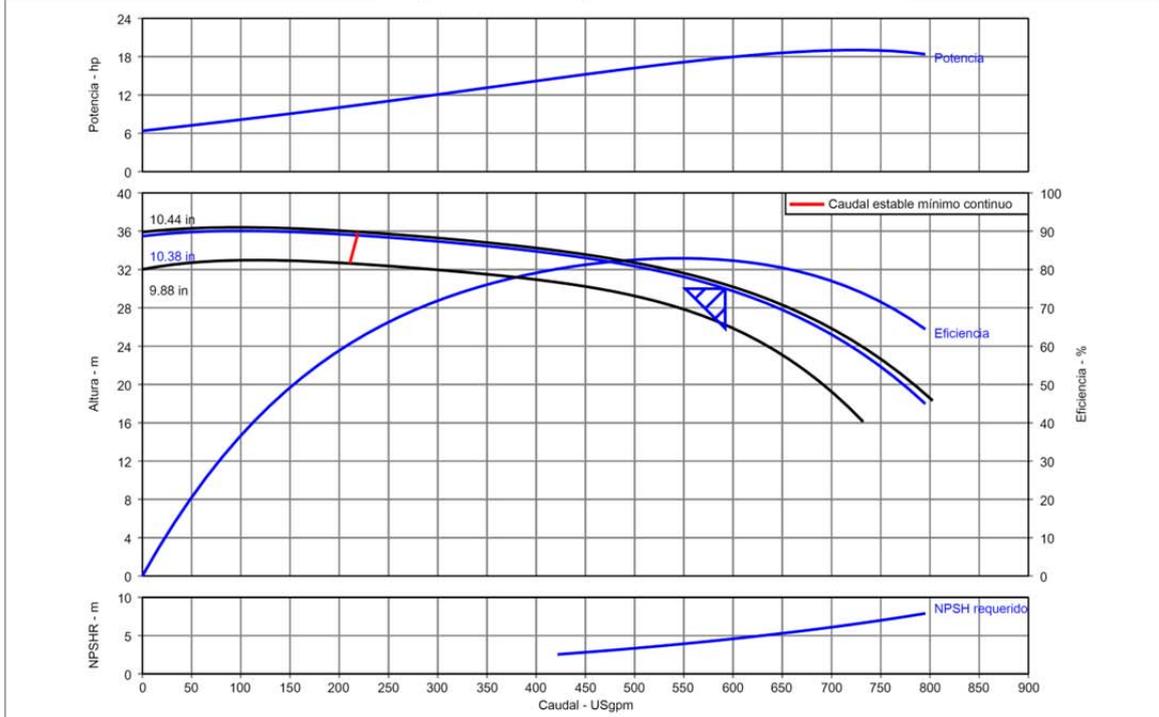


BERKELEY

Pentair Electronic Catalog

**Hoja de datos características de la bomba**

Ciiente	:		Cotización No.	:	
Referencia cliente	:		Tamaño	:	B4ERM
Artículo número	:	Default	Etapas	:	1
Servicio	:		Según el número de la curva	:	6425
Cantidad	:	1	Fecha de último salvado	:	19 Apr 2015 9:20 PM
Condiciones de operación			Líquido		
Caudal, nominal	:	592.0 USgpm	Tipo de líquido	:	--Water
Presión / altura diferencial, rated (requerido)	:	30.00 m	También conocido como	:	
Presión / altura diferencial, rated (efectiva)	:	30.00 m	Diámetro máximo de sólidos	:	0.00 in
Presión de succión, diseño/máx.	:	0.00 / 0.00 psi.g	Concentración de sólidos, en volumen	:	0.00 %
NPSH disponible, Diseño	:	Amplio	Temperatura, máxima	:	68.00 F
Frecuencia	:	60 Hz	Densidad del líquido	:	1.000 / 1.000 Peso esp.
Rendimiento			Material		
Velocidad, valorada	:	1,750 rpm	Material seleccionado	:	Not specified
Diámetro impulsor, nominal	:	10.38 in	Datos presión		
Diámetro impulsor, máximo	:	10.44 in	Presión máxima de trabajo	:	51.18 psi.g
Diámetro impulsor, mínimo	:	9.88 in	Máxima presión de operación permisible	:	266.0 psi.g
Eficiencia	:	82.50 %	Límite de presión de succión	:	N/D
NPSH requerido / margen requerido	:	4.47 / 0.00 m	Presión de prueba hidrostática	:	N/D
nq (flujo rodete) / S (flujo rodete)	:	24 / 117 Unidades métricas	Datos unidad motriz & Potencia		
Caudal estable continuo mínimo	:	218.3 USgpm	Margen sobre el criterio de potencia	:	Potencia nominal
Altura, diámetro máximo, nominal	:	36.04 m	Margen de prestación	:	0.00 %
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	:	18.22 %	Factor de servicio	:	1.00
Caudal, punto de mejor rendimiento (PMR)	:	546.3 USgpm	Potencia, hidráulica	:	14.72 hp
Relación de caudal (nominal / PMR)	:	108.37 %	Potencia, nominal	:	17.85 hp
Relación de diámetro (nominal / máximo)	:	99.40 %	Potencia, diámetro máximo, nominal	:	19.05 hp
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	:	98.61 %	Potencia mínima recomendada de motor	:	20.00 hp / 14.91 kW
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	:	1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00			
Condición de selección	:	Aceptable			



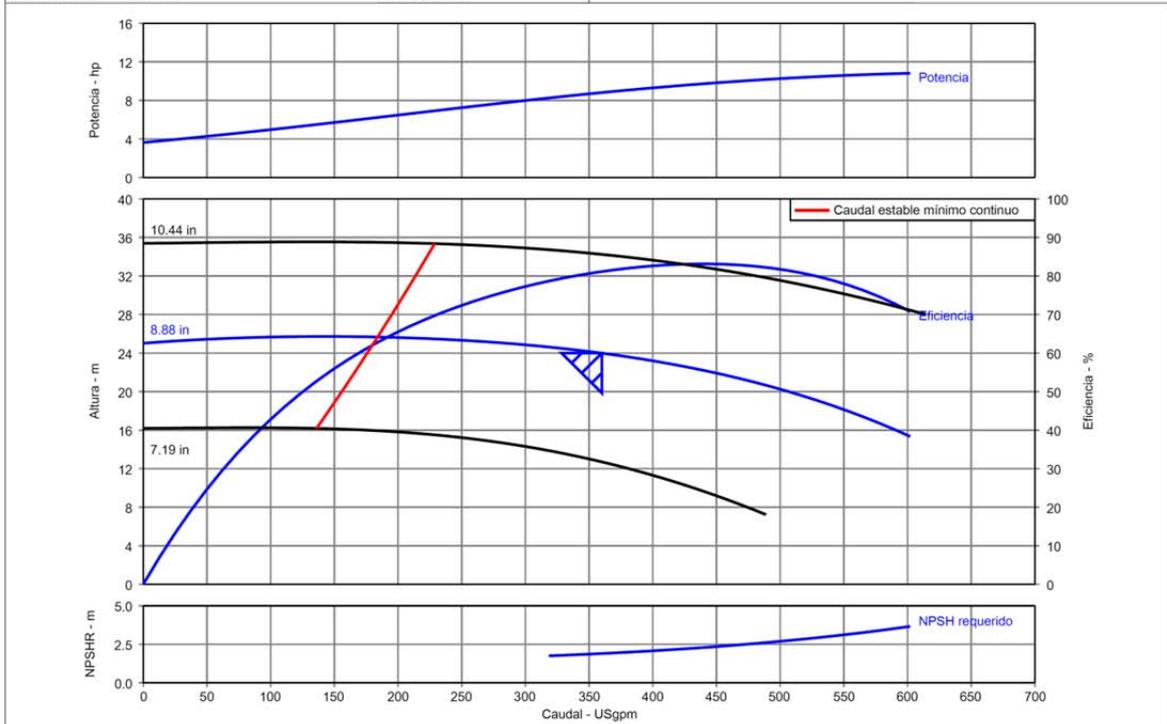


BERKELEY®

Pentair Electronic Catalog

### Hoja de datos características de la bomba

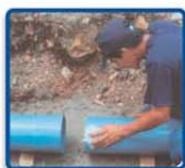
Cliente	:		Cotización No.	:	
Referencia cliente	:		Tamaño	:	B4ERBM
Artículo número	:	Default	Etapas	:	1
Servicio	:		Según el número de la curva	:	8989
Cantidad	:	1	Fecha de último salvado	:	19 Apr 2015 8:49 PM
Condiciones de operación			Líquido		
Caudal, nominal	:	360.0 USgpm	Tipo de líquido	:	--Water
Presión / altura diferencial, rated (requerido)	:	24.00 m	También conocido como	:	
Presión / altura diferencial, rated (efectiva)	:	24.08 m	Diámetro máximo de sólidos	:	0.00 in
Presión de succión, diseño/máx.	:	0.00 / 0.00 psi.g	Concentración de sólidos, en volumen	:	0.00 %
NPSH disponible, Diseño	:	Amplio	Temperatura, máxima	:	68.00 F
Frecuencia	:	60 Hz	Densidad del líquido	:	1.000 / 1.000 Peso esp.
Rendimiento			Viscosidad, diseño	:	1.00 cP
Velocidad, valorada	:	1,775 rpm	Presión de vapor, diseño	:	0.00 psi.a
Diámetro impulsor, nominal	:	8.88 in	Material		
Diámetro impulsor, máximo	:	10.44 in	Material seleccionado	:	Not specified
Diámetro impulsor, mínimo	:	7.19 in	Datos presión		
Eficiencia	:	81.15 %	Presión máxima de trabajo	:	36.53 psi.g
NPSH requerido / margen requerido	:	1.90 / 0.00 m	Máxima presión de operación permisible	:	266.0 psi.g
nq (flujo rodete) / S (flujo rodete)	:	24 / 149 Unidades métricas	Límite de presión de succión	:	N/D
Caudal estable continuo mínimo	:	183.8 USgpm	Presión de prueba hidrostática	:	N/D
Altura, diámetro máximo, nominal	:	25.72 m	Datos unidad motriz & Potencia		
Aumento de la altura de elevación con flujo de impulsión cerrado	:	4.29 %	Margen sobre el criterio de potencia	:	Potencia nominal
Caudal, punto de mejor rendimiento (PMR)	:	439.2 USgpm	Margen de prestación	:	0.00 %
Relación de caudal (nominal / PMR)	:	81.96 %	Factor de servicio	:	1.00
Relación de diámetro (nominal / máximo)	:	85.03 %	Potencia, hidráulica	:	7.15 hp
Relación de altura (diám. nominal / diám. máximo)	:	70.05 %	Potencia, nominal	:	8.82 hp
Cq/Ch/Ce/Cn [ANSI/HI 9.6.7-2010]	:	1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00	Potencia, diámetro máximo, nominal	:	10.82 hp
Condición de selección	:	Acceptable	Potencia mínima recomendada de motor	:	10.00 hp / 7.46 kW



## Procedimiento para soldar la tubería ESPIGA - CAMPANA

### 1 PREPARACIÓN

Compruebe el ajuste en seco entre espiga y campana de la tubería y/o accesorios. Si la unión es muy apretada lije el extremo exterior de la tubería y el interior de la campana. Cuide de no lijar en exceso.



### 2 APLICACIÓN DE POLILIMPIA

Aplique en las superficies lijadas "POLILIMPIA" para lograr una preparación de las superficies a soldar.

### 3 APLICACIÓN DE LA SOLDADURA

Inmediatamente después de aplicar el limpiador "Polilimpia" aplique con la brocha la soldadura líquida "Polipega" o "Kalipega" encima de la espiga del tubo y dentro de la campana. Al aplicar el cemento solvente trabaje rápidamente, pero no lo derrame dentro de la tubería, evitando el exceso.



### 4 ACOPLÉ MANUAL

Unir las piezas "espiga-campana" inmediatamente, asegúrese de que el tubo penetre en la cavidad de la campana hasta el fondo, haciendo girar 1/4 de vuelta, mientras ambas superficies están todavía húmedas.

### 5 CORDÓN DE SOLDADURA

Elimine el exceso del cemento solvente en el reborde, cuidando de que en el perímetro de la unión, aparezca el cordón de soldadura. Se debe aplicar el cemento solvente moderadamente.

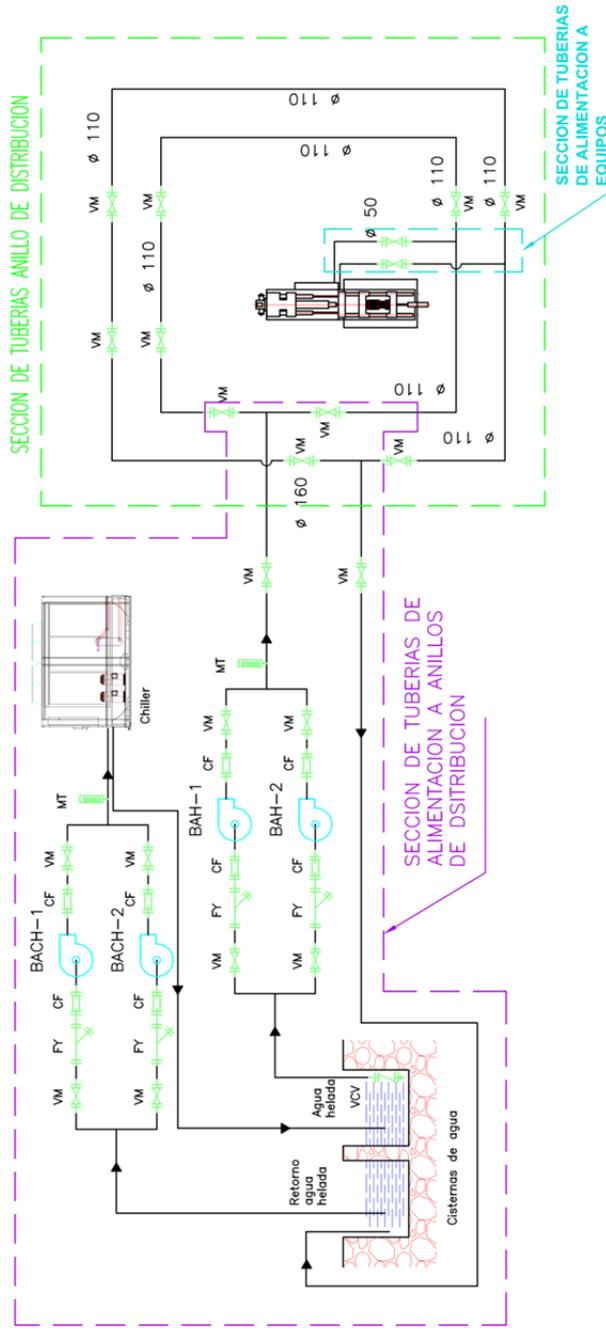


## **APÉNDICE D**

### **PLANOS**

**SIMBOLOGIA**

CODIGO	DESCRIPCION
TE	TORRE DE ENFRIAMIENTO
BAT-1	BOMBA AGUA DE TORRE 1
BAT-2	BOMBA AGUA DE TORRE 2
BAH-1	BOMBA DE AGUA HELADA 1
BAH-2	BOMBA DE AGUA HELADA 2
BACH-1	BOMBA DE AGUA DE CHILLER 1
BACH-2	BOMBA DE AGUA DE CHILLER 2
IC-1	INTERCAMBIADOR DE CALOR 1
F.Y.	FILTRO EN Y
M.T.	MEDIDOR DE TEMPERATURA
V.M.	VALVULA MARIPOSA
V.C.V	VALVULA CHEQUE VERTICAL
VC-1	VALVULA DE CONTROL 1
C.F.	CONEXION FLEXIBLE
A.H.	AGUA HELADA
A.N.	AGUA NATURAL

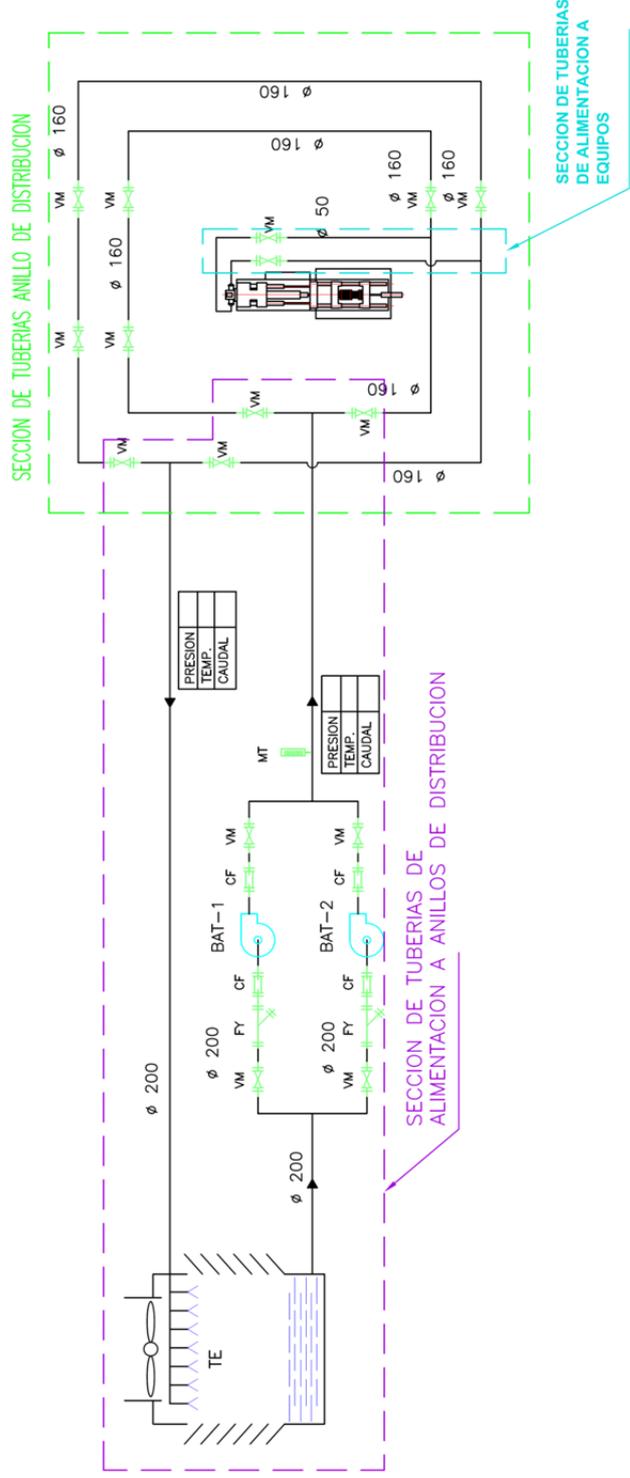


SISTEMAS: Diagrama esquemático por Secciones del Sistema de Agua Helada	SISTEMA: 
DISEÑADO POR: Geovanny Encalada S.	ESCALA: ---
APROBADO POR: Ing. Ernesto Martínez L.	PLAN NO.: 1

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION  
 PROYECTO:  
 Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion  
 REVISADO POR:  
 Ing. Ernesto Martínez L.

SIMBOLOGIA	
CODIGO	DESCRIPCION
TE	TORRE DE ENFRIAMIENTO
BAT-1	BOMBA AGUA DE TORRE 1
BAT-2	BOMBA AGUA DE TORRE 2
BAH-1	BOMBA DE AGUA HELADA 1
BAH-2	BOMBA DE AGUA HELADA 2
BACH-1	BOMBA DE AGUA DE CHILLER 1
BACH-2	BOMBA DE AGUA DE CHILLER 2
IC-1	INTERCAMBIADOR DE CALOR 1
F.Y.	FILTRO EN Y
M.T.	MEDIDOR DE TEMPERATURA
V.M.	VALVULA MARIPOSA
V.C.V	VALVULA CHECKE VERTICAL
VC-1	VALVULA DE CONTROL 1
CF.	CONEXION FLEXIBLE
A.H.	AGUA HELADA
A.N.	AGUA NATURAL

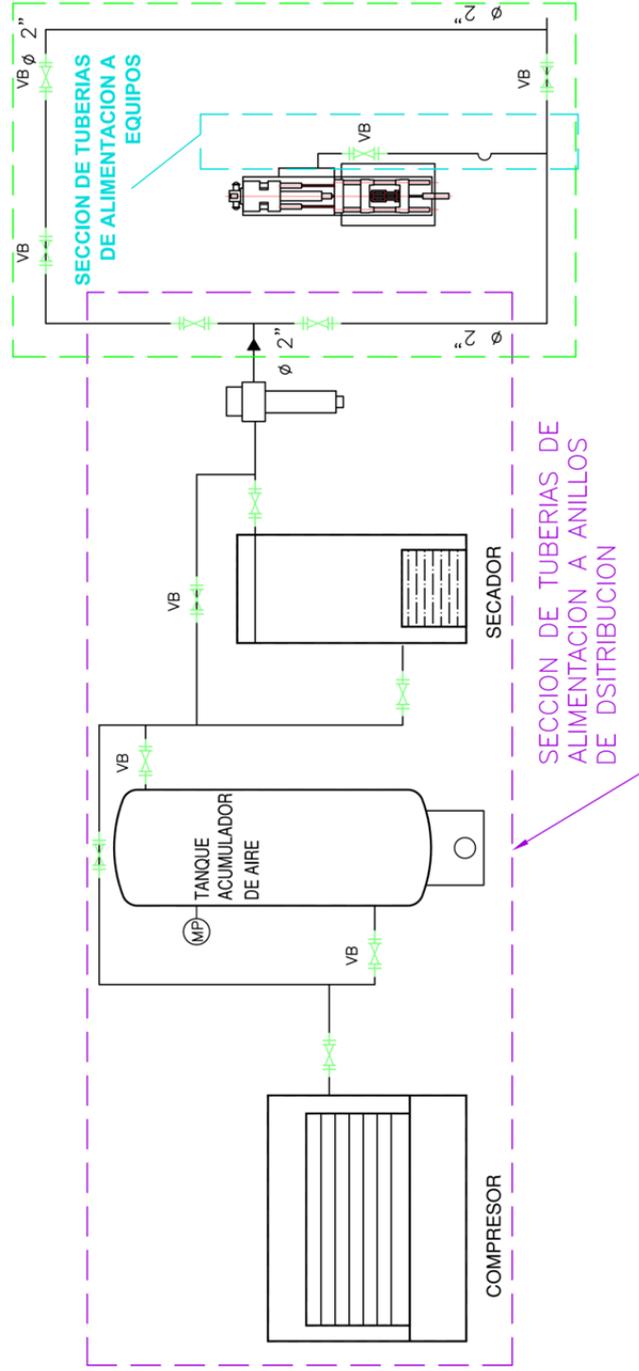
# SISTEMA DE AGUA DE TORRE



<b>CONTENIDO:</b> Diagrama esquemático por Secciones del Sistema de Agua de Torre	<b>SISTEMA:</b> 
<b>DIBUJADO POR:</b> Geovanny Encalada S.	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Ernesto Martínez L.
<b>APROBADO POR:</b> Ing. Ernesto Martínez L.	<b>ESCALA:</b> PLANO NO.: 2

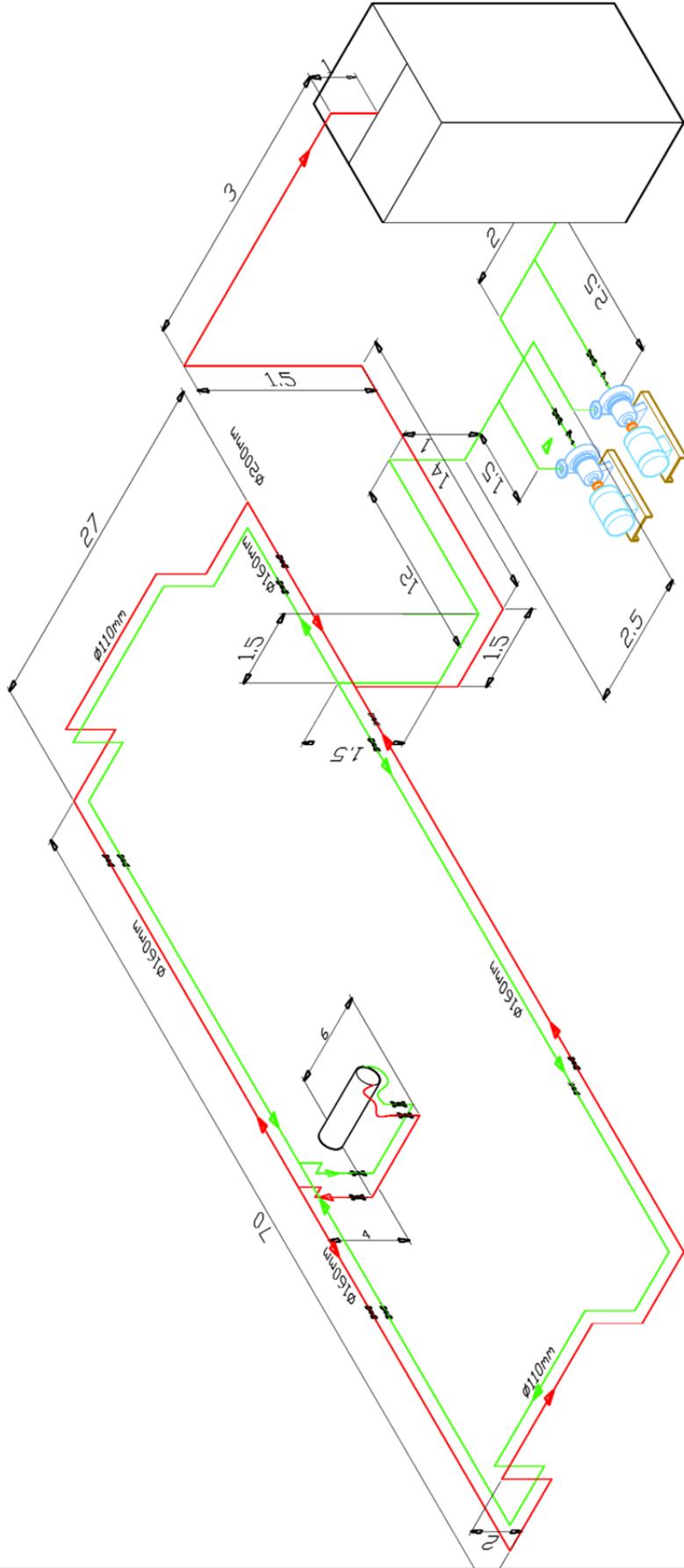
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION**  
**PROYECTO:** Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion

SECCION DE TUBERIAS ANILLO DE DISTRIBUCION



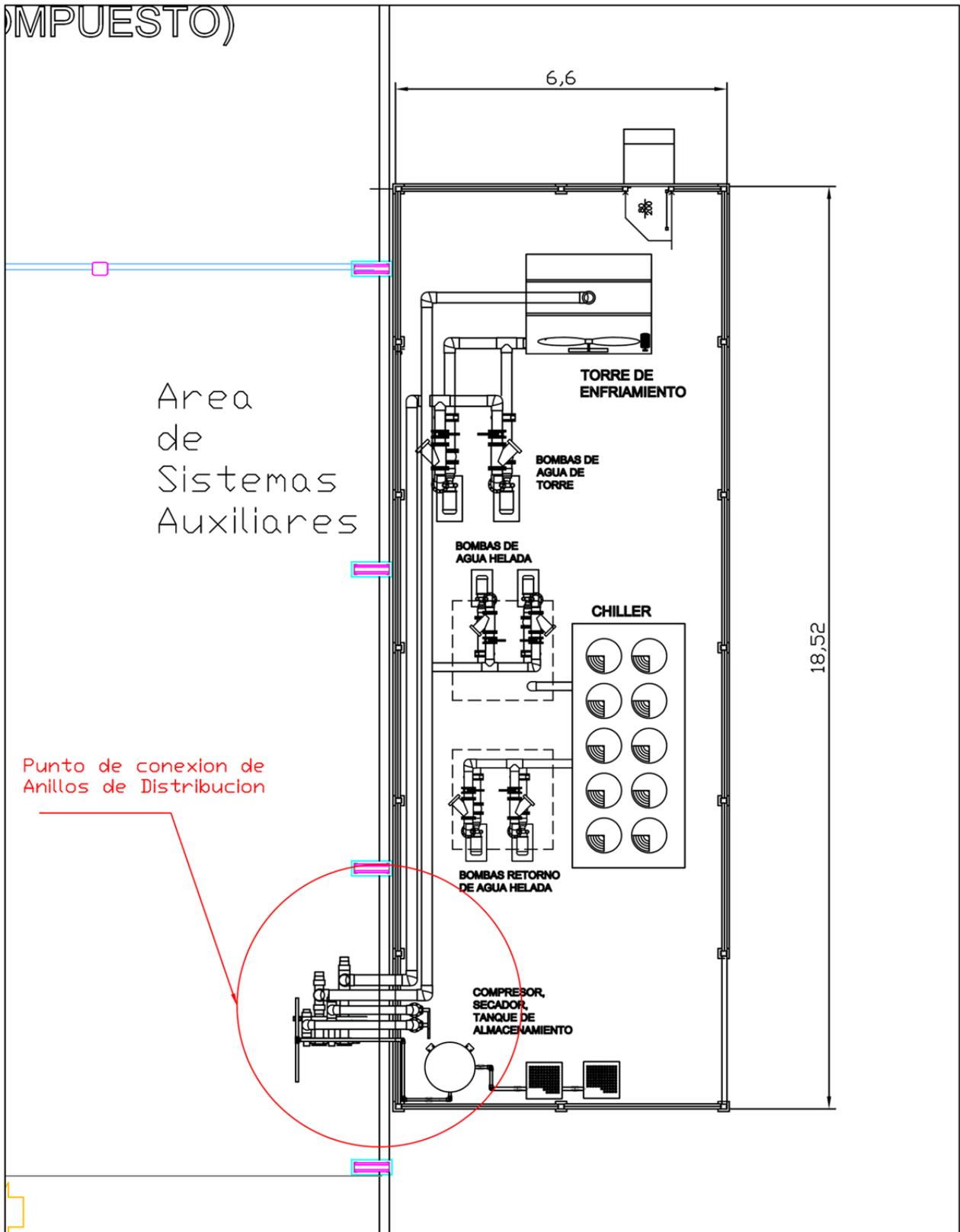
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION	CONTENIDO: Diagrama Esquemático por Secciones del Sistema de Aire Comprimido	SISTEMA: 
	DIBUJADO POR: Geovanny Encalada S.	REVISADO POR: Ing. Ernesto Martínez L.
PROYECTO: Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion		ESCALA: 1:1
APROBADO POR: Ing. Ernesto Martínez L.		PLANO NO.: 3





	CONTENIDO: Isométrico - Esquemático del Sistema de Agua de Torre		SISTEMA:
	DIBUJADO POR: Geovanny Encalada S.	REVISADO POR: Ing. Ernesto Martínez L.	ESCALA: 1:100
PROYECTO: Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion		APROBADO POR: Ing. Ernesto Martínez L.	PLANO NO.: 5

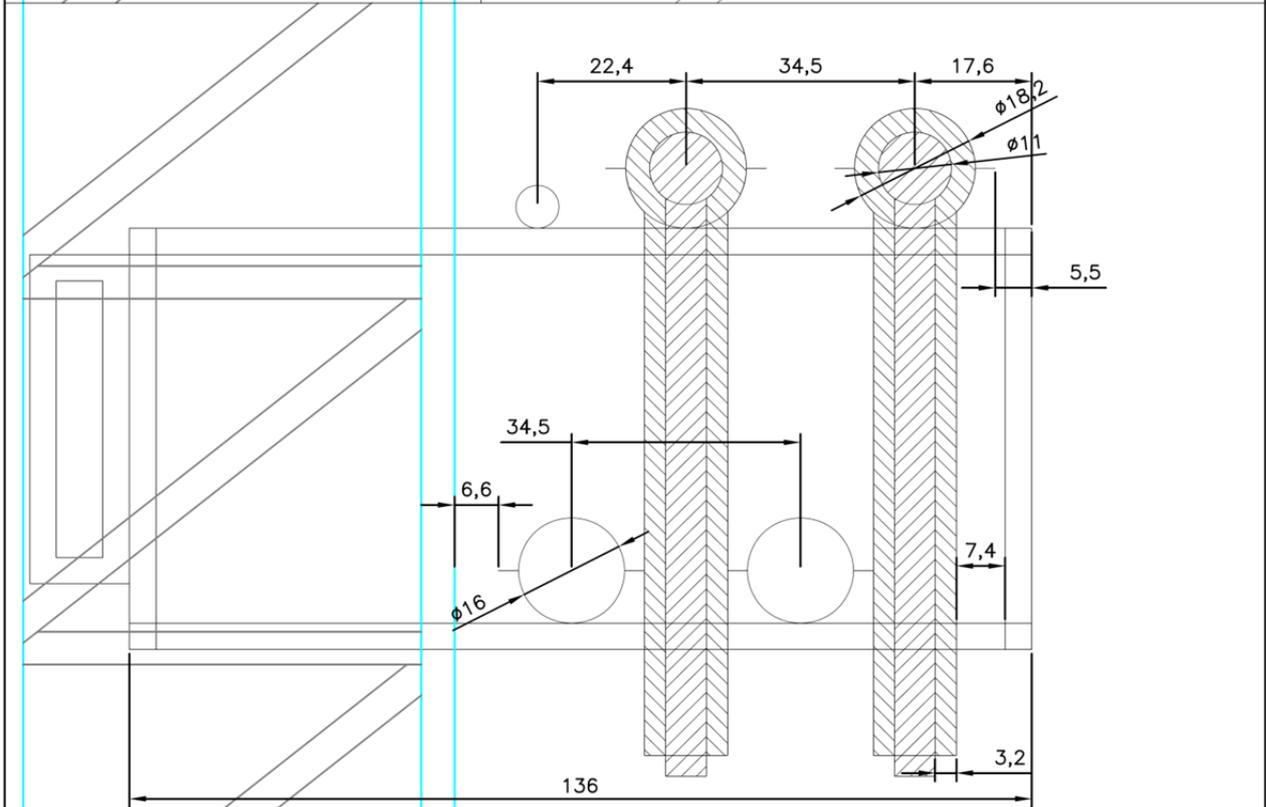
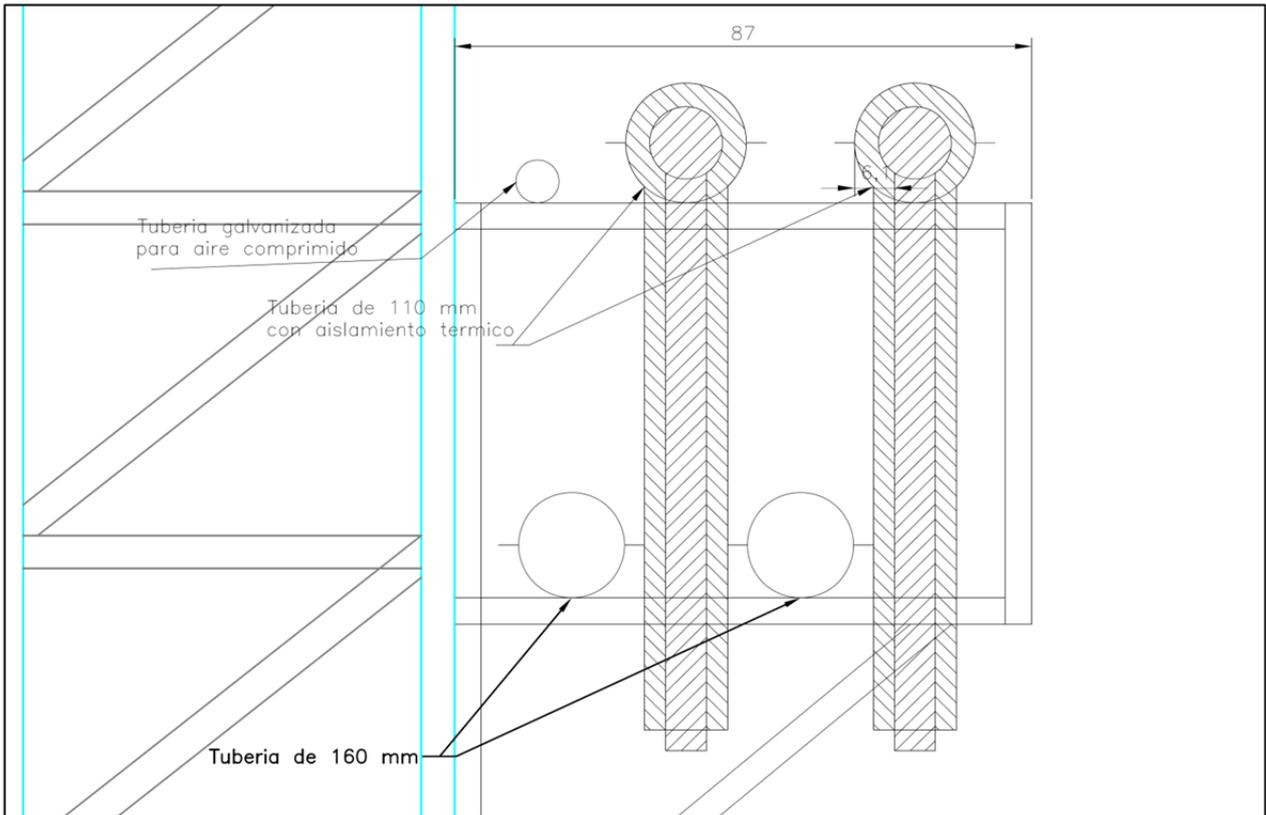




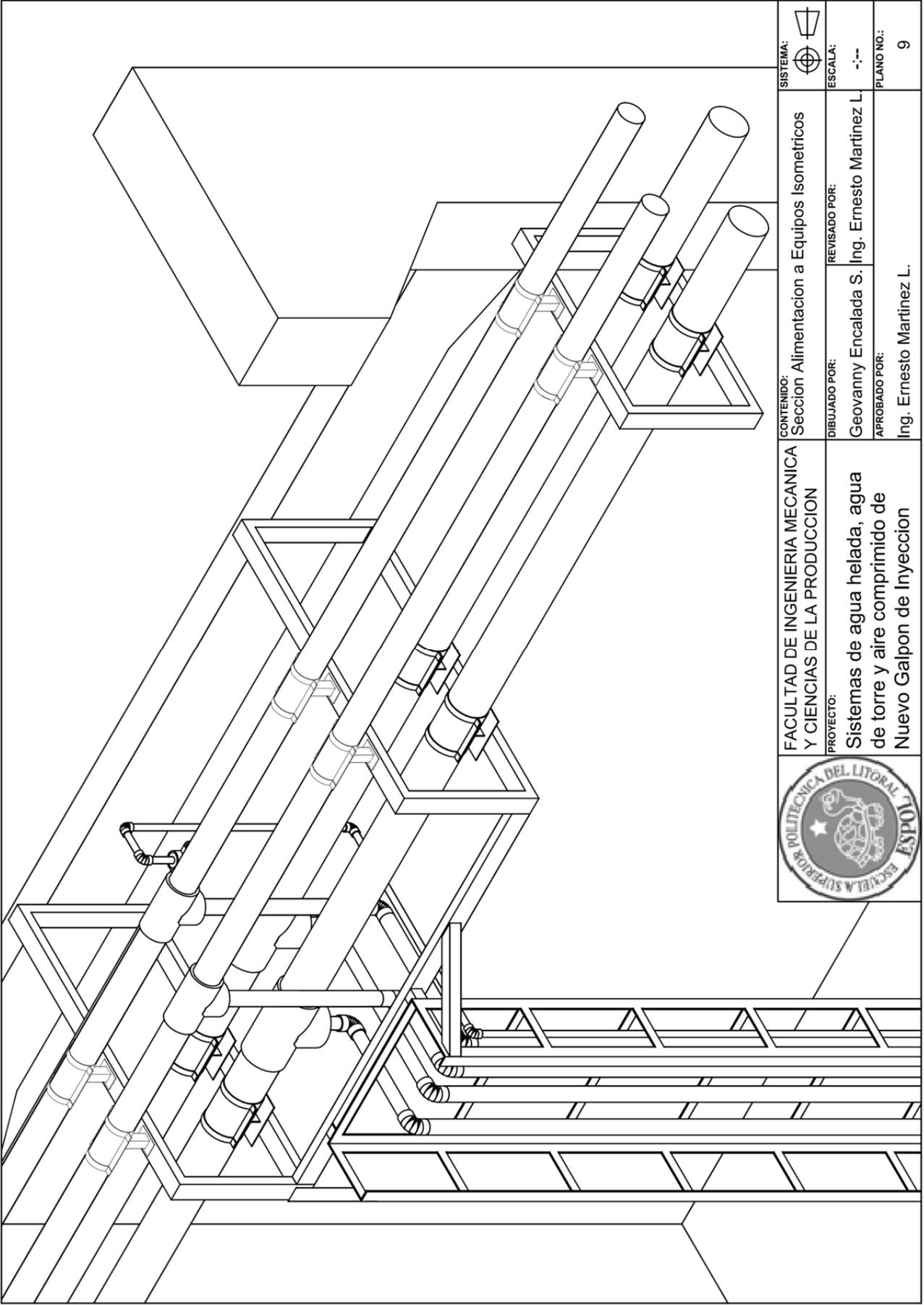
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION  
 PROYECTO:  
 Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion

CONTENIDO:  
 Area de Sistemas Auxiliares - Ubicacion de conexion a Anillos de distribucion  
 DIBUJADO POR:  
 Geovanny Encalada S.  
 REVISADO POR:  
 Ing. Ernesto Martinez L.  
 APROBADO POR:  
 Ing. Ernesto Martinez L.

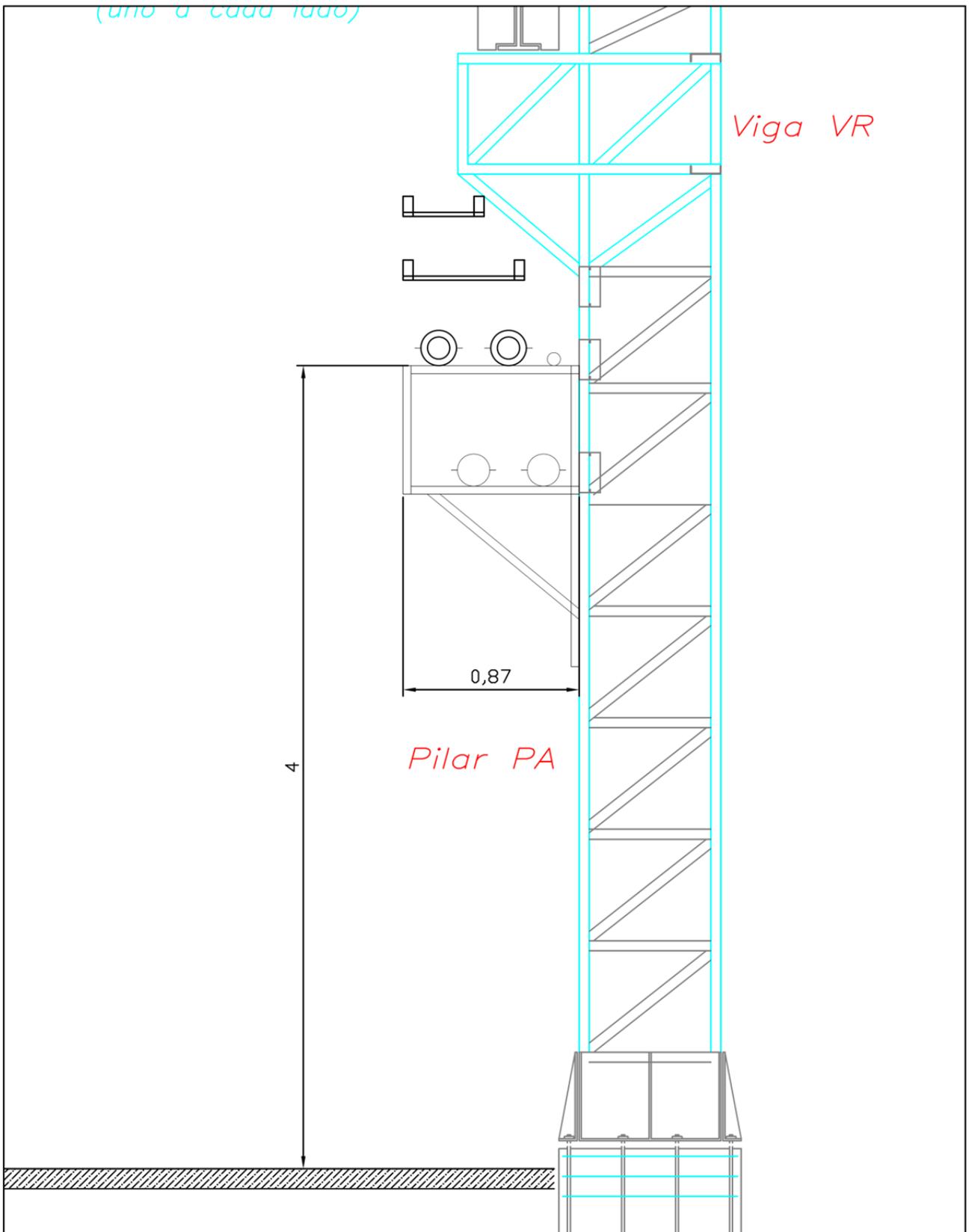
SISTEMA:  
  
 ESCALA:  
 1:10  
 PLANO NO.:  
 7



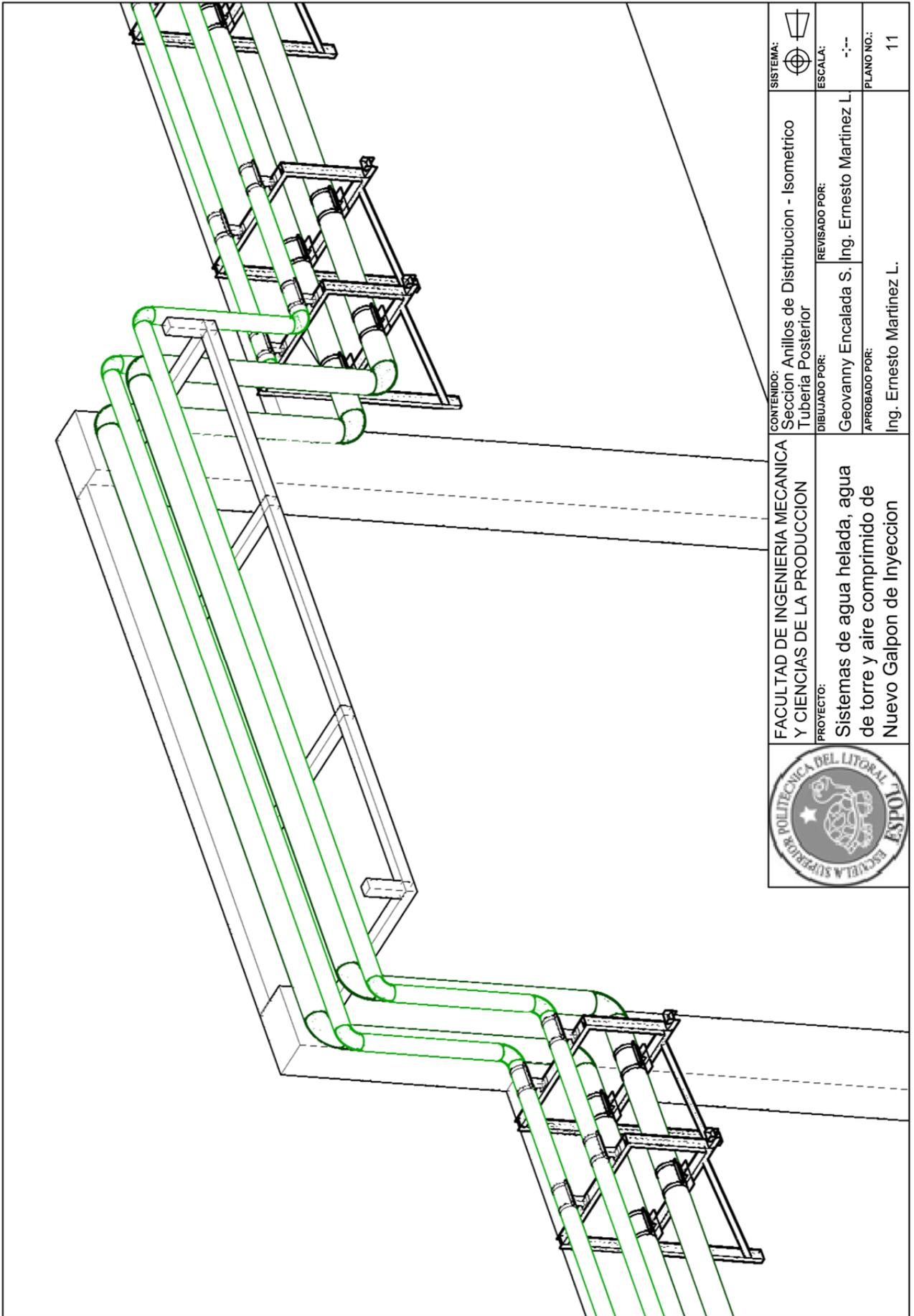
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION</b>		<b>CONTENIDO:</b> Seccion Anillo - Distribucion de Tuberias Agua y Aire	<b>SISTEMA:</b> 
	<b>PROYECTO:</b> Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion		<b>DIBUJADO POR:</b> Geovanny Encalada S.	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Ernesto Martinez L.
			<b>APROBADO POR:</b> Ing. Ernesto Martinez L.	<b>ESCALA:</b> -:-
				<b>LAMINA NO.:</b> 8



	CONTENIDO: Seccion Alimentacion a Equipos Isometricos		SISTEMA:
	DIBUJADO POR: Geovanny Encalada S. Ing. Ernesto Martinez L.	REVISADO POR: Ing. Ernesto Martinez L.	ESCALA: -:--
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION		APROBADO POR: Ing. Ernesto Martinez L.	PLANO NO.: 9
PROYECTO: Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion			
			



	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION	CONTENIDO: Seccion Anillo de Distribucion- Altura de Soportes	SISTEMA: 	
	PROYECTO: Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion	DIBUJADO POR: Geovanny Encalada S.	REVISADO POR: Ing. Ernesto Martinez L.	ESCALA: 4:100
		APROBADO POR: Ing. Ernesto Martinez L.		LAMINA NO.: 10



**PROYECTO:**  
Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion

**CONTENIDO:**  
Seccion Anillos de Distribucion - Isometrico  
Tuberia Posterior

**DIBUJADO POR:**  
Geovanny Encalada S.

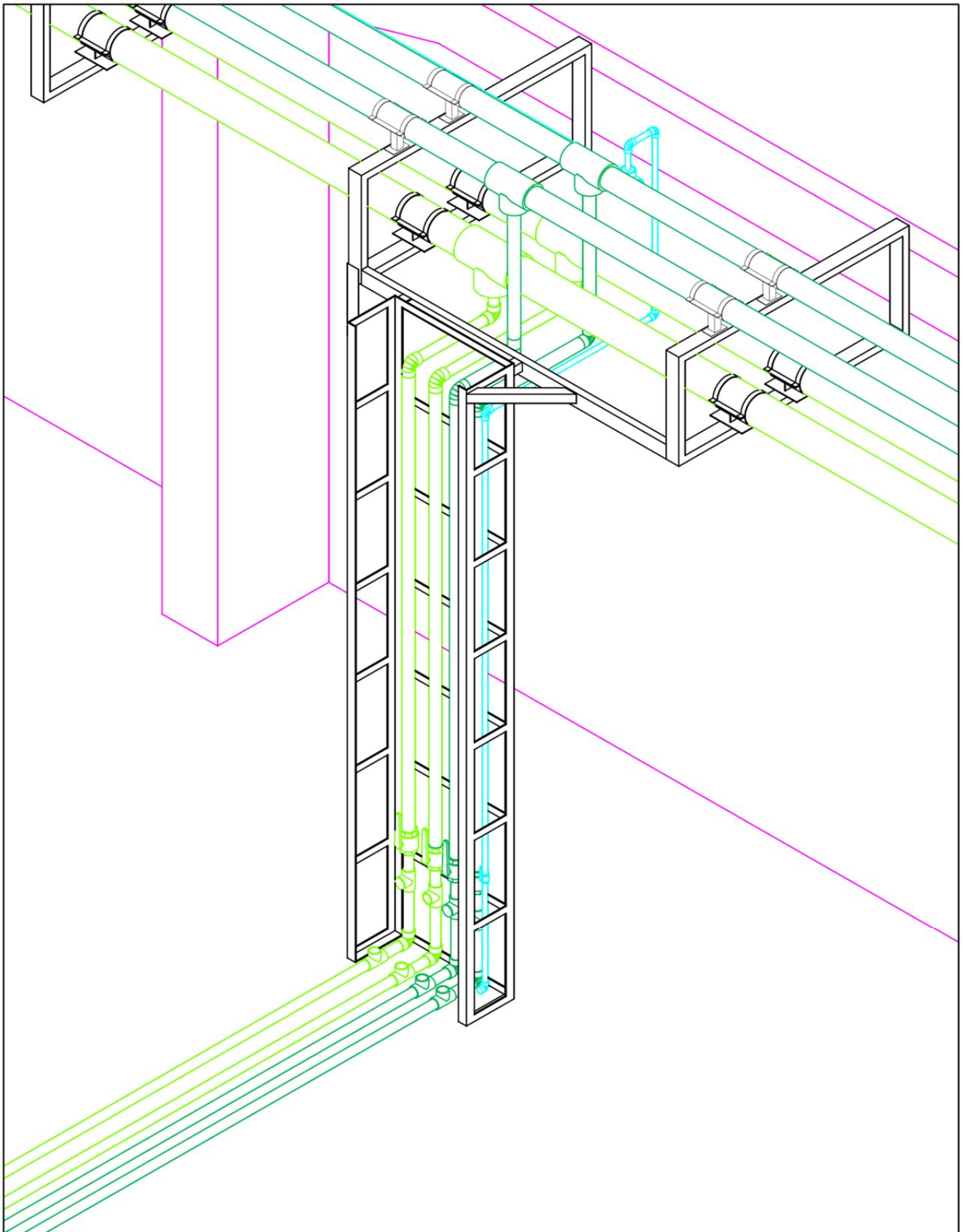
**REVISADO POR:**  
Ing. Ernesto Martinez L

**APROBADO POR:**  
Ing. Ernesto Martinez L.

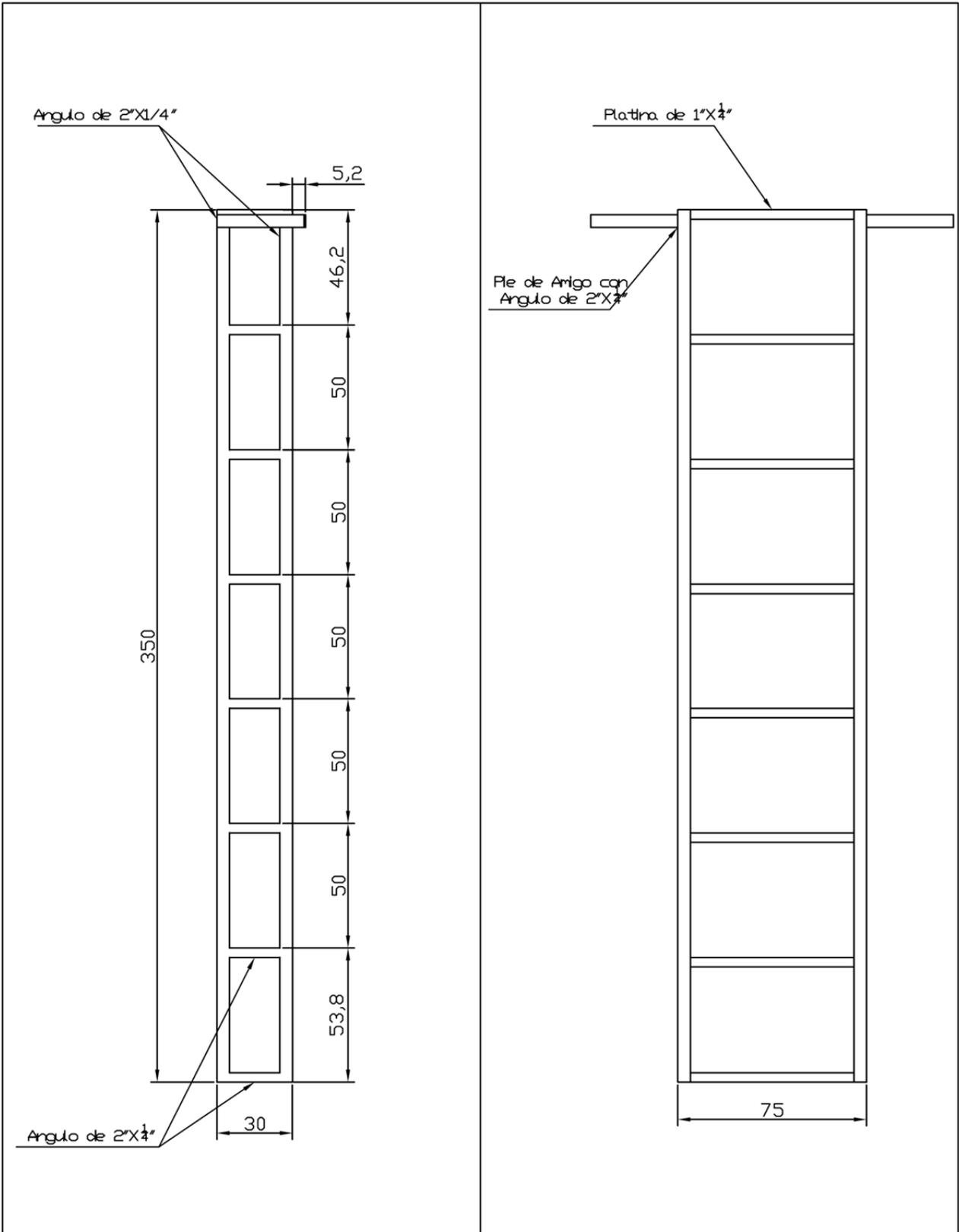
**SISTEMA:**

**ESCALA:**  
-:--

**PLANO NO.:**  
11

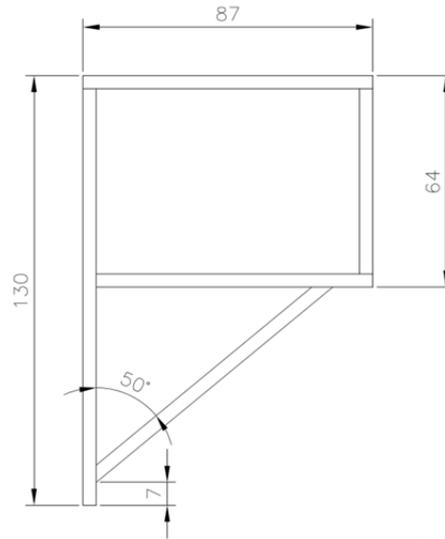


	<b>FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION</b>		<b>CONTENIDO:</b> Seccion Alimentacion a Equipos - Isometrico Tuberias y Soportes	<b>SISTEMA:</b> 	
	<b>PROYECTO:</b> Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion		<b>DIBUJADO POR:</b> Geovanny Encalada S.	<b>REVISADO POR:</b> Ing. Ernesto Martinez L.	<b>ESCALA:</b> -:--
			<b>APROBADO POR:</b> Ing. Ernesto Martinez L.	<b>PLANO NO.:</b> 12	



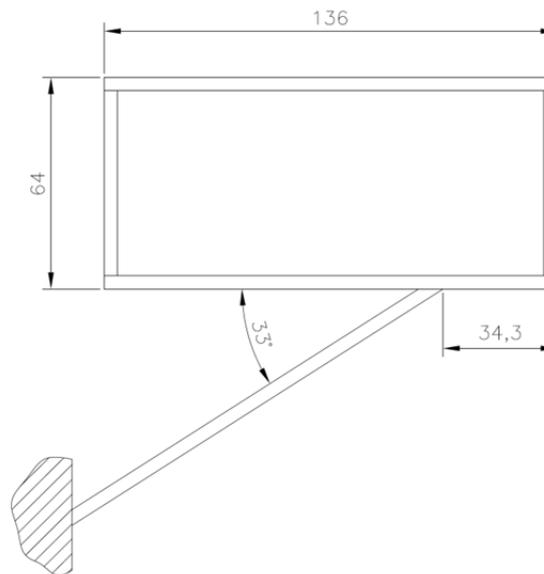
	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION	CONTENIDO: Seccion Alimentacion a Equipos - Vistas Soporte de Tuberias	SISTEMA: 	
	PROYECTO: Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion	DIBUJADO POR: Geovanny Encalada S.	REVISADO POR: Ing. Ernesto Martinez L.	ESCALA: 1:20
		APROBADO POR: Ing. Ernesto Martinez L.		PLANO NO.: 13

Soportes A



Correa 80x40x3 mm

Soportes B



Correa 80x40x3 mm



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

PROYECTO:  
Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion

CONTENIDO:  
Seccion Anillo - Soportes A y B

DIBUJADO POR:  
Geovanny Encalada S.

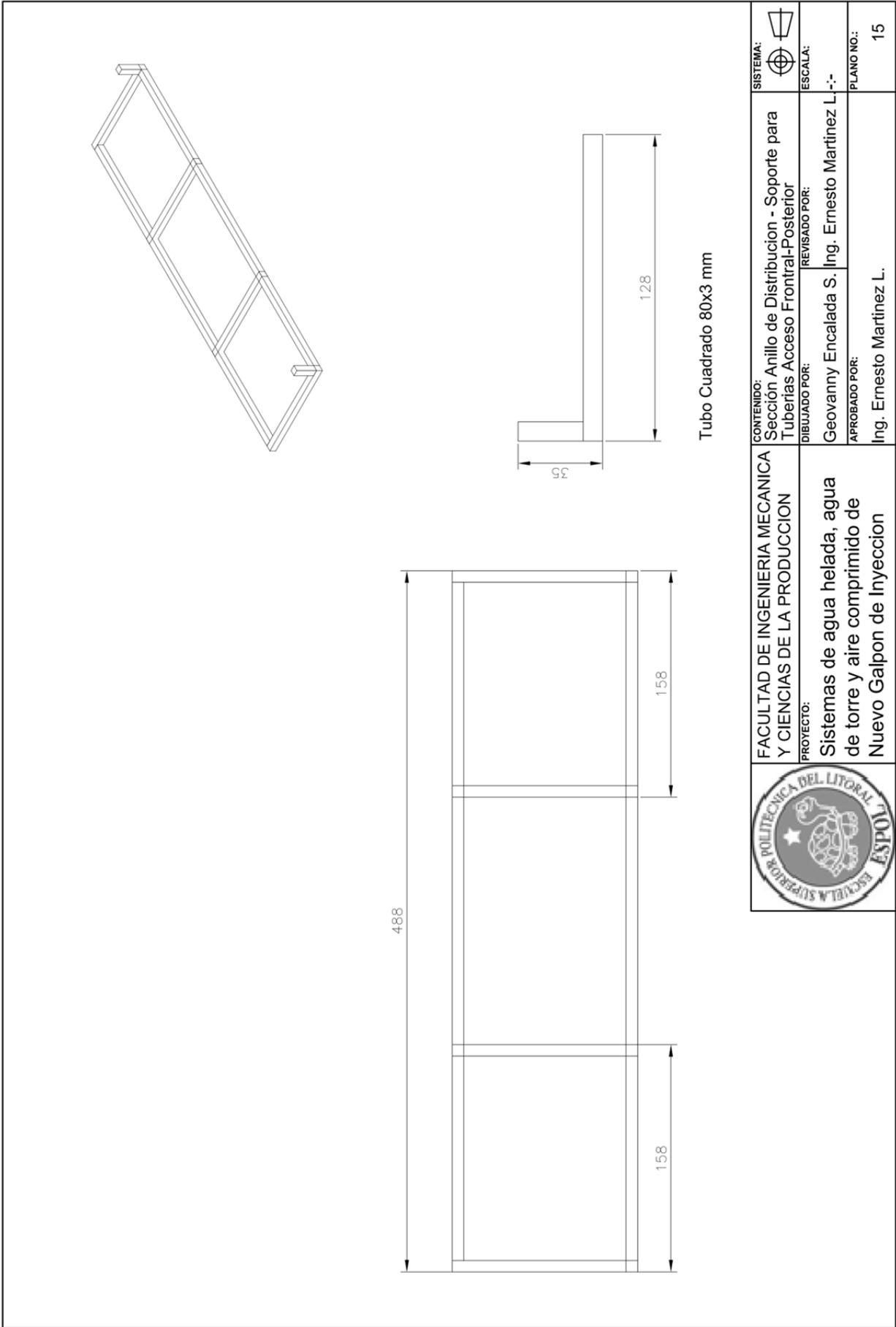
REVISADO POR:  
Ing. Ernesto Martinez L.

APROBADO POR:  
Ing. Ernesto Martinez L.

SISTEMA:

ESCALA:  
-:-

LAMINA NO.:  
14



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

PROYECTO:  
Sistemas de agua helada, agua  
de torre y aire comprimido de  
Nuevo Galpon de Inyeccion

CONTENIDO:  
Sección Anillo de Distribución - Soporte para  
Tuberías Acceso Frontral-Posterior

DIBUJADO POR:  
Geovanny Encalada S. Ing. Ernesto Martínez L. -:-

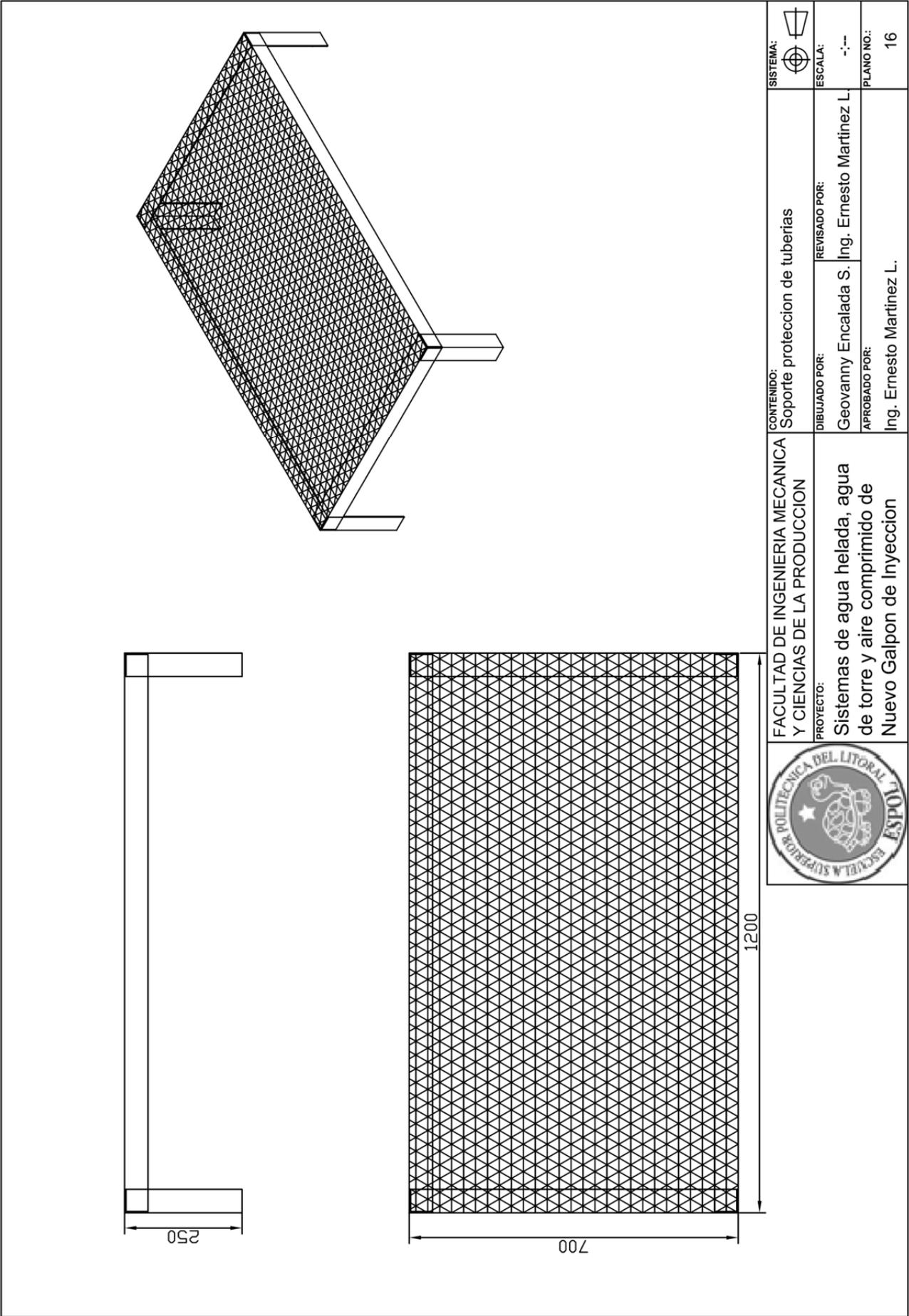
REVISADO POR:  
Geovanny Encalada S. Ing. Ernesto Martínez L. -:-

APROBADO POR:  
Ing. Ernesto Martínez L.

SISTEMA:

ESCALA:  
-

PLANO NO.:  
15

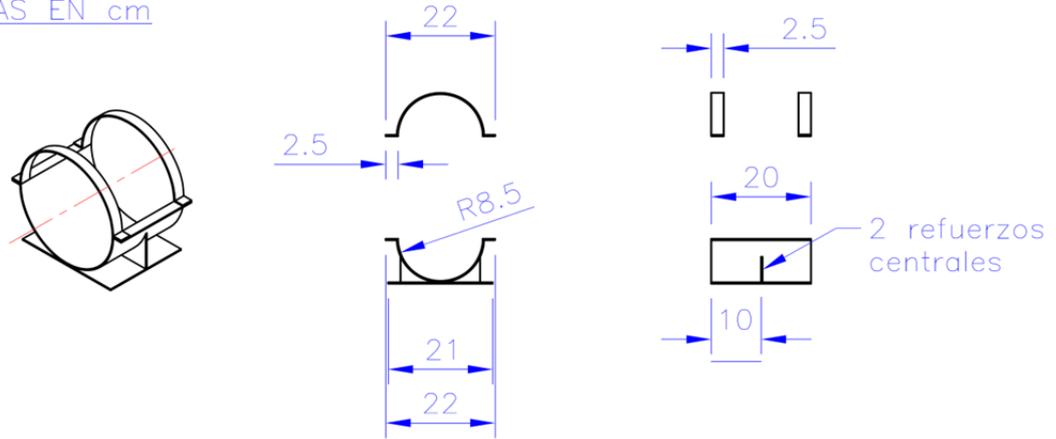


**PROYECTO:**  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
 Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION  
 Sistemas de agua helada, agua  
 de torre y aire comprimido de  
 Nuevo Galpon de Inyeccion

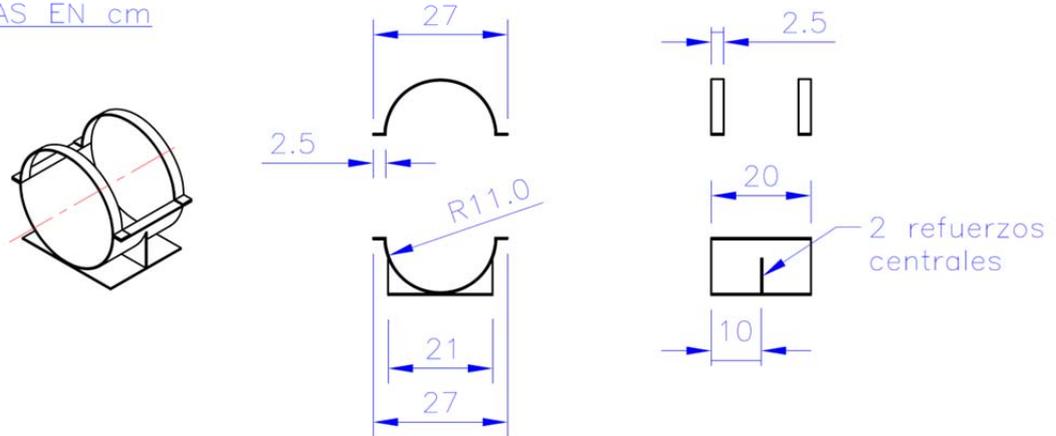
**CONTENIDO:**  
 Soporte protección de tuberías  
**DIBUJADO POR:**  
 Geovanny Encalada S.  
**APROBADO POR:**  
 Ing. Ernesto Martinez L.

**SISTEMA:**  
  
**ESCALA:**  
 -:--  
**PLANO NO.:**  
 16

BASES DE TUBERIA DE AGUA HELADA  $\phi$  110 mm  
MATERIAL HIERRO NEGRO ESPESOR 3 mm  
MEDIDAS EN cm



BASES DE TUBERIA DE AGUA HELADA  $\phi$  160 mm  
MATERIAL HIERRO NEGRO ESPESOR 3 mm  
MEDIDAS EN cm



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION

PROYECTO:  
 Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion

CONTENIDO:  
 Abrazaderas para Tuberias Agua Helada

DIBUJADO POR:  
 Geovanny Encalada S.

REVISADO POR:  
 Ing. Ernesto Martinez L.

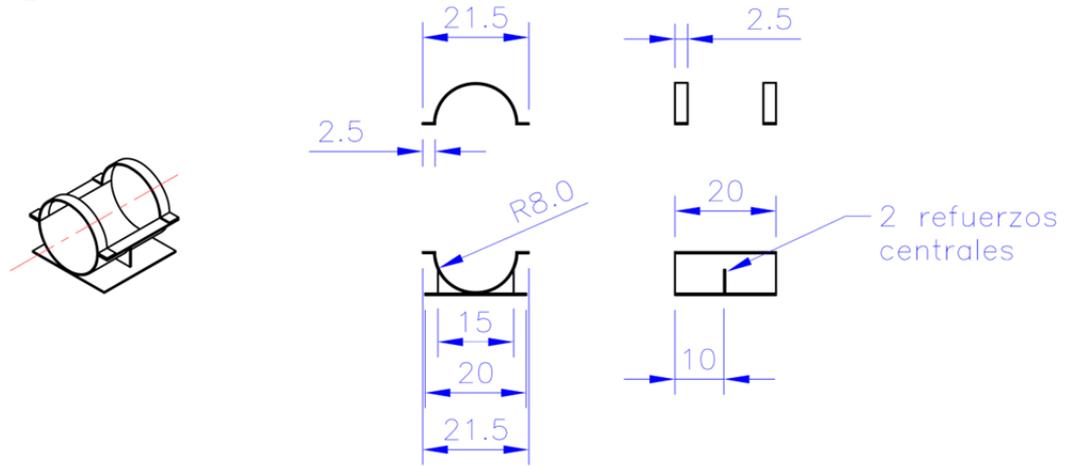
APROBADO POR:  
 Ing. Ernesto Martinez L.

SISTEMA:

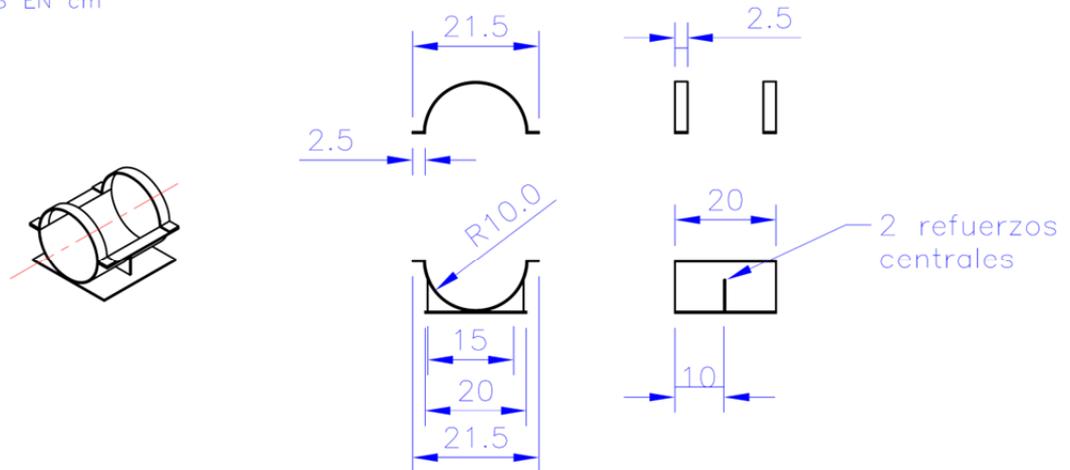
ESCALA:  
 1:10

PLANO NO.:  
 17

BASES DE TUBERIA DE AGUA NATURAL  $\phi$  160 mm  
 MATERIAL HIERRO NEGRO ESPESOR 3 mm  
 MEDIDAS EN cm



BASES DE TUBERIA DE AGUA NATURAL  $\phi$  200 mm  
 MATERIAL HIERRO NEGRO ESPESOR 3 mm  
 MEDIDAS EN cm



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION  
 PROYECTO:  
 Sistemas de agua helada, agua de torre y aire comprimido de Nuevo Galpon de Inyeccion

CONTENIDO:  
 Abrazaderas para Tuberias Agua de Torre  
 DIBUJADO POR:  
 Geovanny Encalada S.  
 REVISADO POR:  
 Ing. Ernesto Martinez L.  
 APROBADO POR:  
 Ing. Ernesto Martinez L.

SISTEMA:  
  
 ESCALA:  
 -:-  
 PLANO NO.:  
 18

## APÉNDICE E

### PRESUPUESTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS AUXILIARES

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
			Material	Mano de Obra	
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribucion</b>					
<b>Sistema de Agua Helada</b>					
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26	17.00	6.00	598.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26	9.50	3.50	338.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unidad	6	320.00	60.00	2,280.00
Juntas de Flexible 6 "	unidad	4	220.00	50.00	1,080.00
Filtros Y 6"	unidad	2	400.00	70.00	940.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unidad	10	38.00	1.50	395.00
Tee E/C diámetro 160 mm PVC	unidad	3	43.00	2.50	136.50
Reductor bridado 160 mm	unidad	4	80.00	40.00	480.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unidad	6	25.00	15.00	240.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unidad	12	20.00	5.00	300.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unidad	1	120.00	190.00	310.00
Instalación de Chiller de 70 TR	unidad	1	300.00	900.00	1,200.00
Instalación de bomba de agua de retorno	unidad	2	150.00	150.00	600.00
Instalación de bomba de agua helada	unidad	2	150.00	150.00	600.00
<b>Sistema de Agua de Torre</b>					
Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34	25.00	8.00	1,122.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unidad	6	410.00	80.00	2,940.00
Juntas de Flexible 6 "	unidad	4	220.00	50.00	1,080.00
Filtros Y 6"	unidad	2	400.00	70.00	940.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unidad	10	48.00	2.00	500.00
Tee E/C diámetro 200 mm PVC	unidad	3	71.00	3.00	222.00
Reductor bridado 200 mm	unidad	4	95.00	80.00	700.00
Construcción en instalación de soporte de tuberías	unidad	8	25.00	15.00	320.00
Construcción en instalación de abrazaderas	unidad	16	20.00	5.00	400.00
Construcción en instalación de banco metálico para accesorios de bombas	unidad	1	120.00	190.00	310.00
Instalación de Torre de Enfriamiento	unidad	1	850.00	700.00	1,550.00
Instalación de bomba de agua de torre	unidad	2	150.00	150.00	600.00
<b>Sistema de aire comprimido</b>					
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5	13.00	14.00	175.50
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unidad	9	135.00	40.00	1,575.00
Tee 2", galvanizada.	unidad	8	5.00	3.00	64.00
Codos 2"X90, galvanizado	unidad	12	3.50	3.00	78.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unidad	12	5.50	3.20	104.40
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unidad	3	2.00	1.00	9.00
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unidad	3	1.50	1.00	7.50
Construcción e instalación de soportes para tubería galvanizada	unidad	3	70.00	120.00	570.00
Instalación de compresor	unidad	1	60.00	80.00	140.00
Instalación de secador	unidad	1	60.00	70.00	130.00
Instalación de tanque acumulador	unidad	1	90.00	150.00	240.00

**Subtotal Sección Alimentación Anillo de Distribucion**

**23,274.90**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
			Material	Mano de Obra	

**Sección Anillo de Distribucion****Sistema de Agua Helada**

Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	7.67	4.50	5,110.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420	6.20	3.00	3,864.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24	8.00	1.70	232.80
Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64	16.00	2.20	1,164.80
Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64	14.00	0.90	953.60
Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64	7.90	0.90	563.20
Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20	13.00	35.00	960.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20	15.00	4.00	380.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10	210.00	50.00	2,600.00
Válvula de purga de aire	unid	2	15.00	50.00	130.00

**Sistema de Agua de Torre**

Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	17.00	6.00	9,660.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24	38.00	1.50	948.00
Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64	43.00	2.50	2,912.00
Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64	31.00	0.90	2,041.60
Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64	21.90	0.90	1,459.20
Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20	25.00	43.00	1,360.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20	20.00	5.00	500.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10	320.00	60.00	3,800.00
Válvula de purga de aire.	unid	2	15.00	50.00	130.00

**Sistema de Aire Comprimido**

Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210	13.00	14.00	5,670.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5	135.00	40.00	875.00
Tee 2", galvanizada.	unid	32	5.00	3.00	256.00
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	3.50	3.00	78.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8	5.50	3.20	69.60
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32	2.00	1.00	96.00
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32	1.50	1.00	80.00

**Soportes para distribucion de tuberias**

Soporte A	unid	24	60.00	50.00	2,640.00
Soporte B	unid	38	65.00	50.00	4,370.00
Soporte para tuberias acceso frontal	unid	1	220.00	150.00	370.00
Soporte para tuberias acceso posterior	unid	1	200.00	150.00	350.00

**Subtotal Seccion Anillo de Distribucion****53,623.80**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
			Material	Mano de Obra	

**Sección Alimentación a Equipos****Sistema de Agua Helada**

Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5.83	3.00	5,653.33
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640	2.80	2.50	3,392.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	4.00	1.00	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	135.00	40.00	11,200.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	4.20	0.90	1,305.60
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	5.50	0.90	819.20
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	70.00	3.00	4,672.00

**Sistema de Agua de Torre**

Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5.83	3.00	5,653.33
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	4.00	1.00	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	135.00	40.00	11,200.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	4.20	0.90	1,305.60
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	5.50	0.90	819.20
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	70.00	3.00	4,672.00

**Sistema de Aire Comprimido**

Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320	4.50	4.00	2,720.00
Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32	35.00	15.00	1,600.00
Tee 3/4", galvanizada.	unid	32	1.50	1.50	96.00
Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160	1.50	1.50	480.00
Unión Universal 3/4"	unid	64	1.50	15.00	1,056.00

**Soportes para tuberías hacia equipos**

Estructura de protección de tubería	unid	32	100.00	80.00	5,760.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	190.00	200.00	12,480.00

**Subtotal Sección Alimentación a Equipos****75,204.27****Presupuesto Total****TOTAL 152,102.97**

## APÉNDICE F

### COSTOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS AUXILIARES

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario		Sub Total
			Materiales	Mano de obra	
<b>Sección Alimentación a Anillo de Distribucion</b>					
<b>Sistema de Agua Helada</b>					
Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	26	16.50	5.80	579.80
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 160 mm	m	26	9.25	3.45	330.20
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unidad	6	317.00	62.00	2,274.00
Juntas de Flexible 6 "	unidad	4	224.00	54.00	1,112.00
Filtros Y 6"	unidad	2	380.00	68.00	896.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unidad	10	37.00	1.40	384.00
Tee E/C diámetro 160 mm PVC	unidad	3	42.00	2.30	132.90
Reductor bridado 160 mm	unidad	4	82.00	38.00	480.00
Construccion en instalacion de soporte de tuberias	unidad	6	28.00	22.00	300.00
Construccion en instalacion de abrazaderas	unidad	12	18.20	6.00	290.40
Construccion en instalacion de banco metalico para accesorios de bombas	unidad	1	135.00	200.00	335.00
Instalacion de Chiller de 70 TR	unidad	1	350.00	825.00	1,175.00
Instalacion de bomba de agua de retorno	unidad	2	140.00	130.00	540.00
Instalacion de bomba de agua helada	unidad	2	140.00	130.00	540.00
<b>Sistema de Agua de Torre</b>					
Tubería PVC E/C, diámetro 200 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	34	24.70	7.60	1,098.20
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 8", 250 psi	unidad	6	399.00	80.00	2,874.00
Juntas de Flexible 6 "	unidad	4	224.00	50.00	1,096.00
Filtros Y 6"	unidad	2	380.00	70.00	900.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 200 mm	unidad	10	47.50	2.20	497.00
Tee E/C diámetro 200 mm PVC	unidad	3	69.50	3.30	218.40
Reductor bridado 200 mm	unidad	4	97.00	65.00	648.00
Construccion en instalacion de soporte de tuberias	unidad	8	26.00	18.00	352.00
Construccion en instalacion de abrazaderas	unidad	16	19.00	6.50	408.00
Construccion en instalacion de banco metalico para accesorios de bombas	unidad	1	128.00	180.00	308.00
Instalacion de Torre de Enfriamiento	unidad	1	780.00	680.00	1,460.00
Instalacion de bomba de agua de torre	unidad	2	140.00	130.00	540.00
<b>Sistema de aire comprimido</b>					
Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	6.5	12.75	14.00	173.88
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unidad	9	118.00	40.00	1,422.00
Tee 2", galvanizada.	unidad	8	4.80	3.00	62.40
Codos 2"X90, galvanizado	unidad	12	3.25	3.00	75.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unidad	12	5.30	3.20	102.00
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unidad	3	1.70	1.00	8.10
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unidad	3	1.40	1.00	7.20
Construccion e instalacion de soportes para tuberia galvanizada	unidad	3	73.00	120.00	579.00
Instalacion de compresor	unidad	1	70.00	92.00	162.00
Instalacion de secador	unidad	1	70.00	82.00	152.00
Instacion de tanque acumulador	unidad	1	85.00	160.00	245.00

Subtotal Seccion Alimentacion Anillo de Distribucion

22,757.48

Descripción	Unid ad	Can tida	Costo Unitario		Sub Total
			Materi ales	Mano de	

**Sección Anillo de Distribucion****Sistema de Agua Helada**

Tubería PVC E/C, diámetro 110 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	7.55	4.35	4,998.00
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 110 mm	m	420	6.10	2.95	3,801.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 110 mm	unid	24	7.70	1.80	228.00
Tee E/C diámetro 110 mm PVC	unid	64	16.20	2.10	1,171.20
Buje reductores PVC 160 mm a 110 mm	unid	64	13.60	0.85	924.80
Buje reductores PVC 110 mm a 2" roscable hembra	unid	64	7.70	0.85	547.20
Bridas PVC diámetro 110 mm	unid	20	14.50	36.00	1,010.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 110 mm	unid	20	17.50	3.80	426.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 4", 250 psi	unid	10	218.00	52.00	2,700.00
Válvula de purga de aire	unid	2	18.00	48.00	132.00

**Sistema de Agua de Torre**

Tubería PVC E/C, diámetro 160 mm / 145 psi, para presión y retorno de agua helada	m	420	16.50	5.80	9,366.00
Codo E/C 90° PVC, diámetro 160 mm	unid	24	37.00	1.40	921.60
Tee E/C diámetro 160 mm	unid	64	42.00	2.30	2,835.20
Buje reductores PVC 200 mm a 160 mm	unid	64	28.50	0.85	1,878.40
Buje reductores PVC 160 mm a 2" roscable hembra	unid	64	21.50	0.85	1,430.40
Bridas PVC diámetro 160 mm	unid	20	24.60	44.60	1,384.00
Bridas metálicas de refuerzo para bridas PVC 160 mm	unid	20	21.30	4.90	524.00
Válvula mariposa tipo Lug, diámetro 6", 250 psi	unid	10	320.00	61.50	3,815.00
Válvula de purga de aire.	unid	2	18.00	48.00	132.00

**Sistema de Aire Comprimido**

Tubería de 2", galvanizada reforzada	m	210	12.75	14.00	5,617.50
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	5	118.00	40.00	790.00
Tee 2", galvanizada.	unid	32	4.80	3.00	249.60
Codos 2"X90, galvanizado	unid	12	3.25	3.00	75.00
Unión Universal 2", galvanizado.	unid	8	5.30	3.20	68.00
Reductor de 2" a 1" galvanizado	unid	32	1.70	1.00	86.40
Reductor de 1" a 3/4" galvanizado	unid	32	1.40	1.00	76.80

**Soportes para distribucion de tuberias**

Soporte A	unid	24	61.40	48.00	2,625.60
Soporte B	unid	38	66.20	48.00	4,339.60
Soporte para tuberias acceso frontal	unid	1	232.00	180.00	412.00
Soporte para tuberias acceso posterior	unid	1	204.00	180.00	384.00

**Subtotal Seccion Anillo de Distribucion****52,949.30**

Descripción	Unid ad	Can tida	Costo Unitario		Sub Total
			Materi ales	Mano de	
<b>Sección Alimentación a Equipos</b>					
<b>Sistema de Agua Helada</b>					
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5.62	2.85	5,420.80
Aislamiento térmico para tubería PVC diámetro 2"	m	640	2.95	2.50	3,488.00
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	4.10	0.90	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	118.00	33.00	9,664.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	4.22	0.85	1,297.92
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	5.45	0.85	806.40
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	62.00	2.80	4,147.20
<b>Sistema de Agua de Torre</b>					
Tubería PVC roscable diámetro 2" / 145 psi, para presión y retorno	m	640	5.62	2.85	5,420.80
Tapón PVC macho roscable, diámetro 2"	unid	32	4.10	0.90	160.00
Válvula de bola diámetro 2", 250 psi	unid	64	118.00	33.00	9,664.00
Codos PVC roscable 90°, diámetro 2"	unid	256	4.22	0.85	1,297.92
Tee PVC roscable, diámetro 2"	unid	128	5.45	0.85	806.40
Manómetro Horizontal conexión 1/4" NPT de 0 a 100 psi, dial 2"	unid	64	62.00	2.80	4,147.20
<b>Sistema de Aire Comprimido</b>					
Tubería de 3/4", galvanizada reforzada - Sección Alimentación a Equipos Industriales	m	320	4.65	4.00	2,768.00
Válvula de bola diámetro 3/4"	unid	32	37.00	15.00	1,664.00
Tee 3/4", galvanizada.	unid	32	1.45	1.50	94.40
Codos 3/4" X 90, galvanizado	unid	160	1.45	1.50	472.00
Unión Universal 3/4"	unid	64	1.45	1.50	188.80
<b>Soportes para tuberías hacia equipos</b>					
Estructura de protección de tubería	unid	32	92.50	77.00	5,424.00
Soportería Angulo 1 1/2", bajante	unid	32	202.00	190.00	12,544.00

**Subtotal Sección Alimentación a Equipos**

**69,635.84**

**TOTA 145,342.62**

## BIBLIOGRAFÍA

1. Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessani: Moldes y Máquinas de Inyección para la Transformación de Plásticos. Tomo II, 184 a 189, 200, 215, 233 a 234 (1992).
2. Marcilla Gomis Antonio, Beltrán Rico, Maribel, Universidad de Alicante (2012).
3. Alberto Naranjo: El ciclo de Inyección de Termoplásticos y sus Posibilidades de Optimización. Ciclo de Inyección (2002)
4. Ing. Salvador Téllez Salero, Centro Nacional de Actualización Docente: Introducción al Proceso de Inyección de Plásticos.
5. Steven Nahmias, Análisis de la Producción y las Operaciones, editorial McGraw Hill (2007).
6. Festo – Stefan Hesse: Aire Comprimido, Fuente de Energía, Preparación y Distribución. (2002)

7. Catálogo de equipos Kaeser: [http://www.kaeser.com/Products\\_and\\_Solutions/default.asp](http://www.kaeser.com/Products_and_Solutions/default.asp) (febrero-2015)
8. Aire Comprimido Teoría y Calculo de instalaciones, Enrique Carnicer Royo, editorial Paraninfo (1991).
9. División de Ingeniería de Crane: Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. 1-4 a 1-7, 3-2 a 3-10 (1988).
10. Catálogo de bombas de agua Berkeley: <http://www.Berkeleypumps.com/ResidentialSearchResults.aspx#ProductType=Centrifugals> (febrero-2015)
11. Catálogo de equipos Trane: <http://www.trane.com/commercial/north-america/us/en/products-systems/equipment/chillers.html> (febrero-2015)
12. Catálogo de equipos Baltimore: <http://www.baltimoreaircoil.com/english/products/cooling-towers> (febrero-2015).